

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



**TESIS PROFESIONAL**

**MODELO GEODINÁMICO DE LA QUEBRADA CRUZ BLANCA,  
MICROCUCUENCA CRUZ BLANCA - LOS CHILCOS**

**Para optar el Título de:  
INGENIERO GEÓLOGO**

*Presentada por:*  
**BACH. MARIELA MARGARITA HUARIPATA CHÁVARRY**

*Asesor:*  
**ING. REINALDO RODRÍGUEZ CRUZADO**

**Cajamarca - Perú**  
**2014**

## ***Dedicatoria***

A Dios por su infinita bondad y porque siempre está conmigo en cada paso de mi vida, cuidándome y dándome fortaleza para continuar y cumplir este sueño anhelado.

Con todo mi amor a mi querida y recordada mamá Edita por su abnegado sacrificio como madre y amiga, por sus sabios consejos y motivación constante en mi camino profesional y porque sigue guiando mis pasos desde el cielo.

A mi papá Segundo por los ejemplos de perseverancia, constancia y superación que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor que cada día me demuestra.

Con el amor puro y sincero a mi pequeña hija Yuriana porque es mi mayor motivación y fuerza para nunca rendirme y lograr mis objetivos.

A mis hermanos; Maricarmen, por sus palabras de aliento y empuje que siempre me las da, por ser un verdadero ejemplo de hermana, amiga y confidente de quien aprendo aciertos y fortalezas; y José Luis por su apoyo incondicional y ayuda en cada pequeño detalle.

A mi abuelita Manuela, tío Marino y a mi esposo Julio César porque participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis.

*Mariela*

## **Agradecimiento**

A los docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica, Ing. Zenón Quispe Mamani, Ing. José Siveroni Morales, Ing. Alejandro Lagos Manrique, Ing. Roberto Gonzáles Yana, por su invaluable apoyo, aportes, opiniones, críticas constructivas y esfuerzos que tuvieron que realizar para mi formación profesional y la culminación como Ingeniero Geólogo.

A mis amigos y colegas de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica que marcaron cada etapa de mi camino universitario y me apoyaron en dudas presentadas en la elaboración de la tesis.

Agradezco en forma especial al Ing. Reinaldo Rodríguez Cruzado, asesor de mi tesis, por su constante e invaluable apoyo así como por su experiencia, conocimientos, valiosos aportes y sugerencias proporcionadas para poder elaborar y culminar la tesis.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que agradezco su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y porque colaboraron de diversa manera para cumplir con este gran objetivo.

## **RESUMEN**

El modelo geodinámico de la Quebrada Cruz Blanca, Microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos, se realizó tomando en consideración el comportamiento geodinámico, geomorfológico, estructural, hidrológico, geohidrológico y geotécnico.

La geomorfología, geología estructural y demás variables en el área de estudio, definen el comportamiento geodinámico frente a los eventos desencadenantes como los cambios estacionales respecto a las precipitaciones y sus componentes de escurrimiento e infiltración.

En la Microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos, la Quebrada Cruz Blanca en todo su recorrido se encuentra completamente descuidada, abandonada e impactada por los eventos geodinámicos, y socialmente existe indiferencia de las autoridades, así como de quienes se encuentran viviendo en las márgenes y entorno de dicha quebrada.

Como aporte la investigación realizada presenta alternativas correctivas para solucionar los eventos geodinámicos que presenta la quebrada y que continuamente ocasionan desastres naturales.

## **ABSTRACT**

The geodynamic model of the Quebrada Cruz Blanca, Microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos, was performed taking into account the behavior geodynamic, geomorphological, structural, hydrological, geohydrologic and geotechnical.

The geomorphology, structural geology and other variables in the study area, define the geodynamic behavior facing to events triggers as seasonal changes with respect to rainfall, and runoff and infiltration components.

In the Microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos, the Quebrada Cruz Blanca in all the travel is completely neglected, abandoned and impacted by the geodynamic event, and there socially indifference of authorities, also of those found living on the margins and environment of the quebrada.

As a contribution, the investigation presents corrective alternatives for solving the geodynamic events having the quebrada, and continuously originates natural disasters.

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<i>Tabla N° 01 Identificación y clasificación de variables en la microcuenca.</i>	18
<i>Tabla N° 02 Puntos de inicio y final del eje principal de la Microcuenca Cruz Blanca – Los Chilcos (Quebrada Cruz Blanca, DATUM WGS 84).</i>	26
<i>Tabla N° 03 Clasificación de pendientes de la zona de estudio.</i>	39
<i>Tabla N° 04 Superficie y porcentaje de las unidades geomorfológicas existentes en la Microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos.</i>	42
<i>Tabla N° 05 Clasificación de un sistema hidrológico por el área y número de orden.</i>	49
<i>Tabla N° 06 Clases de longitud del cauce principal en una microcuenca.</i>	49
<i>Tabla N° 07 Clases de microcuenca según el factor de forma.</i>	50
<i>Tabla N° 08 Clases de compacidad en una microcuenca.</i>	51
<i>Tabla N° 09 Mediciones y número de corrientes de la Microcuenca Cruz Blanca – Los Chilcos.</i>	53
<i>Tabla N° 10 Clases de corriente según los rangos de órdenes en una microcuenca.</i>	54
<i>Tabla N° 11 Clases de densidad de drenaje en una microcuenca.</i>	55
<i>Tabla N° 12 Parámetros geomorfológicos de la Microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos.</i>	58
<i>Tabla N° 13 Ubicación de estaciones meteorológicas en la provincia de Cajamarca.</i>	83
<i>Tabla N° 14 Datos meteorológicos de enero a diciembre 2012 tomados de la estación A. Weberbauer.</i>	83
<i>Tabla N° 15 Datos meteorológicos de enero a setiembre 2013 tomados de la estación A. Weberbauer.</i>	84
<i>Tabla N° 16 Datos de precipitación y humedad enero a diciembre 2012 tomados de la estación A. Weberbauer.</i>	85
<i>Tabla N° 17 Datos de precipitación y humedad enero a setiembre 2013 tomados de la estación A. Weberbauer.</i>	86
<i>Tabla N° 18 Clasificación Climática de Köppen según la temperatura.</i>	87
<i>Tabla N° 19 Clasificación Climática de Köppen según la precipitación.</i>	88
<i>Tabla N° 20 Datos de temperatura de enero a diciembre 2012 tomados de la estación A. Weberbauer.</i>	88
<i>Tabla N° 21 Datos de temperatura de enero a setiembre 2013 tomados de la estación A. Weberbauer.</i>	89

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla N° 22 Caudales medidos en la naciente de la Quebrada Cruz Blanca. Coordenada X: 771702 Coordenada Y: 9203036</b>	<b>90</b>
<b>Tabla N° 23 Caudales medidos en la desembocadura de la Microcuenca. Coordenada X: 779363 Coordenada Y: 9205336</b>	<b>90</b>
<b>Tabla N° 24 Comportamiento Geodinámico de la Microcuenca Cruz Blanca – Los Chilcos.</b>	<b>119</b>
<b>Tabla N° 25 Parámetros para la clasificación de zonas inestables en la Microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos.</b>	<b>120</b>

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	<b>Pág.</b>
<i>Gráfico N° 01. Procedimiento de trabajo en el desarrollo de la tesis.</i>	20
<i>Gráfico N° 02. Variación de la precipitación año 2012. Febrero es el mes más lluvioso.</i>	85
<i>Gráfico N° 03. Variación de la precipitación año 2013. Febrero es el mes más lluvioso.</i>	86

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<i>Figura N° 01. Equipo de geólogo utilizado en campo y gabinete.</i>	22
<i>Figura N° 02. Ubicación de la zona de estudio (Microcuenca Cruz Blanca – Los Chilcos).</i>	25
<i>Figura N° 03. Procesos geológicos externos en el área de estudio.</i>	39
<i>Figura N° 04. Etapas de erosión normal del relieve (Ciclo Geomorfológico).</i>	40
<i>Figura N° 05. Orden de corrientes de la Microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos por el método de Strahler.</i>	54
<i>Figura N° 06. Representación del Ciclo Hidrológico del agua.</i>	79
<i>Figura N° 07. Derrumbe de bloques característico de la microcuenca.</i>	106
<i>Figura N° 08. Tipos de desprendimiento de rocas según la trayectoria.</i>	109



## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
<i>Foto N° 01. Camino de herradura transitada por pobladores del Caserío Shucapampa.</i>	26
<i>Foto N° 02. Plantaciones de ichu y sembríos de avena en la parte alta de la microcuenca. (Caserío Huayllapampa)</i>	28
<i>Foto N° 03. Plantaciones de eucalipto y sembríos de avena en la margen derecha de la Quebrada Cruz Blanca. (Caserío Chinchimarca)</i>	29
<i>Foto N° 04. Arbustos de ciprés en la parte alta de la microcuenca (Caserío Choropunta).</i>	29
<i>Foto N° 05. Arbustos de molle y plantaciones de pencas en la parte media de la microcuenca. (Caserío Aylambo)</i>	30
<i>Foto N° 06. Arbustos de eucalipto y sembríos de maíz. (Caserío Shucapampa)</i>	30
<i>Foto N° 07. Pencas y carrizales existentes en la parte media de la microcuenca. (Caserío Shucapampa)</i>	31
<i>Foto N° 08. Arbustos de molle, huarango, eucalipto y retama en la parte baja de la microcuenca, margen derecha de la Quebrada Cruz Blanca. (Caserío Mollepampa)</i>	31
<i>Foto N° 09. Sembríos de alfalfa y papa así como arbustos de eucalipto en la parte baja de la microcuenca. (Caserío Comunpampa)</i>	32
<i>Foto N° 10. Plantaciones de tuna y molle en la parte baja de la microcuenca. (Caserío Paccha Grande)</i>	32
<i>Foto N° 11. Arbustos de huarango y pasto para el ganado en la parte baja de la microcuenca. (Caserío Huacariz Chico)</i>	33
<i>Foto N° 12. Sembríos de pastos y ganado ovino en los Caseríos Huayllapampa y Chinchimarca (Microcuenca alta).</i>	33
<i>Foto N° 13. Sembríos de pastos en el Caserío de Aylambo (Microcuenca media).</i>	34
<i>Foto N° 14. Sembríos de maíz en el Caserío de Mollepampa (Microcuenca baja).</i>	34
<i>Foto N° 15. Geomorfología de la zona en estudio (Microcuenca alta - media).</i>	38
<i>Foto N° 16. Rocas y fragmentos de rocas transportadas por el agua. (Caserío Choropunta).</i>	40
<i>Foto N° 17. Cerro Rumi Rumi, Altiplanicie Moderadamente Empinada con ichu en casi toda la zona. (Caserío Huayllapampa).</i>	43
<i>Foto N° 18. Colinas Bajas Moderadamente Empinadas entre los cerros Huanacaure y Chinarán (Caseríos Chinchimarca y Amoshulca).</i>	44
<i>Foto N° 19. Ladera moderadamente empinada, se observa una leve erosión. (Caserío Agomarca Alta)</i>	45

	Pág.
<b>Foto N° 20. Cerro Shudall, ladera moderadamente empinada y una terraza pequeña debajo. (Caserío Shudall).</b>	<b>45</b>
<b>Foto N° 21. Zona inundable, erosión en laderas del cauce sobre depósitos aluviales. (Caserío Shudall).</b>	<b>46</b>
<b>Foto N° 22. Zona con pendiente de 5° aproximadamente cubierta de depósitos aluvio lacustre, actualmente como zona de expansión urbana. (Caserío Mollepampa).</b>	<b>47</b>
<b>Foto N° 23. Zona lacustre fluvial con sembríos de pastos. (Caserío Huacariz Chico).</b>	<b>48</b>
<b>Foto N° 24. Anticlinal en areniscas gris amarillentas con intercalaciones de lutitas negras (Caserío Chinchimarca). Ubicación. N: 9203684, E: 773833.</b>	<b>60</b>
<b>Foto N° 25. Areniscas gris blanquecinas de la Formación Chimú (Caserío Chinchimarca).</b>	<b>61</b>
<b>Foto N° 26. Bancos de areniscas con intercalaciones de lutitas (Caserío Amoshulca).</b>	<b>61</b>
<b>Foto N° 27. Topografía cárstica en rocas calcáreas ubicadas en la margen izquierda de la Quebrada Cruz Blanca (Caserío Aylambo). Ubicación. N: 9203782, E: 773862.</b>	<b>62</b>
<b>Foto N° 28. Fósiles pequeños de la Formación Santa.</b>	<b>63</b>
<b>Foto N° 29. Lutitas grises amarillenta ubicadas en la margen derecha de la Quebrada Cruz Blanca (Caserío Aylambo).</b>	<b>64</b>
<b>Foto N° 30. Areniscas gris amarillentas de grano fino, ligeramente meteorizadas ubicadas en la margen izquierda de la Quebrada Cruz Blanca (Caserío Aylambo).</b>	<b>64</b>
<b>Foto N° 31. Pizarras gris oscuras, ligeramente bituminosas, grano fino, ligeramente meteorizadas ubicadas en la margen izquierda de la Quebrada Cruz Blanca (Caserío Aylambo). Ubicación. N: 9202757, E: 772572.</b>	<b>65</b>
<b>Foto N° 32. Areniscas amarillentas meteorizadas, grano medio, ubicadas en la margen derecha de la Quebrada Cruz Blanca (Caserío Huayllapampa).</b>	<b>66</b>
<b>Foto N° 33. Afloramiento de calizas ligeramente onduladas, en la margen derecha de la Quebrada Cruz Blanca (Caserío Choropunta).</b>	<b>69</b>
<b>Foto N° 34. Depósito aluvial ubicado en la Quebrada Cruz Blanca (Caserío Mollepampa).</b>	<b>71</b>
<b>Foto N° 35. Depósito fluvial ubicado en la margen derecha de la desembocadura de La Quebrada Cruz Blanca (Caserío Huacariz Chico).</b>	<b>71</b>
<b>Foto N° 36. Plegamiento en la carretera Av. Independencia (Caserío Amoshulca). Ubicación. N: 9203085, E: 775114.</b>	<b>74</b>
<b>Foto N° 37. Plegamiento en arenisca de textura intergranular - carretera Av. Independencia (Caserío Amoshulca). Ubicación. N: 9202400, E: 775512.</b>	<b>75</b>
<b>Foto N° 38. Anticlinal tipo cónico en la margen izquierda de la Quebrada Cruz Blanca. Ubicación. N: 9203704, E: 773872.</b>	<b>75</b>

	Pág.
<b>Fotos N° 39 y N° 40. Falla afectando estratos de areniscas intercaladas con lutitas (Formación Chimú) en la margen derecha de la Quebrada Cruz Blanca, dirección S25°W. Ubicación. N: 9203681, E: 773875.</b>	77
<b>Foto N° 41. Microfalla en pizarras bituminosas en la margen derecha de la Quebrada Cruz Blanca (Caserío Aylambo). Ubicación. N: 9203681, E: 773875.</b>	78
<b>Foto N° 42. Diaclasamiento al inicio de la trocha carrozable Agomarca Alta – Aylambo (margen izquierda). Ubicación. N: 9203188, E: 775133.</b>	78
<b>Foto N° 43. Quebrada Aylambo, actualmente la margen derecha es invadida por un Hotel y la margen izquierda por sembríos de maíz (Caserío Aylambo). Ubicación. N: 9204303, E: 775013.</b>	81
<b>Foto N° 44. Quebrada Yumagual, afluente de la Quebrada Cruz Blanca (Caserío Agomarca Alta).</b>	82
<b>Foto N° 45. Naciente de la Quebrada Cruz Blanca en el Caserío Huayllapampa. Ubicación. N: 9203039, E: 771713</b>	91
<b>Foto N° 46. Acuífero ubicado en el caserío de Huayllapampa.</b>	93
<b>Foto N° 47. Acuífero ubicado en el caserío de Chinchimarca.</b>	93
<b>Foto N° 48. Planta de captación y almacenamiento de agua subterránea para los Caseríos de Huayllapampa y Aylambo.</b>	93
<b>Foto N° 49. Pozo artesanal para almacenamiento de agua en condiciones inadecuadas (Caserío de Huayllapampa).</b>	94
<b>Foto N° 50. Quebrada Cruz Blanca de 0.15 m de ancho por haber construido un muro de contención en la zona del cauce. Ubicado en la Urb. Luis Alberto Sánchez.</b>	99
<b>Foto N° 51. Sembríos de maíz en el cauce de la Quebrada Cruz Blanca en el Jr. Los Chilcos.</b>	100
<b>Foto N° 52. Urb. Luis Alberto Sánchez ubicada en la margen izquierda de la Quebrada Cruz Blanca, lo que ocasiona desastres en época de lluvias.</b>	100
<b>Foto N° 53. Erosión de ladera izquierda en el Río Aylambo por sobrecultivo (Caserío Chinchimarca).</b>	102
<b>Foto N° 54. Erosión de ladera izquierda de la Quebrada Cruz Blanca por sembríos e infraestructura no planificada. Ubicación. N: 9204652, E: 774845.</b>	102
<b>Foto N° 55. Erosión lateral que afecta los terrenos y plantaciones de la zona, (Caserío Huacariz Grande).</b>	103
<b>Foto N° 56. Deslizamientos ubicados en la carretera Cajamarca - Distrito de Pacasmayo (Caserío Agomarca Alta). Ubicación. N: 9202383, E: 775536.</b>	104
<b>Foto N° 57. Deslizamiento ubicado en la margen izquierda de la Quebrada Cruz Blanca, Caserío Chinchimarca.</b>	104

	<b>Pág.</b>
<b>Foto N° 58. Deslizamiento ubicado en la margen izquierda de la Quebrada Cruz Blanca, Caserío Huayllapampa.</b>	<b>105</b>
<b>Foto N° 59. Deslizamiento en terrazas en la margen izquierda de la Quebrada Cruz Blanca, Caserío Aylambo (Diciembre 2012).</b>	<b>105</b>
<b>Foto N° 60. Deslizamiento en la margen izquierda de la Quebrada Cruz Blanca, Caserío Aylambo (Setiembre 2013).</b>	<b>105</b>
<b>Foto N° 61. Derrumbe por la fuerte pendiente y grado de fracturamiento en la margen derecha de la Quebrada Cruz Blanca.</b>	<b>106</b>
<b>Foto N° 62. Derrumbe en la margen izquierda de la Quebrada Cruz Blanca ocasionado por la fuerte erosión (Caserío Huacariz Chico).</b>	<b>107</b>
<b>Foto N° 63. Derrumbe - deslizamiento por la fuerte pendiente y el mal uso del agua de riego en la margen derecha de la Quebrada Cruz Blanca (Caserío Chinchimarca).</b>	<b>107</b>
<b>Foto N° 64. Desprendimiento de rocas en la margen derecha de la Quebrada Cruz Blanca.</b>	<b>108</b>
<b>Foto N° 65. Desprendimiento de rocas que afectan el cauce de la Quebrada Cruz Blanca.</b>	<b>109</b>
<b>Foto N° 66. Zona con proceso de reptación posiblemente por el sobrepastoreo. Margen derecha de la Quebrada Cruz Blanca (Caserío Huayllapampa).</b>	<b>110</b>
<b>Foto N° 67. Zona evidenciando curvatura de los árboles debido a la reptación. (Caserío Aylambo)</b>	<b>110</b>
<b>Foto N° 68. Zona de reptación del suelo por inclinación de la ladera en la margen derecha de la Quebrada Cruz Blanca (Caserío Chinchimarca).</b>	<b>111</b>
<b>Foto N° 69. Grietas que indican zona de reptación en la Quebrada Cruz Blanca (Caserío Huayllapampa).</b>	<b>111</b>
<b>Foto N° 70. Cauce de la Quebrada Cruz Blanca completamente lleno de desmonte y basura (Jr. Los Chilcos).</b>	<b>112</b>
<b>Foto N° 71. Cauce modificado de la Quebrada Cruz Blanca en el cruce Av. Los Chilcos y Prolongación San Martín.</b>	<b>113</b>
<b>Foto N° 72. Viviendas ubicadas al borde de la margen derecha de la Quebrada Cruz Blanca, son inundadas en época de lluvias (Caserío Shucapampa).</b>	<b>113</b>
<b>Foto N° 73. Hospital Regional de Cajamarca ubicado en la margen izquierda de la Quebrada Cruz Blanca y es afectado en los meses de lluvias.</b>	<b>114</b>
<b>Foto N° 74. Condominio Los Eucaliptos ubicado en la margen izquierda de la Quebrada Cruz Blanca y es afectado en los meses de lluvias.</b>	<b>114</b>
<b>Foto N° 75. Inundación del 18 de marzo 2013 causando daños materiales en el Colegio Julio Ramón Ribeyro.</b>	<b>115</b>

	<b>Pág.</b>
<b>Foto N° 76. Inundación en las aulas del Colegio Julio Ramón Ribeyro.</b>	<b>115</b>
<b>Foto N° 77. Inundación del 18 de marzo 2013, Penal de Huacariz y sembríos parcialmente afectados con pérdidas económicas considerables.</b>	<b>116</b>
<b>Foto N° 78. Infraestructura erosionada por la cantidad de agua que transita en época de lluvia (precipitación fuerte del 18 de marzo 2013)</b>	<b>116</b>
<b>Foto N° 79. Puente peatonal destruido por la crecida de la Quebrada Cruz Blanca suscitada el 18 de marzo 2013.</b>	<b>117</b>
<b>Foto N° 80. Cauce de la Quebrada Cruz Blanca al nivel de los terrenos aledaños.</b>	<b>117</b>
<b>Foto N° 81. Terrenos y sembríos ubicados en el Caserío Huacariz Chico afectados por las inundaciones.</b>	<b>118</b>
<b>Fotos N° 82 y 83. Camino peatonal de la Empresa Minera Yanacocha afectando el cauce de la Quebrada Cruz Blanca y el 18 de marzo 2013 las fuertes precipitaciones lo destruyeron.</b>	<b>118</b>
<b>Foto N° 84. Tramo de la carretera Cajamarca - Cumbe Mayo - Caserío Huayllapampa sin afirmar.</b>	<b>124</b>
<b>Foto N° 85. Canteras de arena que inestabilizan el talud en la carretera Cajamarca - Distrito de Pacasmayo.</b>	<b>125</b>
<b>Foto N° 86. Carretera Av. San Martín sin afirmar cerca al colegio Julio Ramón Ribeyro (Época de estiaje).</b>	<b>126</b>
<b>Foto N° 87. Carretera Av. San Martín sin afirmar cerca al colegio Julio Ramón Ribeyro (Época de lluvia).</b>	<b>126</b>
<b>Foto N° 88. Carretera Av. Vía de Evitamiento Sur en buenas condiciones en el Caserío Huacariz Chico.</b>	<b>127</b>
<b>Foto N° 89. Trocha carrozable Cumbe Mayo - Caseríos Aylambo y Amoshulca en medianas condiciones (parte alta Quebrada El Guitarrero).</b>	<b>128</b>
<b>Foto N° 90. Camino de herradura Cruz Blanca - Caserío Huayllapampa en medianas condiciones.</b>	<b>129</b>
<b>Fotos N° 91. 92. y 93. Buzones de desagüe ubicados en el cauce de la Quebrada Cruz Blanca, desembocadura al río Mashcón (Caserío Huacariz Chico).</b>	<b>141</b>
<b>Foto N° 94. Cauce de la Quebrada Cruz Blanca contaminado con derrame de aceite quemado (Caserío Huayllapampa).</b>	<b>141</b>
<b>Foto N° 95. Pequeño muro de gaviones en el cauce de la Quebrada Cruz Blanca (Caserío Chinchimarca).</b>	<b>143</b>
<b>Foto N° 96. Reforestación en un área afectada por deslizamientos, Caserío Chinchimarca.</b>	<b>144</b>
<b>Foto N° 97. Mantenimiento de una zona del cauce de la Quebrada Cruz Blanca (Caserío Shucapampa).</b>	<b>146</b>

## ÍNDICE

	Pág.
Carátula	I
Dedicatoria	II
Agradecimiento	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>EL PROBLEMA</b>	<b>2</b>
1. Planteamiento del Problema	2
2. Formulación del Problema	2
3. Objetivos	2
3.1 General	2
3.2 Específicos	2
4. Hipótesis	3
5. Justificación	3
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>4</b>
1. Estudios Previos	4
2. Teorías para la Investigación	5
2.1 Cuenca Hidrográfica	5
2.2 Parámetros Geomorfológicos	5
2.3 Origen de los Deslizamientos, Derrumbes y Desprendimientos de Rocas	9
2.3.1 Factores Desencadenantes en la Estabilidad de Laderas	9
2.4 Origen de las Inundaciones	10
2.4.1 Efectos Provocados por una Inundación	11
3. Definición de Términos	12

	<b>Pág.</b>
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>DISEÑO METODOLÓGICO</b>	<b>18</b>
1. Tipo de Investigación	18
2. Identificación y Clasificación de Variables	18
2.1 Variables Independientes	18
2.2 Variables Dependientes	18
3. Procedimiento de Trabajo	19
3.1 Etapa Preliminar	19
3.2 Trabajo de Campo	19
3.3 Trabajo de Gabinete	19
4. Equipo y Material Utilizado	20
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>GENERALIDADES</b>	<b>25</b>
1. Ubicación y Accesibilidad	25
2. Clima	27
3. Vegetación	28
4. Caseríos	33
<b>CAPÍTULO V</b>	
<b>FISIOGRAFÍA</b>	<b>35</b>
1. Introducción	35
2. Microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos	35
3. Correlación entre Cauces y Estructura Geológica	36
<b>CAPÍTULO VI</b>	
<b>GEOMORFOLOGÍA</b>	<b>38</b>
1. Generalidades	38
2. Ciclo Geomorfológico	40
2.1 Relieve Juvenil	41
2.2 Relieve Maduro	41

	<b>Pág.</b>
2.3	Relieve Senil 41
3.	Unidades Geomorfológicas 41
3.1	Altiplanicie Moderadamente Empinada 42
3.2	Colina Baja Moderadamente Inclinada 43
3.3	Ladera Moderadamente Empinada 44
3.4	Terraza Inundable en Depósitos Aluviales 46
3.5	Piedemonte Aluvio Lacustre 47
3.6	Piedemonte Lacustre Fluvial 48
4.	Parámetros Geomorfológicos 48
4.1	Área de la Microcuenca 49
4.2	Perímetro de la Microcuenca 49
4.3	Longitud del Cauce Principal 49
4.4	Ancho Promedio de la Microcuenca 50
4.5	Forma de la Microcuenca 50
4.5.1	Coeficiente de Forma 50
4.5.2	Coeficiente de Compacidad o Índice de Gravelius 51
4.6	Rectángulo Equivalente 52
4.7	Sistema de Drenaje 53
4.7.1	Orden de Drenaje 53
4.7.2	Densidad de Drenaje 54
4.7.3	Extensión Media de Escurrimiento Superficial 55
4.7.4	Frecuencia de Ríos ó (Densidad de Corrientes) 56
4.7.5	Radio de Elongación 56
4.7.6	Pendiente Media del Cauce Principal 57
4.7.7	Coeficiente de Torrencialidad 57
 <b>CAPÍTULO VII</b>	
<b>GEOLOGÍA LOCAL 59</b>	
1.	Geología de la Microcuenca 59
2.	Estratigrafía 59
2.1	CRETÁCEO INFERIOR 60



	<b>Pág.</b>
2.1.1 Grupo Goyllarisquizga	60
2.1.1.1 Formación Chimú	60
2.1.1.2 Formación Santa	62
2.1.1.3 Formación Carhuáz	63
2.1.1.4 Formación Farrat	66
2.1.2 Grupo Crisnejas	67
2.1.2.1 Formación Pariatambo	67
2.2 CRETÁCEO INFERIOR TARDÍO – SUPERIOR TEMPRANO	68
2.2.1 Grupo Pulluicana	68
2.2.1.1 Formación Yumagual	68
2.3 PALEÓGENO	69
2.3.1 Volcánico Llama	69
2.4 DEPÓSITOS CUATERNARIOS	69
2.4.1 Depósitos Aluviales	70
2.4.2 Depósitos Fluviales	71
2.4.3 Depósitos Lacustres	72
<b>CAPÍTULO VIII</b>	
<b>GEOLOGÍA ESTRUCTURAL</b>	<b>73</b>
1. Aspectos Estructurales	73
2. Estructuras	74
2.1 Pliegues	74
2.2 Fallas	76
2.3 Diaclasas	78
<b>CAPITULO IX</b>	
<b>HIDROLOGÍA</b>	<b>79</b>
1. Generalidades	79
1.1 Quebrada Cruz Blanca	80
1.2 Quebrada Aylambo	81
1.3 Quebrada El Guitarrero	81

	<b>Pág.</b>
1.4 Quebrada Yumagual	82
2. Sistema Fluvial de la Quebrada Cruz Blanca	82
3. Pluviometría	83
3.1 Precipitaciones	84
3.2 Temperatura	87
4. Caudales	89
4.1 Crecientes e Inundaciones de la Quebrada Cruz Blanca	91
<b>CAPITULO X</b>	
<b>GEOHIDROLOGÍA</b>	<b>93</b>
1. Rasgos Geohidrológicos	93
2. Fuentes de Alimentación y Aprovechamiento de los Acuíferos	94
3. Calidad del Agua Subterránea	96
<b>CAPITULO XI</b>	
<b>GEODINÁMICA</b>	<b>97</b>
1. Geodinámica Externa	97
2. Factores Naturales Condicionantes	98
3. Acción Antrópica	98
4. Problemas de Geodinámica Externa en la Microcuenca	100
4.1 Erosión de Laderas	101
4.2 Deslizamientos	103
4.3 Derrumbes	106
4.4 Desprendimientos de Rocas	108
4.5 Reptación	109
4.6 Inundaciones	111
5. Comportamiento Geodinámico	119
5.1 Zona Altamente Inestable	120
5.2 Zona Inestable	120
5.3 Zona Moderadamente Inestable	121

	Pág.
<b>CAPÍTULO XII</b>	
<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	<b>122</b>
1. Evaluación y Análisis del Sistema Vial de la Microcuenca	122
1.1 Evaluación del Sistema Vial de la Microcuenca	122
1.1.1 Causas del Deterioro	122
1.1.2 Condiciones de las Vías	123
1.2 Análisis del Sistema Vial de la Microcuenca	123
1.2.1 Carretera Cajamarca - Cumbe Mayo - Caserío Huayllapampa	124
1.2.2 Carretera Av. Independencia (Cajamarca - Distrito de Pacasmayo)	124
1.2.3 Carretera Av. Alfonso Ugarte (Cajamarca - Caseríos Shudall y Paccha Chica)	125
1.2.4 Carretera Av. La Paz (Cajamarca - Caserío Paccha Grande)	125
1.2.5 Carretera Av. San Martín de Porres (Cajamarca - Caserío Comunpampa)	126
1.2.6 Carretera Av. Vía de Evitamiento Sur (Cajamarca - Distrito de Jesús)	127
1.2.7 Trocha Carrozable Agomarca Alta, Choropunta y Huayllapampa	127
1.2.8 Trocha Carrozable Cumbe Mayo - Caseríos Aylambo y Amoshulca	128
1.2.9 Camino de Herradura Cruz Blanca - Caserío Huayllapampa	128
2. Análisis Geodinámico de los Caseríos	129
2.1 Caserío Agomarca Alta	129
2.2 Caserío Amoshulca	130
2.3 Caserío Aylambo	130
2.4 Caserío Chinchimarca	131
2.5 Caserío Choropunta	132
2.6 Caserío Comunpampa	133
2.7 Caserío Huacariz Chico	133
2.8 Caserío Huacariz Grande	134
2.9 Caserío Huayllapampa	135
2.10 Caserío Mollepampa	135
2.11 Caserío Paccha Chica	136

	<b>Pág.</b>
2.12 Caserío Paccha Grande	137
2.13 Caserío Shucapampa	137
2.14 Caserío Shudall	138
3. Impacto Ambiental	139
3.1 Conservación y Manejo de los Recursos Agua y Suelo	140
3.2 Conservación y Manejo de los Bosques	142
4. Plan de Tratamiento y Alternativas de Solución según el Tipo de Evento de Geodinámica Externa	142
4.1 Erosión de Laderas	143
4.2 Deslizamientos	144
4.3 Derrumbes	145
4.4 Desprendimientos de Rocas	145
4.5 Reptación	146
4.6 Inundaciones	146
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>148</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>150</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>151</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>154</b>

## INTRODUCCIÓN

Cajamarca es una provincia que está siendo sometida a un alto número de amenazas naturales de tipo geológico-estructural, hidrológico, geohidrológico, geotécnico, geodinámico y climático. Estos problemas vienen causando a lo largo del tiempo efectos adversos que traen como consecuencia pérdidas económicas, productivas y sociales; especialmente en las poblaciones concentradas a lo largo de la zona afectada reduciendo de esta manera las oportunidades para lograr su desarrollo.

Los movimientos en masa como deslizamientos, derrumbes, desprendimientos de rocas, erosión de laderas, reptación, soliflucción, huaycos, inundaciones, etc., ocasionan zonas muy inestables.

Cabe mencionar que en la actualidad gran parte de la población perteneciente a microcuencas, subcuencas o cuencas necesariamente ocupa las zonas de expansión urbana las cuales en gran parte son áreas inestables. Es por ello que se necesita atención urgente en lo relacionado a la gestión y administración de desastres con el fin de lograr un conocimiento exhaustivo en las causas y consecuencias de los eventos suscitados en lo personal y en la correcta dirección de los cauces.

El estudio de la Microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos pone en evidencia zonas altamente inestables, inestables y moderadamente inestables en algunos caseríos por los eventos geológicos existentes.

La presente tesis es la base para estudios posteriores de geodinámica en las microcuencas, subcuencas y cuencas existentes en la provincia.

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **1. Planteamiento del Problema**

El área que comprende la Microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos tiene variables geomorfológicas, estructurales, hidrológicas y geohidrológicas las cuales influyen en el comportamiento geodinámico, cuyos efectos son visibles y previsibles siempre y cuando se realicen estudios y evaluaciones constantes durante cada año antes de los periodos de lluvias.

#### **2. Formulación del Problema**

¿Las variables geomorfológicas, estructurales, hidrológicas, y geohidrológicas existentes en la Microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos influyen en el comportamiento geodinámico de la Quebrada Cruz Blanca y afluentes?

#### **3. Objetivos**

##### **3.1 General**

Analizar las variables geomorfológicas, estructurales, hidrológicas y geohidrológicas para diseñar un modelo geodinámico en la Microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos.

##### **3.2 Específicos**

- ✓ Evaluar la geomorfología, geología estructural, hidrología y geohidrología de la zona.
- ✓ Analizar el comportamiento geodinámico de la Microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos.

- ✓ Definir un modelo geodinámico de la Microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos.
- ✓ Obtener el Título Profesional de Ingeniero Geólogo.

#### **4. Hipótesis**

Los procesos geodinámicos que se están desarrollando dentro de la Microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos, están relacionados con las variables geomorfológicas, geológico estructural, hidrológicas y geohidrológicas, las cuales inciden en el desequilibrio geodinámico de la microcuenca.

#### **5. Justificación**

Los problemas de erosión e inundaciones que ocurren desde la naciente hasta la desembocadura de la microcuenca, exige la necesidad de analizar el comportamiento geodinámico que se presenta principalmente a lo largo de la Quebrada Cruz Blanca, lo cual incide y produce erosión en los flancos de las partes media y baja de la quebrada, teniendo como resultado problemas en las viviendas y terrenos que se encuentran en las márgenes derecha e izquierda del trayecto de la Quebrada Cruz Blanca hasta su desembocadura.

En la parte baja de la quebrada existen asentamientos humanos como: Urb. Luis Alberto Sánchez, Condominio Los Eucaliptos, Lotización 2010 así como el nuevo Hospital Regional de Cajamarca, Colegio Julio Ramón Ribeyro, penal Huacariz y las oficinas de la Empresa Minera Yanacocha que en circunstancias de precipitaciones anómalas podría existir impactos que incidan en estas infraestructuras. Además en los alrededores de la microcuenca existe un proceso de expansión urbana y construcción de viviendas, las cuales estarían en posibilidad de ser afectadas como ha ocurrido en épocas de invierno en la zona de influencia de la microcuenca.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 1. Estudios Previos

El área de estudio Microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos es una de las microcuencas principales de la subcuenca del Río Mashcón y en la actualidad no se han encontrado estudios de geodinámica específicamente relacionados al modelamiento geodinámico de dicha microcuenca.

Existen estudios y trabajos de investigación que han sido revisados durante el desarrollo de la tesis:

- ✓ **BENAVIDES, V. (1956). *Geología de la Región de Cajamarca.***  
Estudio sobre la interpretación geológica y estratigráfica a nivel regional del área de Cajamarca.
- ✓ **FERNANDEZ, H. (2010). *Estudio Sedimentológico y Estratigráfico en el Área de Cruz Blanca y Alrededores.***  
Tesis sobre las características sedimentológicas y estratigráficas de toda la secuencia sedimentaria cretácea apoyado en el análisis de cuencas en la zona denominada Cruz Blanca y alrededores.
- ✓ **HERRERA, E. (2012). *Estudio Estratigráfico del Cretáceo Superior en los Alrededores de la Ciudad de Cajamarca.***  
Tesis sobre actualización de la columna regional de Cajamarca considerando las edades de las formaciones.
- ✓ **LAGOS & QUISPE. (2007). *Aportes al Análisis de Cuencas Sedimentarias en los Alrededores de las Localidades de los Baños del Inca, Cruz Blanca, Otuzco, distrito de Cajamarca.***



Trabajo de investigación de la Cuenca Occidental, características de las unidades litológicas tomando en consideración el espesor y la curva de subsidencia (curva con descompactación).

- ✓ **REYES, L. (1980). *Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba (Boletín 31)*.**

Estudio geológico regional detallado realizado por geólogos del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) en Cajamarca y alrededores a escala 1:100,000.

## **2. Teorías para la Investigación**

### **2.1 Cuenca Hidrográfica**

Es el espacio de territorio delimitado por la línea divisoria de las aguas, conformado por un sistema hídrico que conducen sus aguas a un río principal, a un río muy grande, a un lago o a un mar. Este es un ámbito tridimensional que integra las interacciones entre la cobertura sobre el terreno, las profundidades del suelo y el entorno de la línea divisoria de las aguas. En la cuenca hidrográfica se encuentran los recursos naturales y la infraestructura creada por las personas, en las cuales desarrollan sus actividades económicas y sociales generando diferentes efectos favorables y no favorables para el bienestar humano. No existe ningún punto de la tierra que no pertenezca a una cuenca hidrográfica.

### **2.2 Parámetros Geomorfológicos**

Las características físicas de una microcuenca, subcuenca o cuenca están dadas por los índices morfométricos y los factores morfológicos conocidos como parámetros geomorfológicos.

Los parámetros geomorfológicos principales son los siguientes:

### **2.1.1 Área**

Superficie de la microcuenca, subcuenca o cuenca comprendida dentro de la línea de Divortium Acuarium, cuyas precipitaciones son evacuadas por el sistema común de cauces de la misma. Se obtiene este resultado por el programa ARGIS 10.0.

### **2.1.2 Perímetro**

Longitud de la línea del Divortium Acuarium de la microcuenca, subcuenca o cuenca. El resultado se obtiene por el programa ARGIS 10.0.

### **2.1.3 Longitud del Cauce Principal**

Medida del escurrimiento principal de la microcuenca, subcuenca o cuenca desde la parte más alta hasta la desembocadura. Se obtiene a partir de la red de drenaje por el programa ARGIS 10.0.

### **2.1.4 Forma**

Determina la distribución de las descargas de agua durante todo el recorrido de los afluentes de la microcuenca, subcuenca o cuenca.

#### **➤ Coeficiente de Forma**

Factor comparativo de crecientes con otras microcuencas, subcuencas o cuencas del mismo tamaño. Relaciona el área y la longitud total del cauce principal.

#### **➤ Coeficiente de Compacidad o Índice de Gravelius**

Es la relación que existe entre el perímetro de la microcuenca, subcuenca o cuenca y el perímetro de una circunferencia de área

igual a la microcuenca, subcuenca o cuenca. Cuanto más irregular sea la microcuenca, subcuenca o cuenca, mayor será su coeficiente de compacidad. Una cuenca circular tendrá un coeficiente de compacidad mínimo, igual a 1.

### **2.1.5 Rectángulo Equivalente**

Rectángulo el cual tiene la misma superficie de la microcuenca, subcuenca o cuenca, coeficiente de compacidad, perímetro y distribución hipsométrica. Para ello obtenemos el lado mayor (L) y el lado menor (l).

### **2.1.6 Sistema de Drenaje**

Está constituido por el eje principal de la microcuenca, subcuenca o cuenca y sus tributarios.

#### **➤ Orden de Drenaje**

Existen diferentes métodos para obtener este parámetro. Se puede utilizar el método "Ordenes de corriente" de Strahler ya que es el más común, el más comprensible y el más fácil de relacionar con otros parámetros morfométricos. Se obtiene agregando corrientes, considerando una corriente de primer orden a aquella que no tiene afluentes, una de segundo orden aquella donde se reúnen dos corrientes de primer orden, una de tercero donde confluyen dos de segundo orden y así sucesivamente.

#### **➤ Densidad de Drenaje**

Indica la relación entre la longitud total de los cursos de agua (efímeros, intermitentes y perennes) y el área de la microcuenca, subcuenca o cuenca.

Las precipitaciones influyen sobre las descargas de los ríos favorecidos por el material poco resistente del suelo y la escasa vegetación.

➤ **Extensión Media de Escurrimiento Superficial**

Se la puede definir como la distancia media que el agua tendría que recorrer sobre el terreno en el caso de que el escurrimiento se realice en línea recta desde el lugar en que el agua precipita hasta el punto más próximo de un curso cualquiera de la microcuenca, subcuenca o cuenca y por el cual encauza.

➤ **Frecuencia de Ríos ó (Densidad de Corrientes)**

Parámetro que relaciona el total de los cursos de agua con el área total de la microcuenca, subcuenca o cuenca según Horton. Se utiliza en forma comparativa con otras similares.

➤ **Pendiente Media del Cauce Principal**

El eje principal y su red tributaria de una microcuenca, subcuenca o cuenca discurren con una velocidad que depende de la inclinación de estos; a mayor declividad habrá mayor velocidad de escurrimiento y erosión.

Comprende los puntos extremos de altura en que se encuentra comprendido el eje principal.

➤ **Coefficiente de Torrencialidad**

Este parámetro es un indicador del grado de erodabilidad de la microcuenca, subcuenca o cuenca.

## **2.3 Origen de los Deslizamientos, Derrumbes y Desprendimientos de Rocas**

La ocurrencia de los movimientos de pendiente es consecuencia de un complejo campo de esfuerzos (stress es un esfuerzo por unidad de área), el cual es activo sobre una masa de roca o suelo. La consecuencia de estos esfuerzos en conjunción con la morfología de la pendiente y los parámetros geotécnicos del material definen el tipo específico de deslizamiento que puede ocurrir.

Los factores principales predominantes en la ocurrencia de un deslizamiento son: el clima, la topografía, la geología y la actividad humana (*Comisión Nacional de Atención de Riesgos y Comisión de Emergencias, Costa Rica*).

### **2.3.1 Factores Desencadenantes en la Estabilidad de Laderas**

Un desencadenante es un estímulo externo que causa la rotura de forma casi inmediata mediante el aumento rápido de las tensiones o reduciendo la resistencia del material de la ladera. Los principales mecanismos desencadenantes de deslizamientos son la lluvia, la fusión de la nieve, las sacudidas sísmicas, las erupciones volcánicas, la socavación por el oleaje y erosión fluvial. Los deslizamientos también pueden ocurrir de forma espontánea sin ningún desencadenante aparente.

La lluvia es el factor desencadenante más frecuente y extendido en este tipo de fenómeno. Produce inestabilidad por infiltración del agua en la ladera con el consiguiente aumento de las presiones en los poros y juntas del terreno, reduciendo así su resistencia. La relación entre la cantidad de agua infiltrada y la que brota de la ladera controla los cambios en la presión del agua subterránea. Con la infiltración de la

lluvia las presiones de agua aumentan hasta un nivel crítico en el que tiene lugar la rotura. El ritmo de infiltración está controlado por la pendiente de la superficie topográfica, el recubrimiento vegetal y la permeabilidad de los materiales. Por otro lado, la estabilidad de la ladera está condicionada por la resistencia del terreno y por la geometría de la misma.

Las arcillas tienen la propiedad de que al empaparse de agua aumentan su volumen. Esto supone que los terrenos arcillosos en climas en los que alternan periodos secos con otros húmedos se deforman y empujan taludes, rocas, carreteras, etc. provocando deslizamientos, derrumbes y desprendimientos de rocas.

Hay que tener presente que las actuaciones humanas condicionan en gran medida la aparición de situaciones de inestabilidad en las laderas, dando lugar a deslizamientos que se desarrollan aparentemente de forma espontánea. Así, pérdidas en la red de abastecimiento de aguas o en la de alcantarillado, alteraciones en la cobertura vegetal o cambios en el tratamiento o manejo del terreno (talas masivas de superficie arbórea, desarrollo de pastizales, excavaciones, minas, etc.) producen modificaciones en la distribución de fuerzas en las laderas. Estas actuaciones favorecen, a menudo, la inestabilidad de las laderas (*Jordi Corominas, Riesgos Naturales de Origen Climático*).

Se conoce la acción de otros factores como terremotos, rocas calizas (estructuras kársticas), etc., que en ocasiones provocan movimientos del terreno (*Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, Luis Echarri Prin, 1998*).

## **2.4 Origen de las Inundaciones**

Las inundaciones son un proceso estrictamente vinculado a las condiciones climáticas de las diferentes regiones del planeta.

Las precipitaciones, los huracanes, las tempestades costeras, los ciclones y la fusión de los hielos conducen a crecidas del nivel de las aguas de las redes fluviales y a los consiguientes desbordamientos. A este hecho se suman síndromes climáticos como los de El Niño o los efectos del cambio climático.

En China se han producido las inundaciones más devastadoras de la historia. Las avenidas fluviales periódicas del río Yangzi y del río Amarillo han causado una gran pérdida de vidas humanas, así como miles de personas fallecidas por hambre a consecuencia de las inundaciones. Entre estas destacan las de 1887 del río Amarillo (entre 900 000 y 6 000 000 de muertos).

Otra de las regiones también afectadas de manera periódica por las inundaciones es Estados Unidos, donde los desbordamientos de mayor magnitud del río Mississippi se producen de tres a cuatro veces por siglo (*Desastres de Origen Natural y Cooperación para el Desarrollo*).

#### **2.4.1 Efectos Provocados por una Inundación**

Cuando sucede una inundación los efectos y consecuencias son notorios influyendo en la población e interrumpiendo los procesos socioeconómicos del Perú. Los más resaltantes son:

- Extensas áreas cubiertas de agua.
- Erosión de riberas.
- Viviendas afectadas.
- Interrupción de vías de comunicación.
- Pérdidas de bienes y de vidas.
- Pérdidas de áreas de cultivos.
- Enfermedades, plagas.
- Escasez de alimentos.

- Contaminación del agua.
- Erosión del suelo.
- Sedimentación excesiva.
- Dificulta el drenaje e impide la producción de los terrenos (SENAMHI, 2013).

### 3. Definición de Términos

- ✓ **Anegar:** la palabra anegar se utiliza para dar cuenta que algo o alguien se encuentra cubierto por agua. Resulta ser muy común el empleo de este término como sinónimo de la palabra inundar. Cuando se producen inundaciones en un lugar, es común que se empiece a escuchar el término *anegar* en las crónicas, tal barrio, tal región, se encuentran anegadas como consecuencia de las intensas lluvias (*Diccionario Definición ABC*).
- ✓ **Cuenca :** es el espacio territorial limitado por las partes más altas de las montañas, laderas y colinas, en el que se desarrolla un sistema de drenaje superficial que concentra sus aguas en un río principal que se integra al mar, lago u otro río más grande, (*Faustino, 1995*).
- ✓ **Cuenca hidrológica:** Red de drenaje superficial cuyas aguas desembocan a un canal principal. Ejemplo: Cuenca del Amazonas, cuenca del río Rímac, cuenca del río Santa, (*Dávila, J. 2011*).
- ✓ **Cuenca alta:** parte de la cuenca hidrográfica en la cual predomina el fenómeno de la socavación. Esto quiere decir que hay aportación de material terreo hacia las partes bajas de la cuenca; visiblemente se ven trazas de erosión, (*Wikipedia 2013*).



- ✓ **Cuenca media:** parte de la cuenca hidrográfica en la que hay un equilibrio entre el material sólido que llega traído por la corriente y el material que sale. No hay erosión visible, (*Wikipedia 2013*).
- ✓ **Cuenca baja:** parte de la cuenca hidrográfica en la cual se deposita el material extraído de la parte alta, (*Wikipedia 2013*).
- ✓ **Declive:** Es la pendiente de un terreno. Es el ángulo de depresión formado entre el plano horizontal y el plano del terreno. Este ángulo varía entre la horizontal ( $0^\circ$ ) y la vertical ( $90^\circ$ ). El declive puede ser suave, moderado o pronunciado de acuerdo con el menor o mayor grado de pendiente.

El declive se da en porcentaje y está dado por la relación existente entre la diferencia de nivel y la distancia de dos puntos dados. Es decir la tangente del ángulo de pendiente, (*Dávila, J. 2011*).

- ✓ **Drenaje:** es el diseño o trazo efectuado por las aguas de escorrentía o fluviales que modelan el paisaje. Al conjunto de estos diseños o trazos se les denominan "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, pliegues, etc.).  
Los principales tipos de drenaje son: dendrítico de pendiente pronunciada y de pendiente suave, paralelo, anular, rectangular, enrejado, radial (centrífugo y centrípeto), anastomosado, irregular, sobreimpuesto, etc. (*Dávila, J. 2011*).
- ✓ **Falla:** desplazamiento de un bloque rocoso con respecto a otro colindante a éste o de ambos bloques, a través de un plano denominado "plano de falla". Las fallas son producto de esfuerzos tectónicos, producto de la epirogénesis, orogenia, diastrofismo,

tectónica de placas o cualquier otro tipo de desplazamiento de parte de la corteza. Una falla ocasiona discontinuidad de las estructuras geológicas. Los esfuerzos pueden ser: tensionales, compresionales, verticales (en ambos sentidos) o inclinados, dando lugar a diversos tipos de fallas. Los elementos de una falla son: plano de falla, bloque superior o techo, bloque inferior o piso, desplazamiento de la falla o rechazo, espejo de falla, etc.

El reconocimiento de las fallas se hace más fácilmente en las rocas sedimentarias y en las metamórficas de origen sedimentario debido a la discontinuidad de las capas o estratos. En las rocas ígneas la identificación es más difícil y solo es posible su reconocimiento observando detenidamente los espejos de falla o planos de fricción, o cuando existen diques o filones que señalan su desplazamiento a través del plano de falla.

El estudio de las fallas es de suma importancia para la definición de la geología estructural o de la tectónica de la región. Del punto de vista práctico es de suma utilidad en geología minera para definir la posición o desplazamiento de las vetas mineralizadas o de los cuerpos mineralizados. También es de suma importancia para el estudio de los yacimientos petrolíferos. Tipos de fallas: Oblicua, cruzada, longitudinal, transversal, paralela al plano de estratificación, etc., (Dávila, J. 2011).

- ✓ **Geohidrología:** (o hidrogeología), ciencia que estudia el origen y la formación de las aguas subterráneas, las formas de yacimiento, su difusión, movimiento, régimen y reservas, su interacción con los suelos y rocas, su estado (líquido, sólido y gaseoso) y propiedades (físicas, químicas, bacteriológicas y radiactivas); así como las condiciones que determinan las medidas de su aprovechamiento, regulación y evacuación (Mijailòv, L. 1985. *Hidrogeología. Editorial Mir. Moscú, Rusia. 285 p*).

- ✓ **Geomorfología:** es la rama de la geología y de la geografía que estudia las formas de la superficie terrestre y los procesos que las generan. Para el estudio hay que tomar en consideración tres cosas: la estructura, el proceso y la etapa (*Davis, W. 1899*).
- ✓ **Hidrología:** (del griego hydor-, agua) es la disciplina científica dedicada al estudio de las aguas de la Tierra, incluyendo su presencia, distribución y circulación a través del ciclo hidrológico, y las interacciones con los seres vivos. También trata de las propiedades químicas y físicas del agua en todas sus fases.

El objetivo primario de la hidrología es el estudio de las interrelaciones entre el agua y su ambiente. Ya que la hidrología se interesa principalmente en el agua localizada cerca de la superficie del suelo, se interesa particularmente en aquellos componentes del ciclo hidrológico que se presentan como: precipitación, evapotranspiración, escorrentía y agua en el suelo. Los investigadores en el campo usan mucho (y cada vez más) las simulaciones computarizadas de los sistemas hidrológicos naturales y las técnicas de detección remota, como, por ejemplo, el uso de satélites que orbitan el planeta equipados con cámaras infrarrojas para detectar cuerpos de aguas contaminadas o para seguir el flujo de manantiales termales (*Marcano, J. 2005*).

- ✓ **Impronta:** impresión, huella o marca dejada por una persona u objeto en otra u otro. Se trata de una señal o característica peculiar y distintiva. Ejemplo: impronta de un fósil. (*Diccionario Etimológico 2013*).
- ✓ **Intensidad de la precipitación:** es la razón de incremento de la altura que alcanza la lluvia respecto al tiempo. Se clasifica en ligera, moderada y fuerte. Generalmente se expresa en mm/h (*Diccionario de Meteorología*).

- ✓ **Margen derecha:** mirando hacia donde corre el río, es decir mirando aguas abajo, la margen que se encuentra a nuestra derecha (*Wikipedia 2013*).
- ✓ **Margen izquierda:** mirando hacia donde corre el río, es decir mirando aguas abajo, la margen que se encuentra a nuestra izquierda (*Wikipedia 2013*).
- ✓ **Medio Ambiente:** es un sistema global, constituido por elementos naturales y artificiales de naturaleza física, química, biológica y sociocultural que considera, además, sus influencias e interacciones. Todos ellos en permanente modificación, sea por la acción natural y/o humana. Este conjunto de elementos, influencias e interacciones rige y acondiciona la existencia y desarrollo de la vida en sus múltiples manifestaciones (*Guía Didáctica de Educación Ambiental 1999*).
- ✓ **Microcuenca:** es toda el área que desarrolla su drenaje directamente a la corriente principal de una subcuenca. Un conjunto de subcuencas forman una cuenca.  
Oswaldo Ortiz en 1995 propone la siguiente clasificación por áreas:

Cuenca	:	700 a más km <sup>2</sup>
Subcuenca	:	101 a 700 km <sup>2</sup>
Microcuenca	:	10 a 100 km <sup>2</sup>
- ✓ **Plegamiento o pliegue:** deformación de las rocas estratificadas, debido a los esfuerzos de compresión, a las propiedades plásticas de éstas y a las condiciones de elevada presión reinantes, tomando formas onduladas.

Los plegamientos pueden clasificarse en estructuras arqueadas o convexas y cóncavas o en cubetas.

También pueden clasificarse en anticlinales, sinclinales, domos, cuencas, homoclinales, monoclinales, pliegues recostados o tumbados, estructuras imbricadas, cabalgamientos, etc. Anticlinorios, sinclinorios. Los plegamientos pueden ser simétricos o asimétricos, dependiendo si el plano axial divide o no en partes iguales a la estructura plegada (Dávila, J. 2011).

- ✓ **Quebrada:** valle relativamente estrecho y de corto recorrido. Garganta (Dávila, J. 2011).

## CAPÍTULO III

### DISEÑO METODOLÓGICO

#### 1. Tipo de Investigación

En el estudio se está realizando una Investigación Científica, de carácter descriptiva - explicativa y por desarrollarse en un determinado tiempo es de tipo transversal o transeccional.

#### 2. Identificación y Clasificación de Variables

##### 2.1 Variables Independientes

Estas variables suponen ser la causa del fenómeno estudiado e influyen en la variable dependiente.

##### 2.2 Variables Dependientes

Estas variables representan las consecuencias o efectos, que se estudian dentro de la hipótesis.

**Tabla N° 01**  
**Identificación y clasificación de variables en la microcuenca.**

VARIABLES INDEPENDIENTES (Causa)	VARIABLES DEPENDIENTES (Efecto)
Evento de Geodinámica Externa	Resultante de Geodinámica Externa
Eventos Geomorfológicos	Geomorfología
Erosión de Laderas	Topografía
Esfuerzos Tectónicos	Estructuras

### **3. Procedimiento de Trabajo**

#### **3.1 Etapa Preliminar**

- ✓ Recopilación y análisis de información bibliográfica existente referente a estudios, trabajos anteriores, planos e imágenes satelitales de la zona en estudio.
- ✓ Reconocimiento y evaluación preliminar de la zona en estudio.
- ✓ Elaboración del plan de trabajo.

#### **3.2 Trabajo de Campo**

- ✓ Recopilación de datos correspondientes a la geomorfología, geología estructural, hidrología y geohidrología de la Microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos.
- ✓ Observación y descripción de eventos de geodinámica externa suscitados en el área de estudio.

#### **3.3 Trabajo de Gabinete**

- ✓ Procesamiento, análisis e interpretación de la información obtenida en campo correspondiente a la geodinámica, geomorfología, geología estructural, hidrología y geohidrología.
- ✓ Diseño del modelo geodinámico de la Microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos.
- ✓ Elaboración, redacción y presentación de la tesis profesional.

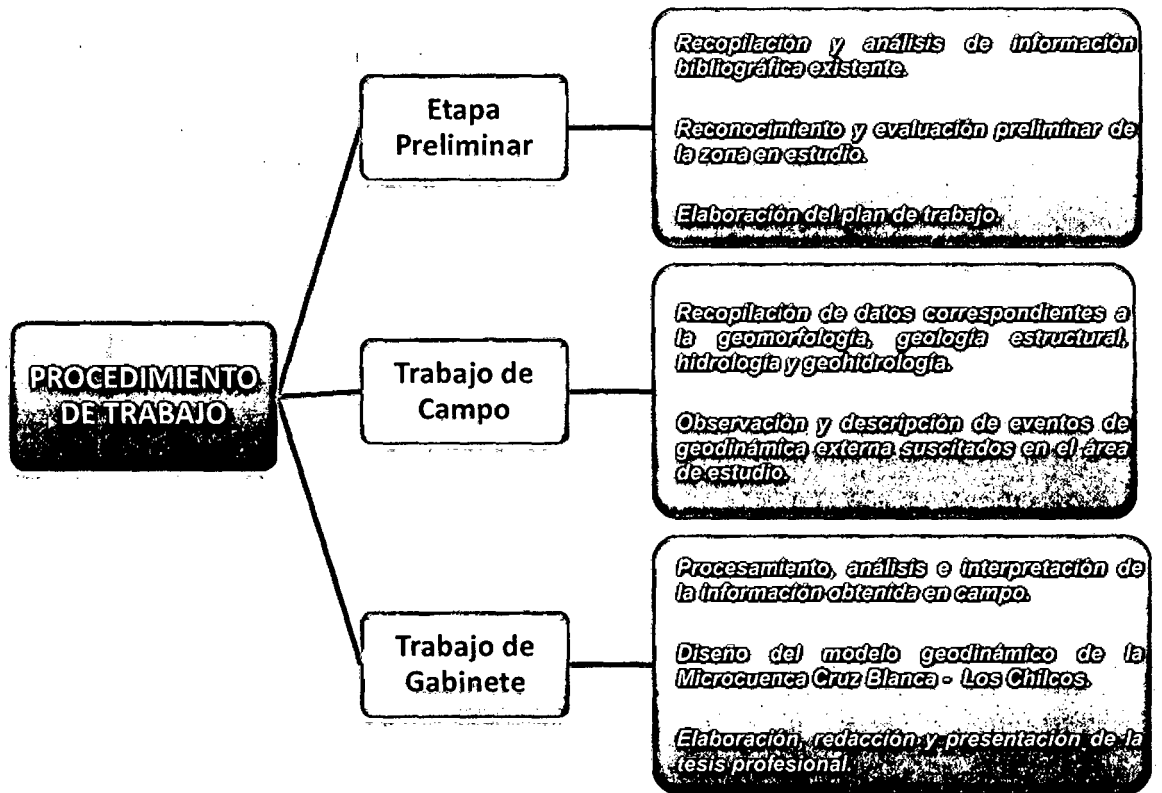


Gráfico N° 01. Procedimiento de trabajo en el desarrollo de la tesis.

#### 4. Equipo y Material Utilizado

En el desarrollo del procedimiento de trabajo de la tesis se utilizaron diversos equipos y materiales y mapas temáticos los que se describen a continuación:

- ✓ **Imágenes satelitales:** es la representación visual de información capturada por un sensor colocado en un satélite artificial. El sensor recoge la información reflejada por la superficie de la Tierra luego es enviada de regreso a ésta y al procesarla entrega valiosa información sobre las características de la zona a estudiar.

Las imágenes obtenidas contribuyeron a observar y verificar estructuras, drenaje, accesos, cerros, caseríos, etc., en la zona de estudio.



- ✓ **MDE:** (Modelo Digital de Elevaciones), es una representación visual y matemática de los valores de altura mediante un conjunto de cotas con respecto al nivel medio del mar. Estos valores están contenidos en un archivo de tipo raster con estructura regular, se genera utilizando equipo de cómputo y software especializados.

En este plano se interpretó y digitalizó la microcuenca, se caracterizó las formas del relieve tomando en consideración las curvas de nivel y la divisoria de aguas (divortium aquarum).

- ✓ **Plano geológico:** muestra la distribución de los distintos tipos de roca sobre el terreno, su forma y las relaciones entre ellos, así también la edad geológica y estructuras (pliegues y fallas). Estos datos se representan sobre el MDE.

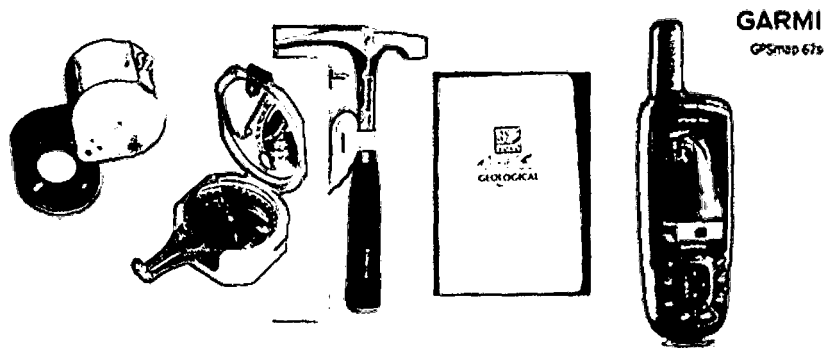
Para la microcuenca en estudio se utilizó como referencia planos del INGEMMET a una escala 1/100000 de los cuadrángulos de Cajamarca (15-f) y San Marcos (15-g)

- ✓ **Libreta de campo:** elemento didáctico destinado al registro de las observaciones que se realizan en campo, gabinete y/o laboratorio. Las notas imprecisas producen informes imprecisos. Debe estar presentada de modo que cualquier persona pueda entenderla.

Se anotó claramente en la libreta de campo observaciones de carácter geológico, estructural, geohidrológico, hidrológico, tomadas en campo (zona de la microcuenca) y gabinete.

- ✓ **Brújula Brunton:** este instrumento posee una aguja imantada que se dispone en la dirección de las líneas de magnetismo natural de la Tierra. Se la utiliza para medir orientaciones geográficas, triangular una ubicación, medir lineaciones estructurales y lugares geométricos de estructuras geológicas.

En la zona la utilizamos principalmente para medir la orientación (rumbos y buzamientos) de los estratos, fallas y estructuras existentes.



**Figura N° 01. Equipo de geólogo utilizado en campo y gabinete.**

- ✓ **GPS Garmin:** (Sistema de Posicionamiento Global), funciona mediante una red de 24 satélites en órbita sobre el planeta tierra, con trayectorias sincronizadas para cubrir toda la superficie de la Tierra. Cuando se desea determinar la posición, el receptor localiza automáticamente como mínimo tres satélites de la red, indicando la identificación y la hora del reloj de cada uno de ellos.

Fue utilizado para ubicar en campo puntos estratégicos y mapearlos en el plano MDE con coordenadas del sistema UTM, DATUM WGS-84.

- ✓ **Protáctor:** plantilla de plástico transparente con forma rectangular, graduado en 180° (grados sexagesimales). Sirve para trazar ángulos y medir distancias a escalas determinadas.

Se utilizó para plotear todos los puntos, rumbos y buzamientos (estructuras) tomados en campo. Los protáctor más utilizados fueron a escalas: 1/20000, 1/2000, 1/1000.

- ✓ **Picota:** se la utilizó para fracturar y extraer muestras frescas de rocas y analizarlas a detalle en gabinete.
- ✓ **Lupa:** instrumento óptico con empaquetamiento "triple", acromático, 100% libres de distorsión, se forma una imagen virtual ampliada del objeto que se desea observar.

En campo se utilizó lupas de 15 mm de diámetro con aumentos 10X y 20X para observar y reconocer a detalle los componentes minerales de una roca.

- ✓ **Lápiz rayador:** herramienta manual con forma de una varilla redonda delgada y una punta de tungsteno (dureza 5). Se lo utiliza para ver la dureza y posible grado de magnetismo de rocas.

Nos ayudó en campo a ver el grado de dureza de las rocas existentes.

- ✓ **Ácido clorhídrico (HCl):** también se lo conoce como ácido muriático. Es una disolución acuosa del gas cloruro de hidrógeno (HCl), muy corrosivo y ácido. Se lo utiliza como reactivo químico.

Ayudó en la zona de trabajo para identificar con precisión las rocas carbonatadas.

- ✓ **Cámara fotográfica digital:** dispositivo electrónico usado para capturar y almacenar fotografías electrónicamente en un formato digital. Las cámaras digitales modernas contienen dispositivos capaces de grabar sonido y/o video además de fotografías.

Para captar fotografías de la microcuenca se utilizó una cámara fotográfica digital Canon Powershot SX500, con 16MP de resolución y 30X de zoom óptico.

- ✓ **Computadora:** máquina electrónica que recibe y procesa datos para convertirlos en información útil. Ejecuta con exactitud y rapidez secuencias de instrucciones que son ordenadas, organizadas y sistematizadas de acuerdo a las posibilidades que brinde los lenguajes de programación y el hardware.

Para la elaboración de tesis se utilizó el software de sistema y para la elaboración de planos el Software para Sistemas de información Geográfica (ARC GIS 10.0).

- ✓ **Diversos útiles de escritorio:** papeles tamaño A4 y A2, memoria USB, CDs y DVDs, escalímetro, lápices y lapiceros de colores.

## CAPÍTULO IV

### GENERALIDADES

#### 1. Ubicación y Accesibilidad

El área de estudio, específicamente la Microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos se encuentra ubicada en el Flanco Occidental de la Cordillera de los Andes.

Políticamente se ubica en el departamento, provincia y distrito de Cajamarca.

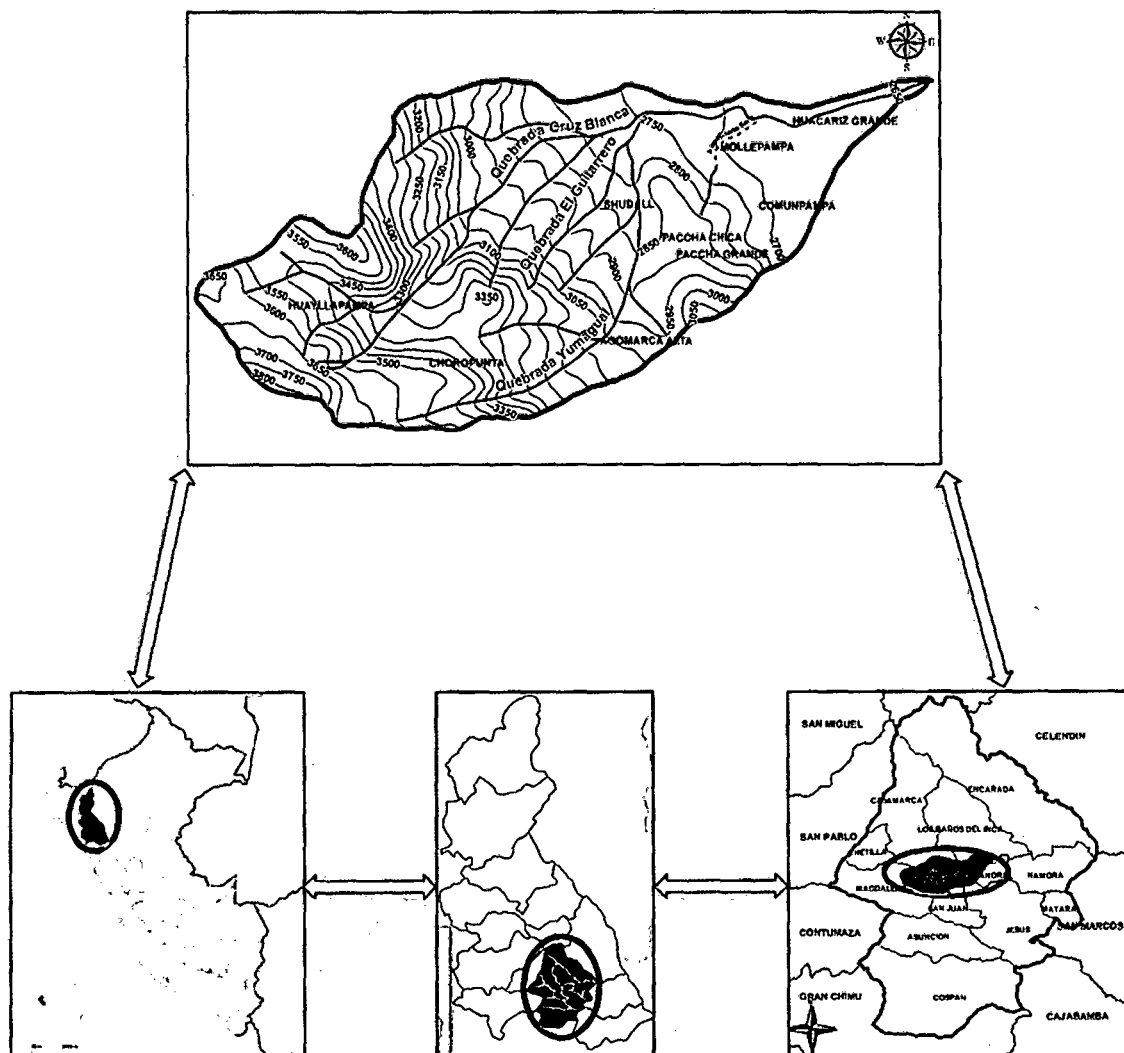


Figura N° 02. Ubicación de la zona de estudio (Microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos).

Comprende las cartas geológicas de Cajamarca (15-f) y San Marcos (15-g). Abarca caseríos como: Agomarca Alta, Amoshulca, Aylambo, Chinchimarca, Choropunta, Comunpampa, Huacariz Chico, Huacariz Grande, Huayllapampa, Mollepampa, Paccha Chica, Paccha Grande, Shucapampa y Shudall.

El eje principal de la Quebrada Cruz Blanca tiene punto de inicio y final teniendo como coordenadas (DATUM WGS 84) las siguientes:

**Tabla N° 02**  
**Puntos de inicio y final del eje principal de la Microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos (Quebrada Cruz Blanca, DATUM WGS 84).**

PUNTOS	LONGITUD	LATITUD
PUNTO INICIAL	771 210	9 202 855
PUNTO FINAL	779 345	9 205 330

El acceso es por vía terrestre y existen diversas rutas (carreteras, trochas carrozables y caminos de herradura) en toda el área de estudio los cuales son utilizados por los pobladores para trasladarse a sus comunidades y al mismo tiempo han facilitado el desplazamiento para recorrer y observar toda la zona de estudio y poder realizar la presente tesis.



**Foto N° 01. Camino de herradura transitada por pobladores del Caserío Shucapampa.**

A continuación se describen posibles rutas a tomar para llegar a zonas de la microcuenca:

- ✓ Se toma la carretera de Av. Independencia hasta el cruce con la Av. Héroes del Cenepa para luego seguir el camino de herradura Cruz Blanca con dirección SW-NW y recorrer algunas áreas de los caseríos de Aylambo, Chinchimarca, Choropunta y Huayllapampa.
- ✓ Se toma la carretera de Av. Alfonso Ugarte hasta el cruce con la Av. Héroes del Cenepa, posteriormente se toma los diversos caminos peatonales que existen para poder recorrer áreas de los caseríos de Shucapampa, Shudall, Paccha Chica, Paccha Grande, Agomarca Alta.
- ✓ Otro recorrido se toma la carretera de la Av. Vía de Evitamiento hasta el cruce con la Av. Industrial, posteriormente existen caminos peatonales en dirección NE y/o SW que recorren los caseríos de Huacariz Grande y Huacariz Chico hasta la desembocadura de la Quebrada Cruz Blanca siendo el río Mashcón.

## 2. **Clima**

En la microcuenca existe una ligera variación respecto al clima por los diversos pisos altitudinales existentes, sobresaliendo el siguiente tipo de clima:

- ✓ **Clima Semiseco, Templado y Semifrío**  
Se caracteriza porque la temperatura media anual máxima es 21,5°C (70,7°F) y la mínima 5,3°C (41,6°F). La estación de lluvias intensas se da de octubre hasta abril, la época seca que

corresponde al otoño y el invierno en el hemisferio sur se presenta entre los meses de mayo a setiembre. (Fuente: SENAMHI).

El periodo de sequía en la zona se presenta generalmente en los meses de abril a setiembre.

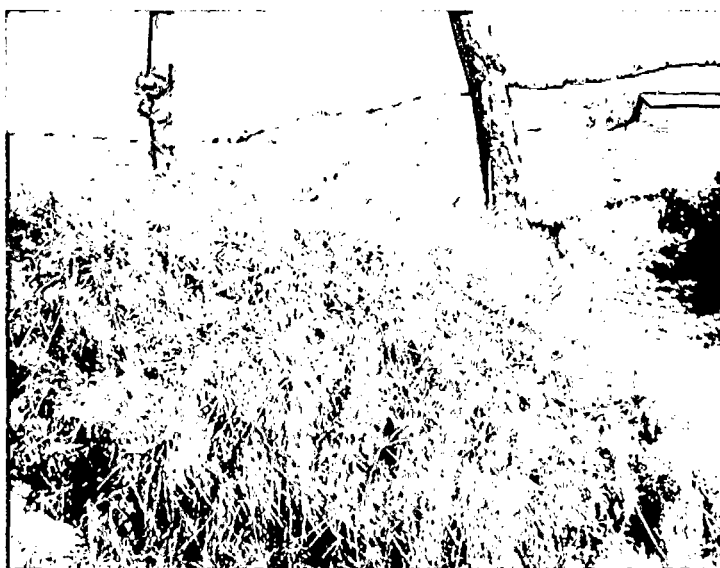
### **3. Vegetación**

En la microcuenca existe una vegetación variada y única. Se observa plantaciones de eucalipto, ciprés, molle, huarango y quishuares. Las especies de flora más representativas del clima semifrío son los arbustos de "ichu" o paja ichu.

A continuación se describe la vegetación existente tomando en consideración la parte alta, media y baja de la microcuenca en estudio.

#### **✓ Microcuenca Alta**

Existen plantas de eucalipto, quishuares, ciprés, pencas, tunas, y el ichu característico de la zona.



**Foto N° 02. Plantaciones de ichu y sembríos de avena en la parte alta de la microcuenca. (Caserío Huayllapampa)**





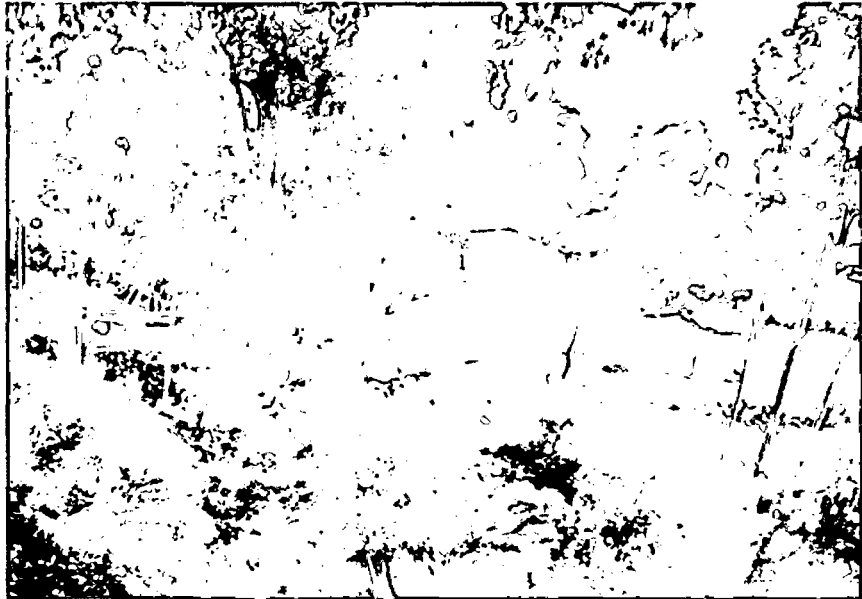
**Foto N° 03. Plantaciones de eucalipto y sembríos de avena en la margen derecha de la Quebrada Cruz Blanca. (Caserío Chinchimarca)**



**Foto N° 04. Arbustos de ciprés en la parte alta de la microcuenca (Caserío Choropunta).**

✓ **Microcuenca Media**

Sobresalen los arbustos de eucalipto, molle, aliso, carrizo y pencas así también tenemos sembríos de productos básicos de primera necesidad como maíz, alverja, habas, etc.



**Foto N° 05. Arbustos de molle y plantaciones de pencas en la parte media de la microcuenca. (Caserío Aylambo)**



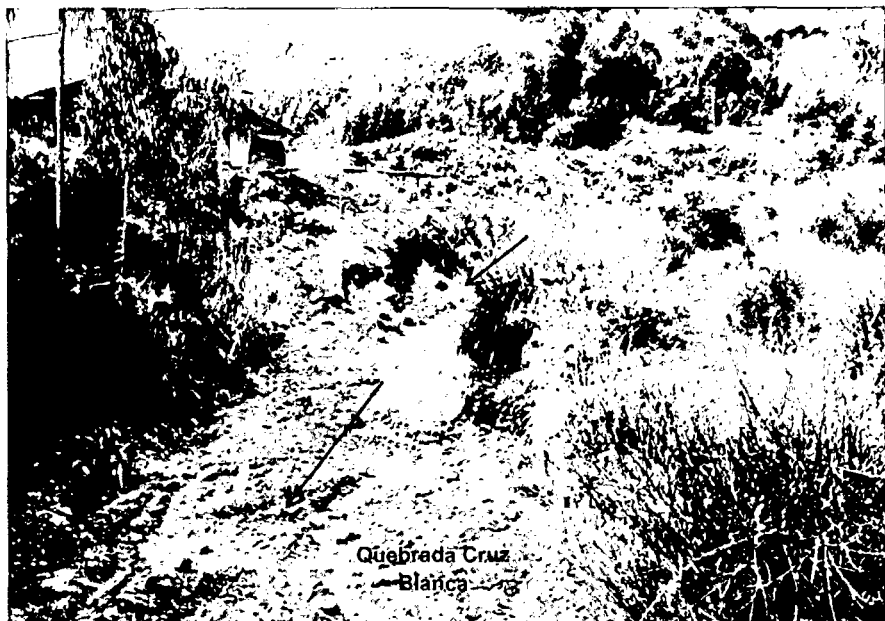
**Foto N° 06. Arbustos de eucalipto y sembríos de maíz. (Caserío Shucapampa)**



**Foto N° 07. Pencas y carrizales existentes en la parte media de la microcuenca. (Caserío Shucapampa)**

✓ **Microcuenca Baja**

Se observa arbustos de eucalipto, huarango, quishuares, penca, tuna y retama. Así también sembríos de alfalfa, cebada, pastos y productos de primera necesidad.



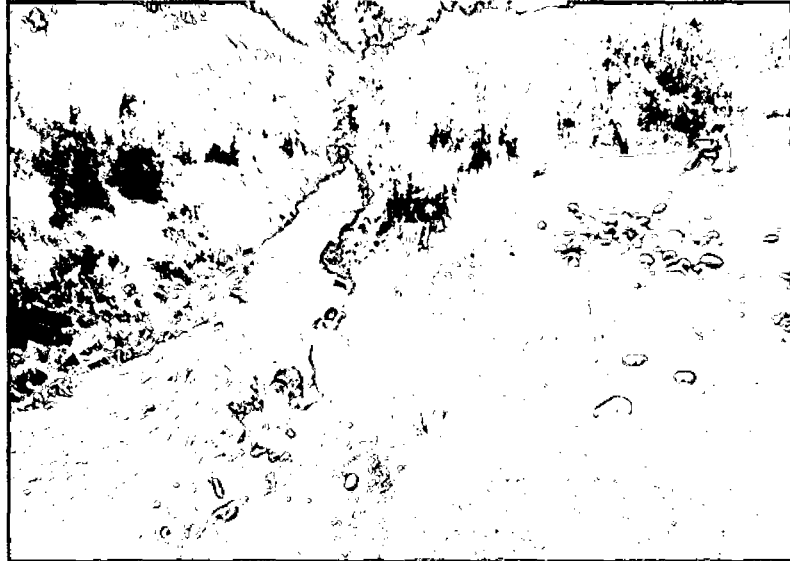
**Foto N° 08. Arbustos de molle, huarango, eucalipto y retama en la parte baja de la microcuenca, margen derecha de la Quebrada Cruz Blanca. (Caserío Mollepampa)**



**Foto N° 09. Sembríos de alfalfa y papa así como arbustos de eucalipto en la parte baja de la microcuenca.  
(Caserío Comunpampa)**



**Foto N° 10. Plantaciones de tuna y molle en la parte baja de la microcuenca.  
(Caserío Paccha Grande)**



**Foto N° 11. Arbustos de huarango y pasto para el ganado en la parte baja de la microcuenca. (Caserío Huacariz Chico)**

#### **4. Caseríos**

La Microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos abarca diversos caseríos y los pobladores realizan diversas actividades las cuales se describen a continuación:

- ✓ Microcuenca Alta  
Agricultura y ganadería.



**Foto N° 12. Sembríos de pastos y ganado ovino en los Caseríos Huayllapampa y Chinchimarca (Microcuenca alta).**

✓ Microcuenca Media

Agricultura, ganadería, artesanía.



*Foto N° 13. Sembríos de pastos en el Caserío de Aylambo (Microcuenca media).*

✓ Microcuenca Baja

Ganadería, sembríos de pastos y algunos productos de primera necesidad.



*Foto N° 14. Sembríos de maíz en el Caserío de Mollepampa (Microcuenca baja).*

## **CAPÍTULO V**

### **FISIOGRAFÍA**

#### **1. Introducción**

La Microcuenca Cruz Blanca – Los Chilcos tiene una dirección sureste – noreste. En la zona viven un cierto número de familias divididas en caseríos y utilizando y manejando los recursos naturales, principalmente el suelo, agua, vegetación y fauna.

De acuerdo al detalle de la topografía y escala de trabajo que se cuenta se pueden establecer tamaños mínimos de microcuencas. Este proceso se ve facilitado por paquetes informáticos que trabajan con la información raster generada por los modelos digitales de elevación.

Para el diseño del Modelo Geodinámico en estudio se tomó como base de elevaciones la proveniente de curvas de nivel de cartas topográficas 1:100,000 determinándose en el programa GIS el contorno de la Microcuenca.

#### **2. Microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos**

La Microcuenca Cruz Blanca – Los Chicos es de orden 3. La Quebrada Cruz Blanca es el eje principal de la microcuenca. La naciente de la microcuenca se encuentran entre los cerros Rumi Rumi y Hualacopuquio pertenecientes al Caserío de Huayllapampa.

En la zona predomina el drenaje tipo paralelo a subparalelo. Se observa terrazas sobretodo en la parte baja de la quebrada Cruz Blanca las que son utilizadas como áreas de sembríos.

La microcuenca involucra afluentes considerables con direcciones noreste y sureste que atraviesan los caseríos de Agomarca Alta, Amoshulca, Aylambo, Chinchimarca, Choropunta, Huacariz Chico, Huacariz Grande, Huayllapampa, Mollepampa, Paccha Chica, Shucapampa y Shudall. Cerca de la Av. San Martín existe un afluente seco en época de estiaje y a partir del cruce con esta avenida no hay afluente alguno y la Quebrada Cruz Blanca (eje principal de la Microcuenca) continúa su recorrido hasta la desembocadura.

Los ríos Mashcón y Chonta forman el Río Cajamarquino el mismo que pasa a ser un afluente del Río Crisnejas. El río Crisnejas es tributario del Río Marañón y posteriormente es afluente del Río Amazonas el cual desemboca en la Vertiente del Atlántico.

### **3. Correlación entre Cauces y Estructura Geológica**

En la microcuenca se observa que el tipo de materiales o rocas por las que atraviesa la Quebrada Cruz Blanca y sus afluentes presentan relaciones geodinámicas como erosión, deslizamientos y derrumbes, originando zonas de inestabilidad en ambas márgenes de la quebrada. Desde su nacimiento la Quebrada Cruz Blanca toma este nombre pero zonas de la parte baja algunos pobladores la conocen como Quebrada Los Chilcos. Los afluentes con dirección noreste y sureste muestran un control litológico pues corta las areniscas blancas de la formación Farrat, corta el contacto litológico entre Farrat y Carhuaz y seguidamente corta los paquetes de areniscas rojizas, limolitas blancas y lutitas grises de la formación Carhuáz. En ésta formación el recorrido tiene una dirección sureste – noreste pasando por las formaciones Chimú (areniscas gris blanquecinas) y Santa (afloramientos de lutitas y arcillitas carbonatadas). Continuando con la dirección noreste pasamos por los depósitos cuaternarios aluviales (arcilla, gravas gruesas, cantos y bloques sub-angulosos a angulosos), seguidamente con dirección



oeste – este cruzamos nuevamente la formación Carhuáz (areniscas rojizas, limolitas blancas y lutitas grises) y continúan los depósitos cuaternarios aluviales. Finalmente con dirección noreste cruzamos los depósitos cuaternarios lacustres (sedimentos de grano fino, predominando los limos y las arcillas) y fluviales (gravas y arena redondeadas, limos y arcilla estratificadas formadas por la acumulación de la quebrada y tributarios).

Cabe indicar que los afluentes muestran un drenaje paralelo a subparalelo.

## CAPÍTULO VI

### GEOMORFOLOGÍA

#### 1. Generalidades

La geomorfología es la ciencia que tiene como objeto el estudio de las formas de la superficie terrestre (relieve) enfocado a describir, entender su génesis y comprender su actual comportamiento. El término geomorfología proviene del griego: γῆ, es decir, geos (Tierra), μορφή o morfé (forma) y λόγος, logos (estudio, conocimiento). (*Curso de Geología, Tema 9 Geomorfología Aplicada, pág.2*)



Foto N° 15. Geomorfología de la zona en estudio (Microcuenca alta - media).

William Morris Davis tenía la idea tradicional que el desarrollo del relieve se explicaba a través de la gran inundación bíblica pero también supuso que otras causas eran *responsables de modelar la superficie de la Tierra y desarrolló una teoría de la creación y destrucción del paisaje*, a la cual llamó "ciclo geográfico" (ciclo geomorfológico).

La geomorfología de la Microcuenca Cruz Blanca – Los Chilcos es accidentada, tiene una altura mínima de 2640 y la máxima de 3820 msnm.

La zona presenta pendientes desde muy bajas a muy altas que nos permitirán reconocer, delimitar y clasificar las principales geoformas que son características más notables y resaltantes de su relieve y drenaje.

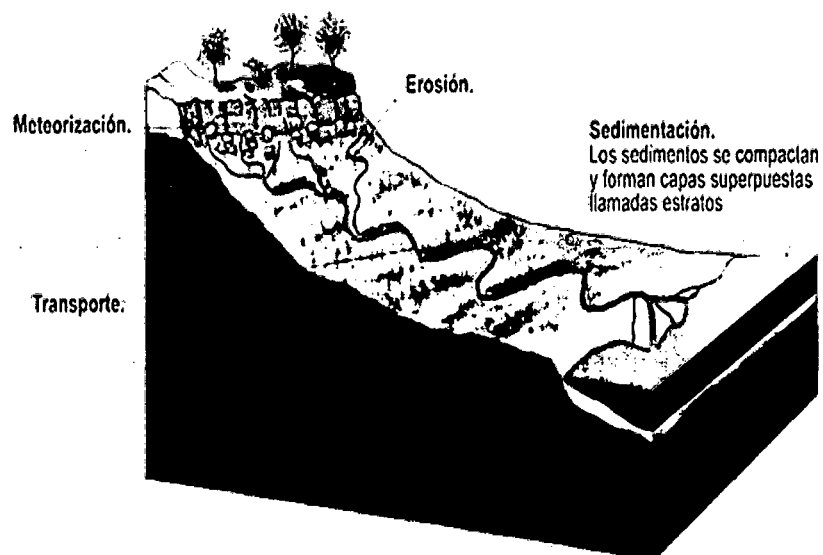
**Tabla N° 03**  
**Clasificación de pendientes de la zona de estudio.**

PENDIENTE (°)	TIPO
0 - 5	Muy Baja
5 - 15	Baja
15 - 30	Moderada
30 - 40	Alta
40 - 90	Muy Alta

FUENTE: elaboración propia.

Más del 50% del área de la microcuenca presenta de baja a muy baja pendiente.

Las distintas geoformas existentes en el área de estudio se deben a los procesos de meteorización, erosión, transporte y sedimentación.



**Figura N° 03. Procesos geológicos externos para el área de estudio.**  
FUENTE: <http://dc233.4shared.com/doc/IH-D-POn/preview.html>.



Foto N° 16. Rocas y fragmentos de rocas transportadas por el agua. (Caserío Choropunta).

## 2. Ciclo Geomorfológico

William Morris Davis explicaba que las montañas y demás accidentes geográficos están modelados por la influencia de una serie de factores. Indicó que el ciclo comienza con un relieve aplanado que sufre un brusco levantamiento por procesos geológicos (fallas, volcanismo, solevantamiento tectónico, etc.) y es sometido a una erosión prolongada bajo condiciones de estabilidad cortical.

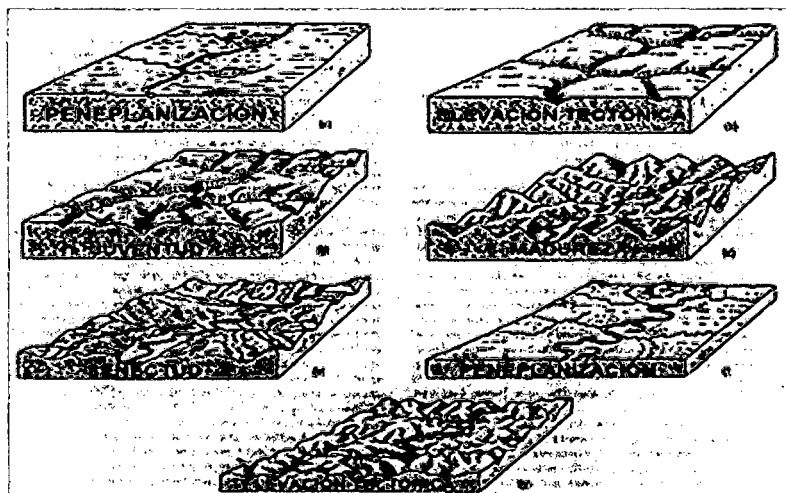


Figura N° 04. Etapas de erosión normal del relieve (Ciclo Geomorfológico).

FUENTE: <http://paqanprosperity.blogspot.com/2011/05/introduccion-la-geomorfologia-parte-ii.html>.

Este ciclo analiza el desarrollo de los cursos fluviales, las laderas y las interrupciones del ciclo ideal, reactivándose la erosión en función de su nuevo nivel de base.

Las etapas de erosión normal por las que pasa un relieve son: peneplanización, elevación tectónica, relieve juvenil, relieve maduro, relieve senil. Posteriormente ocurre el "rejuvenecimiento" y hay otro levantamiento de montañas continuando el ciclo.

- 2.1 Relieve Juvenil:** en el área de estudio este relieve se observa en los caseríos de Huayllapampa y Choropunta en donde también existen altiplanicies y colinas moderadamente empinadas.
- 2.2 Relieve Maduro:** este tipo de relieve es característico de los caseríos de Chinchimarca, Aylambo y Amoshulca en donde el cauce de la quebrada es más amplio que la zona de relieve joven.
- 2.3 Relieve Senil:** se observa este tipo de relieve en los caseríos de Mollepampa, Comunpampa, Huacariz Grande y Huacariz Chico los que forman parte del valle de Cajamarca.

### **3. Unidades Geomorfológicas**

Después de evaluar las etapas de erosión normales y los procesos geomorfológicos predominantes por los que pasa el relieve, en la Microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos se han definido algunas Unidades Geomorfológicas.

La descripción de cada unidad geomorfológica se ha realizado de acuerdo al origen, forma del relieve, pendiente y litología determinándose seis unidades geomorfológicas. En cada unidad se ha considerado la respectiva superficie y porcentaje que ocupa en el área de estudio.

**Tabla N° 04**  
**Superficie y porcentaje de las unidades geomorfológicas existentes en la**  
**Microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos.**

Unidad Geomorfológica	Símbolo	Área	Porcentaje %
Altiplanicie moderadamente empinada	AME	170	8.12
Colina baja moderadamente inclinada	CBME	600	28.67
Ladera moderadamente empinada	LME	733	35.02
Terraza inundable en depósitos aluviales	TIDA	270	12.90
Piedemonte aluvio lacustre	PAL	290	13.86
Piedemonte lacustre fluvial	PLF	30	1.43
<b>TOTAL</b>		<b>2093</b>	<b>100</b>

### **3.1 Altiplanicie Moderadamente Empinada**

Ocupa una extensión de 170 has. que equivale al 8.12% de la superficie total estudiada, comprende altitudes que van desde 3,500 hasta los 3,820 m.s.n.m. aproximadamente. Corresponde a zonas cuya superficie presentan ondulaciones pronunciadas y casi redondeadas, se localizan al oeste de la zona en estudio.

Litológicamente está constituida por rocas sedimentarias de las Formaciones geológicas Carhuáz, Farrat (Cretáceo Inferior) y Yumagual (Cretáceo Inferior Tardío y Superior Temprano) así como rocas del Volcánico Llama (Paleógeno).

A pesar de la topografía y clima en la gran mayoría de estas zonas, actualmente se viene practicando actividades agropecuarias con cultivos agrícolas anuales y pastos cultivados; excepcionalmente presentan afloramientos rocosos. La cobertura de ichu en algunas áreas restringe la ocurrencia de acciones erosivas actuales; sin embargo, existen zonas donde se evidencian leves procesos de erosión en surcos. Presenta pendientes entre 5 y 30°.



**Foto N° 17. Cerro Rumi Rumi, Altiplanicie Moderadamente Empinada con ichu en casi toda la zona. (Caserío Huayllapampa).**

### **3.2 Colina Baja Moderadamente Inclinada**

Tiene una extensión de 600 has. que equivale al 28.67% de la superficie total estudiada, se encuentra en altitudes entre los 3250 y los 3820 m.s.n.m. aproximadamente. Corresponde a zonas estructuralmente plegadas originadas por procesos erosionales cuya superficie presenta ligeras ondulaciones, se localizan al oeste, sur y suroeste de la zona de estudio.

Litológicamente está constituida por rocas sedimentarias de las Formaciones geológicas Carhuáz y Farrat pertenecientes al Cretáceo Inferior y Yumagual del Cretáceo Inferior Tardío y Superior Temprano así como rocas del Volcánico Llama (Paleógeno).

Actualmente, muchas de estas áreas están dedicadas a la agricultura, existiendo también áreas dedicadas al sobrepastoreo, los cuales traen como consecuencia el origen de una erosión porque la población no practican medidas conservacionistas. La pendiente dominante fluctúa en el rango de 15 a 40°.



**Foto N° 18. Colinas Bajas Moderadamente Empinadas entre los cerros Huanacaure y Chinarán (Caseríos Chinchimarca y Amoshulca).**

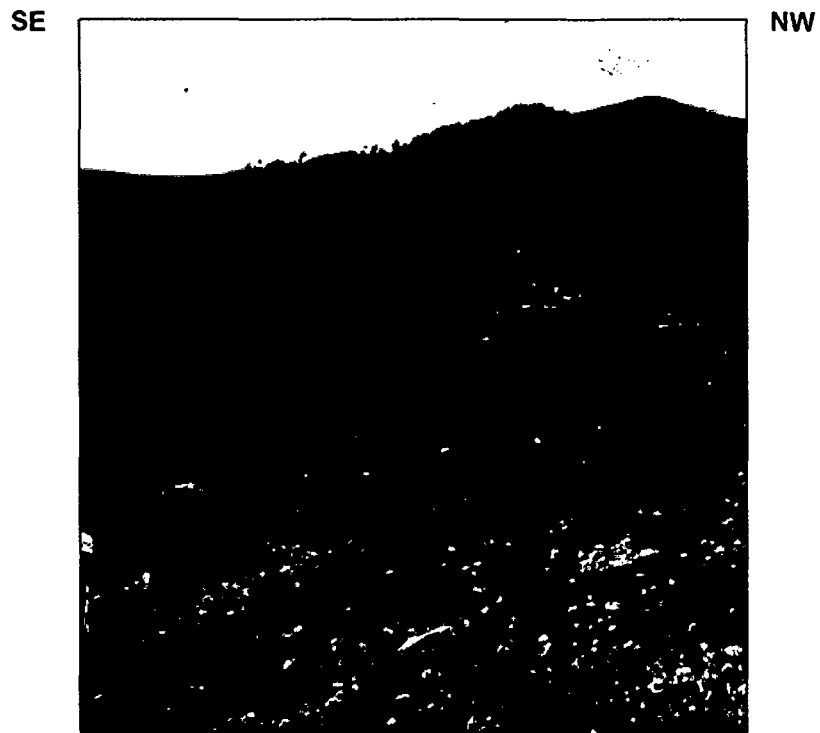
### **3.3 Ladera Moderadamente Empinada**

Ocupa una extensión de 733 has. que equivale al 35.02% de la superficie total estudiada, se ubica en diferentes pisos altitudinales, siendo la altura mínima de 2730 y la máxima de 3500 m.s.n.m. aproximadamente. Corresponde a zonas de topografía accidentada a poco accidentada conformada por laderas de montaña estructuralmente plegadas; los procesos geomorfológicos también corresponden a los de escorrentía superficial, cuya agua a su paso produce una leve erosión en las laderas y por la gravedad causa deslizamientos, asentamientos, reptación y desprendimientos. Se observa pequeños valles interandinos en los que existen algunas terrazas ubicadas por debajo de las laderas. Son unidades que se localizan de manera dispersa ocupando gran parte del área de estudio.

Litológicamente está constituida por rocas del Grupo Goyllarisquizga (Chimú, Santa, Carhuáz y Farrat) y del Grupo Crisnejas (Formación Pariatambo) pertenecientes al Cretáceo Inferior así como rocas del Volcánico Llama (Paleógeno). Se localizan al noroeste, sur y sureste de la zona de estudio.



En algunas zonas se practica la agricultura y el pastoreo intensivo. La mayoría de estas zonas actualmente están cubiertas por vegetación natural, pastos naturales y afloramientos rocosos. Presenta pendientes entre 5 y 25°.



**Foto N° 19. Ladera moderadamente empinada, se observa una leve erosión. (Caserío Agomarca Alta).**



**Foto N° 20. Cerro Shudall, ladera moderadamente empinada y una terraza pequeña debajo. (Caserío Shudall).**

### **3.4 Terraza Inundable en Depósitos Aluviales**

Ocupa una extensión de 270 has. que equivale al 12.90° de la superficie total estudiada, se ubican en altitudes entre los 2715 y 3060 m.s.n.m. aproximadamente. Corresponde a terrazas bajas formadas por sedimentos aluviales ubicadas a poca distancia de los ríos, que constituyen valles tributarios, de cauces anchos y angostos en sectores que han sido invadidos por casas y construcciones sobrepasando el área de la quebrada los mismos que están siendo expuestos a procesos recurrentes de inundación a consecuencia de las fuertes avenidas; son originadas por depósitos holocenos transportados por los ríos, producto de procesos externos dinámicos como deslizamientos, flujos y de la erosión misma que ocurre en las partes altas desde donde se origina el cauce de los ríos. En la actualidad estas zonas vienen siendo explotadas mediante prácticas agrícolas.

Se localizan en la riera de las Quebradas Aylambo y Cruz Blanca al norte, este y sureste de la zona en estudio. La pendiente dominante fluctúa entre 5 y 15°.



**Foto N° 21. Zona inundable, erosión en laderas del cauce sobre depósitos aluviales. (Caserío Shudall).**

### 3.5 Piedemonte Aluvio Lacustre

Comprende una extensión de 290 has. que equivale al 13.86% de la superficie total estudiada, comprende altitudes que van desde 2650 hasta 2750 m.s.n.m.

Se ubica al este y noreste de la zona y por su configuración geomorfológica ocupan las partes bajas del relieve, su origen radica en la acumulación de sedimentos aluviales y lacustres. Forman parte de la configuración de esta unidad geomorfológica las terrazas que se encuentran en la parte baja del eje principal de la microcuenca (Quebrada Cruz Blanca), conformando un inmenso valle donde actualmente se viene practicando la ganadería (ganado vacuno y ovino) y una agricultura intensiva; pero a la vez amenazados por el espectacular cambio de uso de la tierra intensificándose la expansión urbana. La pendiente dominante fluctúa entre 0 y 10°.

La zona altamente inestable de la microcuenca se encuentra en esta unidad geomorfológica y es la causante de diversas inundaciones que afectan las viviendas, ganadería y agricultura.



**Foto N° 22. Zona con pendiente de 5° aproximadamente cubierta de depósitos aluvio lacustre, actualmente como zona de expansión urbana. (Caserío Mollepampa).**

### 3.6 Piedemonte Lacustre Fluvial

Comprende una extensión de 30 has que equivale al 1.43% de la superficie total estudiada, está ubicado entre las altitudes desde 2640 hasta 2650 m.s.n.m.

Se ubica al noreste de la zona y por su configuración geomorfológica ocupan las partes más bajas del relieve y está formado por sedimentos lacustres y fluviales. En esta zona se practica con más intensidad la ganadería (ganado vacuno y ovino) y agricultura así como se vienen produciendo desbordes y erosión lateral los que afectan a terrenos y sembríos. Existen pequeños bofedales en la zona. La pendiente dominante fluctúa entre 0 y 5°.



*Foto N° 23. Zona lacustre fluvial con sembríos de pastos.  
(Caserío Huacariz Chico).*

## 4. Parámetros Geomorfológicos

En la Microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos se han calculado los siguientes parámetros:

#### 4.1 Área de la Microcuenca

**Tabla N° 05**  
*Clasificación de un sistema hidrológico por el área y número de orden.*

<b>Cuadro N° 01. Tamaño relativo de los sistemas hidrológicos</b>		
<b>Unid. Hidrológica</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b># de Orden</b>
Micro cuenca	10 - 100	1, 2, 3
Sub cuenca	101 - 700	4, 5
Cuenca	> 700	6 a más

FUENTE: Ortiz, O. (2004). Publicado en la Revista Internacional HIDRORED, Evaluación Hidrológica, Cuadro 01 (p. 3).

$$A = 20.93 \text{ km}^2$$

Según la *Tabla N° 04*, la unidad hidrológica en estudio es una microcuenca

#### 4.2 Perímetro de la Microcuenca

$$P = 21.88 \text{ km}$$

#### 4.3 Longitud del Cauce Principal

**Tabla N° 06**  
*Clases de longitud del cauce principal en una microcuenca.*

<b>Tabla 1. Clases de valores de longitud del cauce principal</b>	
<b>Rangos de longitud</b>	<b>Clases de longitud del cauce</b>
6.9-10.9	Corto
11-15	Mediano
15.1-19.1	Largo

FUENTE: ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE CUENCAS: CASO DE ESTUDIO DEL PARQUE NACIONAL PICO DE TANCÍTARO. INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA, México - Julio 2004. *Tabla 1.*

$$L = 9.60 \text{ km}$$

Según la *Tabla N° 05* el cauce principal de la microcuenca tiene una longitud **corta**.

#### 4.4 Ancho Promedio de la Microcuenca

$$W = \frac{A}{L}$$

Dónde:

W: Ancho de la microcuenca (km)

A: Área = 20.93 km<sup>2</sup>

L: Longitud del cauce principal = 9.60 km

$$W = \frac{20.93}{9.60}$$

$$W = 2.18 \text{ km}$$

#### 4.5 Forma de la Microcuenca

##### 4.5.1 Coeficiente de Forma

*Tabla N° 07*  
*Clases de microcuenca según el factor de forma.*

Tabla 5. Clases de valores de forma	
Rangos de $K_f$	Clases de forma
.01-.18	Muy poco achatada
.18-.36	Ligeramente achatada
.36-.54	Moderadamente achatada

FUENTE: ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE CUENCAS: CASO DE ESTUDIO DEL PARQUE NACIONAL PICO DE TANCÍTARO. INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA, México - Julio 2004. *Tabla 5.*

$$Kf = \frac{A}{L^2}$$

Dónde:

Kf: Factor de forma

A: Área = 20.93 km<sup>2</sup>

L: Longitud del cauce principal = 9.60 km

$$Kf = \frac{20.93}{9.60^2}$$

$$Kf = 0.23$$

Según la *Tabla N° 06* la microcuenca tiene una forma **ligeramente achatada**.

#### 4.5.2 Coeficiente de Compacidad o Índice de Gravelius

*Tabla N° 08*  
*Clases de compacidad en una microcuenca.*

Tabla 6. Clases de valores de compacidad.	
Rangos de $K_c$	Clases de compacidad
- 1.25	Redonda a oval redonda
1.25 – 1.50	De oval redonda a oval oblonga
1.50 – 1.75	De oval oblonga a rectangular oblonga

FUENTE: ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE CUENCAS: CASO DE ESTUDIO DEL PARQUE NACIONAL PICO DE TANCÍTARO. INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA, México - Julio 2004. *Tabla 6.*

$$Kc = 0.282 * \left(\frac{P}{\sqrt{A}}\right)$$

Dónde:

Kc: Coeficiente de Compacidad.

P: Perímetro de la microcuenca = 21.88 km

A: Área total de la microcuenca = 20.93 km<sup>2</sup>

$$Kc = 0.282 * \left( \frac{21.88}{\sqrt{20.93}} \right)$$

$$Kc = 1.35$$

Según la Tabla N° 07 la microcuenca tiene una **compacidad de oval redonda a oval oblonga**.

#### 4.6 Rectángulo Equivalente

**Lado Mayor**

$$L = \left( \frac{P}{4} \right) + \sqrt{\left( \frac{P}{4} \right)^2 - A}$$

Dónde:

P: Perímetro de la microcuenca = 21.88 km

A: Área total de la microcuenca = 20.93 km<sup>2</sup>

$$L = \left( \frac{21.88}{4} \right) + \sqrt{\left( \frac{21.88}{4} \right)^2 - 20.93}$$

$$Lm = 8.468 \text{ km}$$

**Lado Menor**

$$l = \left( \frac{P}{4} \right) - \sqrt{\left( \frac{P}{4} \right)^2 - A}$$

Dónde:

P: Perímetro de la microcuenca = 21.88 km

A: Área total de la microcuenca = 20.93 km<sup>2</sup>



$$l = \left(\frac{21.88}{4}\right) - \sqrt{\left(\frac{21.88}{4}\right)^2 - 20.93}$$

$$l = 2.472 \text{ km}$$

Con estos datos del rectángulo equivalente encontramos que el área, coeficiente de compacidad y perímetro son equivalentes a los datos de la microcuenca:

$$Ar = 8.468 * 2.472$$

$$Ar = 20.93 \text{ km}^2$$

$$Pr = 8.468(2) + 2.472(2)$$

$$Pr = 21.88 \text{ km}$$

$$Kcr = 0.282 * \left(\frac{21.88}{\sqrt{20.93}}\right)$$

$$Kcr = 1.35$$

## 4.7 Sistema de Drenaje

### 4.7.1 Orden de Drenaje

**Tabla N° 09**  
**Mediciones y número de corrientes de la**  
**Microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos.**

ORDEN	N° DE CORRIENTES
1	14
2	7
3	6
<b>TOTAL</b>	<b>27</b>
<b>Longitud Total de Ríos (km)</b>	<b>31.37</b>



Li: Longitud total de cursos de agua = 31.37 km

A: Área = 20.93 km<sup>2</sup>

$$Dd = \frac{Li}{A}$$

$$Dd = \frac{31.37}{20.93}$$

$$Dd = 1.50 \text{ km/km}^2$$

**Tabla N° 11**  
*Clases de densidad de drenaje en una microcuenca.*

<b>Tabla 10. Clases de densidad de drenaje</b>	
<b>Rangos de densidad</b>	<b>Clases</b>
1-1.8	Baja
1.9-3.6	Moderada
3.7-5.6	Alta

FUENTE: ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE CUENCAS: CASO DE ESTUDIO DEL PARQUE NACIONAL PICO DE TANCÍTARO. INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA, México - Julio 2004. Tabla 10.

Según la *Tabla N° 10* la microcuenca tiene una densidad de drenaje **baja**.

#### 4.7.3 Extensión Media de Esgurrimiento Superficial

La distancia media en la microcuenca es:

$$Es = \frac{A}{4Li}$$

Dónde:

Es: Extensión media de esgurrimiento superficial.

A: Área = 20.93 km<sup>2</sup>

Li: Longitud total de cursos de agua = 31.37 km

$$Es = \frac{A}{4Li}$$

$$Es = \frac{20.93}{4 * 31.37}$$

$$Es = 0.17 \text{ km}$$

#### 4.7.4 Frecuencia de Ríos ó (Densidad de Corrientes)

$$Fr = \frac{Nc}{A}$$

Dónde:

Fr: Frecuencia de los ríos.

Nc: Número de corrientes

A: Área de la microcuenca = 20.93 km<sup>2</sup>

$$Fr = \frac{27}{20.93}$$

$$Fr = 1.29$$

#### 4.7.5 Radio de Elongación

$$Re = \frac{1.128\sqrt{A}}{L}$$

Dónde:

Re: Radio de elongación (km).

A: Área de la microcuenca = 20.93 km<sup>2</sup>

L: Longitud del cauce principal = 9.60 km

$$Re = \frac{1.128\sqrt{20.93}}{9.60}$$

$$Re = 0.54 \text{ km}$$

#### 4.7.6 Pendiente Media del Cauce Principal

$$S_0 = \frac{HM - Hm}{L}$$

Dónde:

S<sub>0</sub>: Pendiente del cauce principal

HM: Altura máxima = 3820 m

Hm: Altura mínima = 2640 m

L: Longitud del cauce principal = 9.60 km = 9597 m

$$S_0 = \frac{3820 - 2640}{9597}$$

$$S_0 = \frac{1180}{9597}$$

$$S_0 = 12.2955\%$$

$$S_c^\circ = 5.53^\circ$$

#### 4.7.7 Coeficiente de Torrencialidad

$$Ct = \frac{\text{N}^\circ \text{ DE CURSOS DE AGUA DE ORDEN 1}}{A}$$

Dónde:

Ct: Coeficiente de Torrencialidad.

A: Área de la microcuenca = 20.93 km<sup>2</sup>

$$Ct = \frac{14}{20.93}$$

**Ct = 0.67**

Los parámetros morfológicos y cálculos obtenidos en la Microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos se resumen en la siguiente tabla:

**Tabla N° 12**  
**Parámetros geomorfológicos de la Microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos.**

MICROCUEENCA CRUZ BLANCA - LOS CHILCOS			
Parámetro Geomorfológico	Símbolo	Valor	Interpretación
Área (km <sup>2</sup> ).	A	20.93	MICROCUEENCA
Perímetro (km).	P	21.88	MICROCUEENCA
Longitud del cauce principal (km).	L	9.60	CORTO
Ancho Promedio (km).	W	2.18	MICROCUEENCA
Coefficiente de forma.	Kf	0.23	LIGERAMENTE ACHATADA
Coefficiente de compacidad ó índice de Gravelius.	Kc	1.35	DE OVAL REDONDA A OVAL OBLONGA
Rectángulo equivalente (km).	Lm	8.468	MICROCUEENCA
	l	8.471	
Orden de drenaje.		3.00	MEDIO
Densidad de drenaje (km/km <sup>2</sup> ):	Dd	1.50	BAJA
Extensión media de escurrimiento superficial (km).	Es	0.17	DISTANCIA AL AFLUENTE MAS CERCANO
Frecuencia de ríos ó densidad de corrientes.	Fr	1.29	CURSOS DE AGUA EN RELACIÓN CON EL ÁREA
Radio de elongación (km).	Re	0.54	-
Pendiente del cauce principal (°).	S <sub>m</sub>	5.53	DESNIVEL ALTITUDINAL Y LONGITUD
Coefficiente de torrencialidad.	Ct	0.67	GRADO DE ERODABILIDAD

## **CAPÍTULO VII**

### **GEOLOGÍA LOCAL**

#### **1. Geología de la Microcuenca**

En el área que comprende la Microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos existen unidades litológicas sedimentarias, volcánicas y depósitos cuaternarios con una edad que varía desde el Berriasiano hasta el Cenomaniano.

Se ha considerado como referencia el estudio realizado por L. Reyes en 1980, "Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba" (Boletín 31) y la columna estratigráfica indicada por la Bach. Herrera E., (2012) en la Tesis: Estudio Estratigráfico del Cretáceo Superior en los Alrededores de la Ciudad de Cajamarca.

En la Microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos tenemos unidades litoestratigráficas del Paleógeno y del Cretáceo (Superior e Inferior) como las siguientes:

- ✓ Cuaternario: Depósitos Cuaternarios (aluvial, fluvial y lacustre)
- ✓ Paleógeno: Grupo Calipuy (Volcánico Llama).
- ✓ Cretáceo Inferior Tardío - Superior Temprano: Grupo Pulluicana (Formación Yumagual).
- ✓ Cretáceo Inferior: Grupo Crisnejas (Formación Pariatambo) y Grupo Goyllarisquizga (Chimú, Santa, Carhuáz y Farrat).

#### **2. Estratigrafía**

A continuación se describen las unidades litoestratigráficas existentes en la microcuenca:

## 2.1 CRETÁCEO INFERIOR

### 2.1.1 Grupo Goyllarisquizga

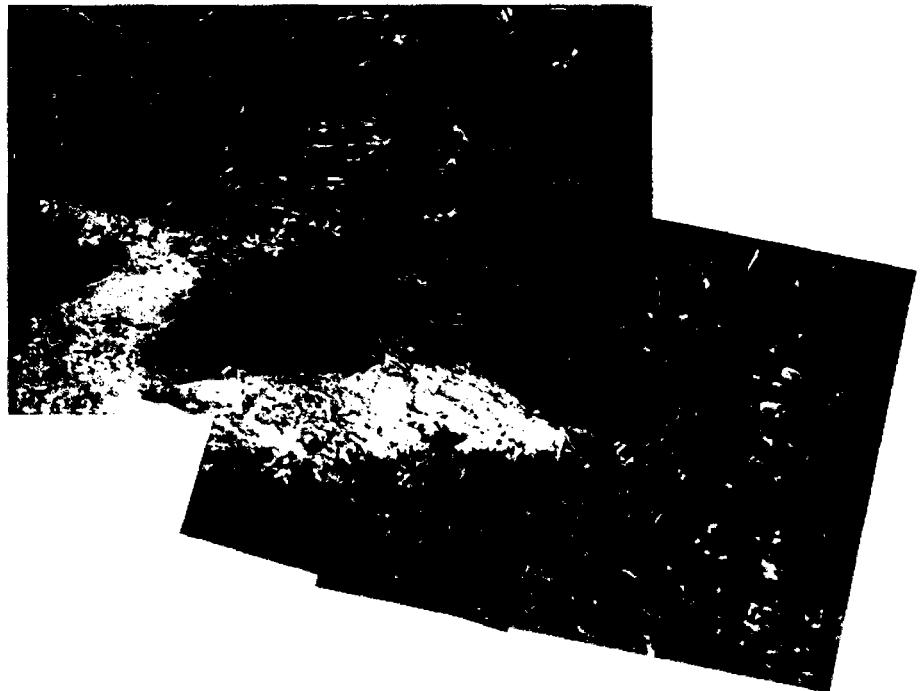
Este grupo ha sido estudiado en sus facies de microcuenca diferenciando las formaciones Chimú, Santa, Carhuáz y Farrat.

#### 2.1.1.1 Formación Chimú

##### Litología

Esta formación fue designada con este nombre por BENAVIDES (1956). Está constituida por bancos gruesos de areniscas y areniscas cuarzosas gris blanquecinas, de grano fino a grueso, con intercalaciones de lutitas de color negro.

Se observa en algunas zonas un miembro lutáceo y delgados mantos de carbón con intercalaciones de areniscas cuarzosas. Esta formación tiene un espesor aproximado de 600 m. (Reyes, 1980).



**Foto N° 24. Anticlinal en areniscas gris amarillentas con intercalaciones de lutitas negras (Caserío Chinchimarca). Ubicación. N: 9203684, E: 773833.**





**Foto N° 25. Areniscas gris blanquecinas de la Formación Chimú (Caserío Chinchimarca).**



**Foto N° 26. Bancos de areniscas con intercalaciones de lutitas (Caserío Amoshulca).**

### **Paleontología – Edad**

No existe evidencia de fósiles por ser genéticamente de ambiente oxigenado pero por las relaciones estratigráficas se ubica en el Valanginiano Inferior (Benavides, 1956; Wilson, 1962) a Medio (Reyes, 1980).

## **Ambiente de Depositación**

Esta formación corresponde a una paleogeografía de carácter continental deltaico, sufriendo continuamente procesos transgresivos y regresivos, así como estadios de ambiente anóxico pantanoso, en el que se forman los horizontes carbonosos (Ríos, 2005, p.17).

## **Relación Estratigráfica**

Sobreyace a la Formación Chicama e infrayace a las secuencias carbonatadas de la Formación Santa.

### **2.1.1.2 Formación Santa**

#### **Litología**

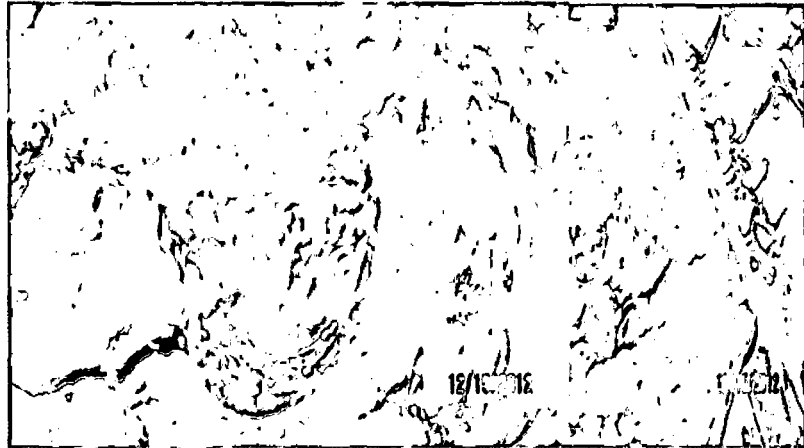
Esta formación fue designada con este nombre por BENAVIDES (1956). La formación presenta lutitas y limolitas gris oscuras con intercalaciones de areniscas gris oscuras y arcillitas calcáreas. Tiene un espesor aproximado entre 100 y 120 m.



**Foto N° 27. Topografía cárstica en rocas calcáreas ubicadas en la margen izquierda de la Quebrada Cruz Blanca (Caserío Aylambo). Ubicación. N: 9203782, E: 773862.**

## **Paleontología – Edad**

En algunos sectores se encontraron Gasterópodos y especies como Paraglauconia Strombiformis, Protocardia y Dobrodgeiceras Broggianum (Valanginiano Superior) por lo que a la formación se le asigna el Valanginiano.



*Foto N° 28. Fósiles pequeños de la Formación Santa.*

## **Ambiente de Deposición**

Se depositó en un ambiente marino somero (limo arcillitas y lutitas) de aguas salobres muy cercano a la costa (leve transgresión marina – REYES L. 1980).

Representa una transgresión marina de corta duración (Lagos, 2007).

## **Relación Estratigráfica**

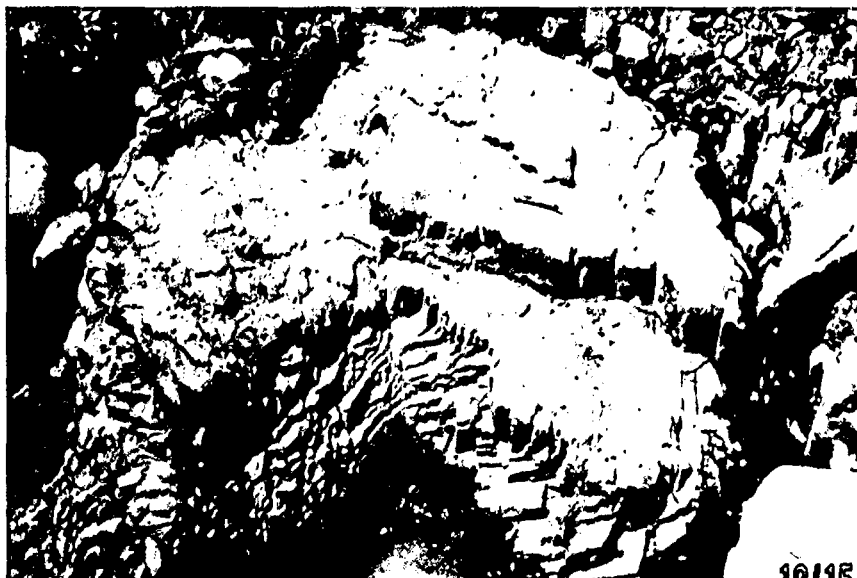
Sobreyace a la Formación Chimú e infrayace a la Formación Carhuáz.

### **2.1.1.3 Formación Carhuáz**

#### **Litología**

La formación fue descrita inicialmente por BENAVIDES (1956).

Consta de una alternancia de lutitas marrones a gris oscuras y en estratos delgados areniscas gris amarillentas a rojizas de grano fino.

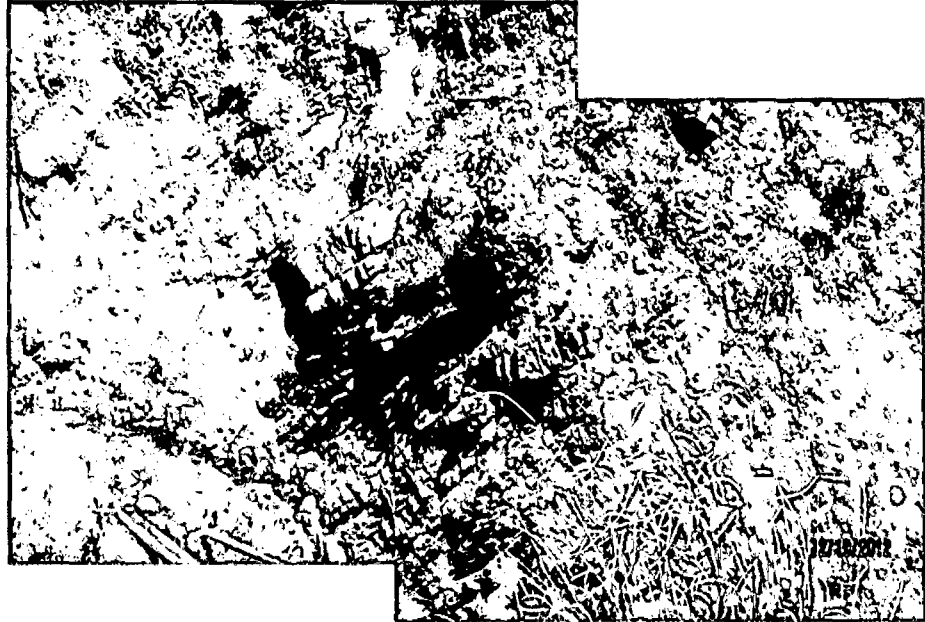


**Foto N° 29. Lutitas grises amarillentas ubicadas en la margen derecha de la Quebrada Cruz Blanca (Caserío Aylambo).**

Se observa estratificación cruzada en algunos sectores. Tiene un espesor promedio de 360 – 380 m.



**Foto N° 30. Areniscas gris amarillentas de grano fino, ligeramente meteorizadas ubicadas en la margen izquierda de la Quebrada Cruz Blanca (Caserío Aylambo).**



**Foto N° 31. Pizarras gris oscuras, ligeramente bituminosas, grano fino, ligeramente meteorizadas ubicadas en la margen izquierda de la Quebrada Cruz Blanca (Caserío Aylambo). Ubicación. N: 9202757, E: 772572.**

### **Paleontología – Edad**

En algunos sectores se encontró flora fósil que según el Informe Paleontológico de M. Aldana (2008) pertenece a:

Weichselia peruviana ZEILLER (improntas de ramas y hojas), (Cassiope) neumayri (NAGAO), Paraglauconia strombiformis (SCHLOTHEIM), Corbícula sp. y Pelourdia sp.; por lo que a la formación se le asigna el Hauteriviano Medio a Superior.

### **Ambiente de Depositación**

Se depositó en un ambiente continental muy cercano a la zona transicional (típico lacustrino) abundante bioturbación, laminación cruzada y grietas de desecación.

### **Relación Estratigráfica**

Sobreyace en una supuesta concordancia a la Formación Santa e infrayace a la Formación Farrat.

#### **2.1.1.4 Formación Farrat**

##### **Litología**

Compuesta por areniscas gris blanquecinas y grises de grano medio a grueso con intercalaciones de lutitas de color negro. Como sus características litológicas son similares a la Formación Chimú para poder diferenciarlo en campo es necesario establecer cuidadosamente las relaciones estratigráficas (ubicar a las Formaciones Santa y Carhuáz) pero en algunos casos solamente por la falta de mantos de carbón se lo diferencia de la Formación Chimú.

En algunos estratos se puede observar que existe estratificación cruzada. Tiene un espesor promedio de 200 – 230 m.



*Foto N° 32. Areniscas amarillentas meteorizadas, grano medio, ubicadas en la margen derecha de la Quebrada Cruz Blanca (Caserío Huayllapampa).*

##### **Paleontología – Edad**

No existe evidencia de fósiles pero por las relaciones estratigráficas se ubica en el Aptiano.

## **Ambiente de Depositación**

Tomando en consideración las características litológicas se ha depositado en un ambiente litoral – playero.

## **Relación Estratigráfica**

Sobreyace con aparente concordancia a la Formación Carhuáz e infrayace de forma similar a la Formación Inca.

### **2.1.2 Grupo Crisnejas**

#### **2.1.2.1 Formación Pariatambo**

### **Litología**

Esta formación fue estudiada inicialmente por LAUGHLIN (1925). Alternancia de calizas bituminosas negras a gris oscuras con nódulos calcáreos y estratos delgados de lutitas calcáreas bituminosas negras a grises.

Presencia de nódulos silíceos (chert) y dolomíticos que al fracturarlos emiten un olor fétido. Estratos delgados de margas gris oscuro.

### **Paleontología – Edad**

Se caracteriza por la presencia de amonites así como pelecípedos y gasterópodos sobresaliendo: *Oxitropidoceras carbonarium*, *Dipoloceras*, *ostrea*, *Brancoceratidae*.

Por presencia del fósil *Oxitropidoceras carbonarium* le corresponde el Albiano Medio (Benavides, 1956).

## **Ambiente de Depositación**

Se ha depositado en un ambiente marino anaeróbico poco profundo con abundante desarrollo de vida subacuática por el contenido bituminoso y la poca circulación vertical de agua en la cuenca se debe a la presencia de facies euxínica.

## **Relación Estratigráfica**

Sobreyace concordante a la Formación Chulec e infrayace con suave discordancia a la Formación Yumagual.

## **2.2 CRETÁCEO INFERIOR TARDÍO - SUPERIOR TEMPRANO**

### **2.2.1 Grupo Pulluicana**

#### **2.2.1.1 Formación Yumagual**

### **Litología**

Esta formación presenta alternancias de calizas masivas y margas gris parduzcas a amarillentas, de grano fino en estratos uniformes con zonas de lutitas margosas amarillentas y areniscas de grano fino.

Presenta estratificación ondulada y en la base estratificación cruzada. Existen bancos calcáreos con restos de fósiles como la Oxitropidoceras. Espesor de 200 m.

### **Paleontología – Edad**

Tenemos fósiles como: Lopho, Liophista los cuales indican que la formación representa al Albiano Superior y parte del Cenomaniano (Benavides, 1956).

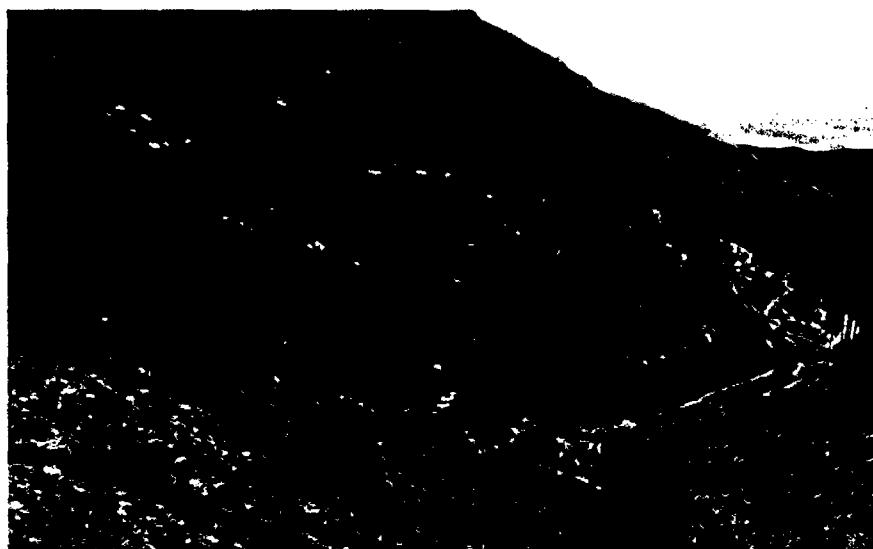


## **Ambiente de Depositación**

Se ha depositado en un ambiente marino somero de plataforma.

## **Relación Estratigráfica**

Sobreyace concordante a la Formación Pariatambo e infrayace a la Formación Quilquiñán Mujarrún.



*Foto N° 33. Afloramiento de calizas ligeramente onduladas, en la margen derecha de la Quebrada Cruz Blanca (Caserío Choropunta).*

## **2.3 PALEÓGENO**

### **2.3.1 Volcánico Llama**

Consiste en una secuencia de andesitas y dacitas porfiríticas de variados colores por los fuertes procesos de lixiviación y meteorización. Se observa intercalaciones de areniscas rojizas, aglomerados y brechas.

## **2.4 DEPÓSITOS CUATERNARIOS**

Estos depósitos se ubican cronológicamente en el Holoceno y se componen de fragmentos de rocas preexistentes.

Están formados por la acción de los procesos geomorfológicos y climáticos, debido principalmente al medio de transporte (agua, viento) y a la meteorización. Los distintos medios de sedimentación han originado una serie de depósitos cuyas características están relacionadas con las condiciones de formación de estos sedimentos. Así, la clasificación de los materiales, granulometría, forma y tamaño, dependen del medio de transporte.

Conociendo los factores geomorfológicos y climáticos, es posible prever la disposición y geometría del depósito, propiedades físicas y otros aspectos de interés.

En función de las relaciones geológicas los depósitos sedimentarios pueden ser de origen: aluvial, fluvial, lacustre, glacial y fluvioglacial. En la zona de estudio tenemos depósitos aluviales, lacustres y fluviales que ocupan la parte baja con un área de 5.69 km<sup>2</sup>.

#### **2.4.1 Depósitos Aluviales**

Se distribuyen en forma estratiforme. Están muy desarrollados en los cauces, llanuras y terrazas. Son suelos muy anisotrópicos en su distribución, sus propiedades están estrechamente relacionadas con la granulometría. La permeabilidad depende de la granulometría y generalmente presentan un nivel freático alto.

En la microcuenca estos depósitos han sido transportados y depositados por el agua. Su tamaño varía desde la arcilla hasta las gravas gruesas, cantos y bloques sub-angulosos a sub-redondeados. Es el tipo de depósito con mayor extensión en la zona ocupando un área de 5.33 km<sup>2</sup>. Por sus características geotécnicas estos depósitos constituyen una fuente de recursos de materiales de construcción es por ello que algunas áreas los extraen.

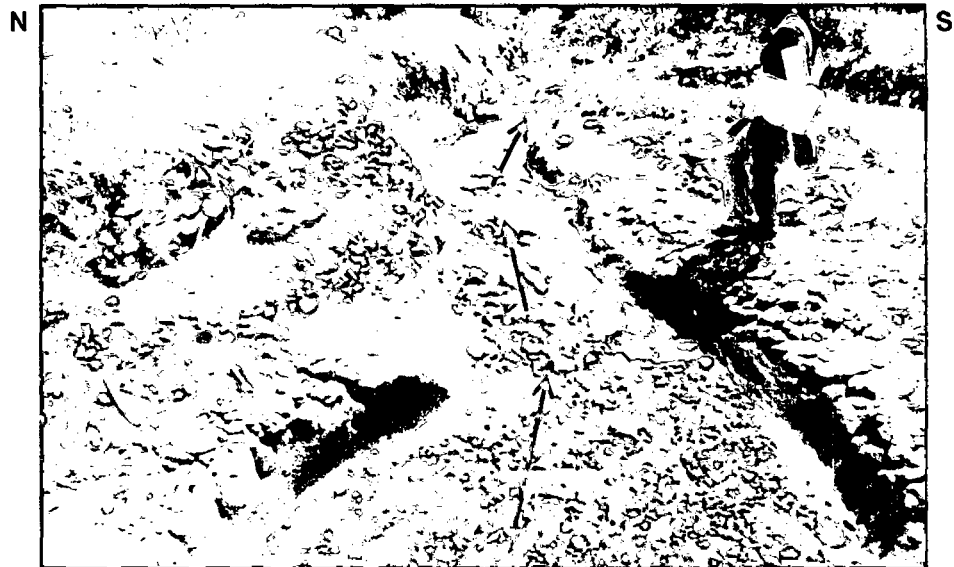


Foto N° 34. Depósito aluvial ubicado en la Quebrada Cruz Blanca (Caserío Mollepampa).

#### 2.4.2 Depósitos Fluviales

Es el ambiente más importante de la tierra firme por la acción de agua en movimiento, por la energía del agua y por el conjunto de erosión, transporte y sedimentación en el mismo ambiente. Dependen fuertemente de las condiciones climáticas. Los sedimentos propios de estos ambientes son depositados por la actividad de los ríos y forman una cuantitativa parte de las principales cuencas sedimentarias.

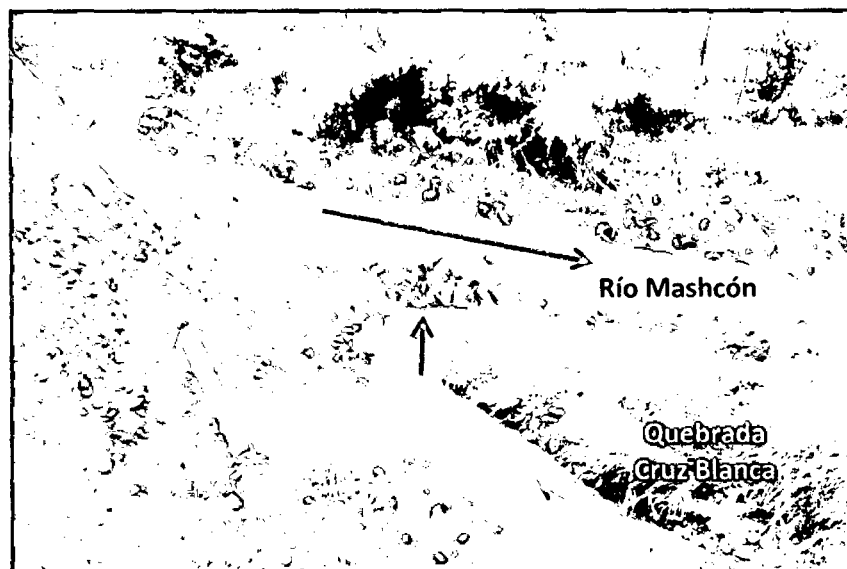


Foto N° 35. Depósito fluvial ubicado en la margen derecha de la desembocadura de la Quebrada Cruz Blanca (Caserío Huacariz Chico).

Los depósitos fluviales que existen en el área presentan gravas y arena redondeada, limos y arcilla estratificadas formadas por la acumulación reciente de la quebrada y sus tributarios. Ocupan una extensión de 0.03 km<sup>2</sup> y están cubiertos por pastos naturales y vegetación.

### **2.4.3 Depósitos Lacustres**

Las principales propiedades están en relación a su alto contenido en materia orgánica, siendo en general suelos muy blandos. También se pueden encontrar arcillas asociadas a estos suelos.

En la microcuenca estos depósitos están formados en general por sedimentos de grano fino, predominando los limos y las arcillas. Ocupan un área de 0.33 km<sup>2</sup>.

## CAPÍTULO VIII

### GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

#### 1. Aspectos Estructurales

Estructuralmente la microcuenca muestra evidencias de haber soportado movimientos epirogénicos y orogénicos de diferente intensidad causando deformaciones en las rocas. Para un mejor desarrollo se lo ha clasificado en microcuenca baja, media y alta.

##### ✓ **Microcuenca Baja**

El área correspondiente a la parte baja de la Microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos se caracteriza por presentar una tectónica con escasa presencia de estructuras. Se observa cambios de buzamiento y escasos plegamientos en la Formación Chimú.

La mayor parte del área de la Microcuenca Baja lo conforma los depósitos cuaternarios (Depósitos aluviales, fluviales y lacustres), los cuales no presentan evidencias de estructuras geológicas.

La Quebrada Cruz Blanca tiene un curso casi recto desde el colegio Julio Ramón Ribeyro hasta la desembocadura (Río Mashcón) en donde se observa un valle ancho con nivel freático y sedimentos de tipo aluvial, lacustre y fluvial.

##### ✓ **Microcuenca Media**

La parte media de la Microcuenca Cruz Blanca – Los Chilcos se caracteriza por existir estructuras geológicas como plegamientos

(anticlinal), fallas, diaclasas, fracturas y porque las deformaciones tectónicas tienen una orientación NW – SE.

La secuencia volcánica es casi horizontal y reposa discordante sobre unidades litológicas más antiguas.



*Foto N° 36. Plegamiento en la carretera Av. Independencia (Caserío Amoshulca). Ubicación. N: 9203085, E: 775114.*

#### ✓ **Microcuenca Alta**

La parte alta de la Microcuenca Cruz Blanca – Los Chilcos se caracteriza por presentar estructuras geológicas sobresalientes como fallas, plegamientos, fracturas y diaclasas.

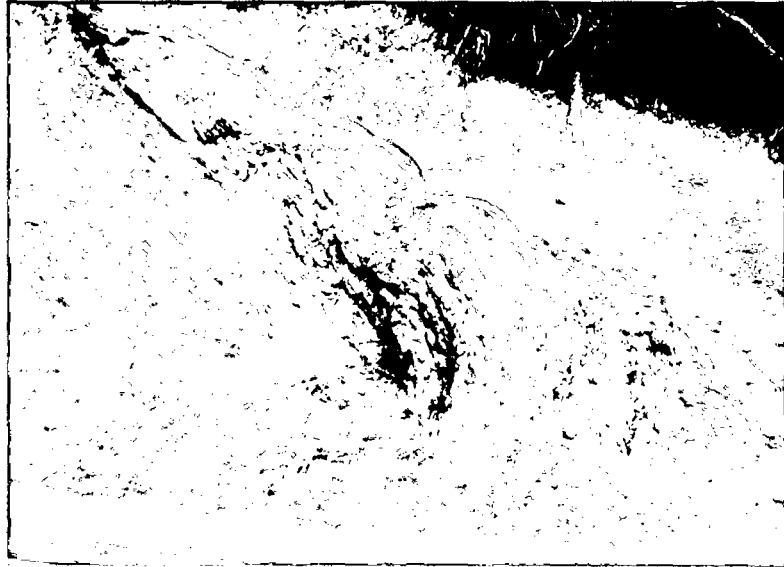
Las deformaciones tectónicas tienen orientaciones NW – SE.

## **2. Estructuras**

A continuación se describe las características de las estructuras geológicas existentes en la zona.

### **2.1 Pliegues**

Importantes plegamientos afectan las formaciones del Cretáceo los mismos que se presentan como anticlinales disturbando los estratos de las Formaciones Chimú, Santa, Carhuáz, Farrat.



**Foto N° 37. Plegamiento en arenisca de textura intergranular -  
carretera Av. Independencia (Caserío Amoshulca). Ubicación.  
N: 9202400, E: 775512.**

Los pliegues que afectan a las formaciones de la microcuenca son:

✓ **Anticlinal 1**

Está localizado entre los caseríos de Huayllapampa y Chinchimarca. Afecta a las Formaciones Chimú, Carhuáz, Farrat. Tiene aproximadamente 3 km de afloramiento, el eje tiene una dirección "N78°W"; y el buzamiento de flancos es de 55° NE y 61° SO.



**Foto N° 38. Anticlinal tipo cónico en la margen izquierda de la  
Quebrada Cruz Blanca. Ubicación. N: 9203704, E: 773872.**

✓ **Anticlinal 2**

Está localizado entre los caseríos de Agomarca Alta y Amoshulca. Tiene aproximadamente 1 km de afloramiento, el eje tiene una dirección de "N82°W"; y el buzamiento de flancos es de 15° NE y 37° SO.

✓ **Anticlinal 3**

Está localizado entre los caseríos de Aylambo y Shucapampa. Tiene aproximadamente 0.3 km de afloramiento, el eje tiene una dirección de "N70°E"; y el buzamiento de flancos es de 10° NW y 32° SE.

## **2.2 Fallas**

En la zona existen fallas de tipo inversa, normal e inferido que afectan a la parte oeste, sur y sureste de la microcuenca.

✓ **Falla Normal**

Está localizada al sur de la microcuenca, en el caserío de Amoshulca. La longitud es de 0.5 km aproximadamente. Tiene una dirección de "N25°E".

✓ **Falla Inversa**

Es una posible falla regional sobresaliente localizada al sureste de la microcuenca, entre los caseríos de Agomarca Alta y Amoshulca. Tiene una dirección de "N58°W".



✓ **Fallas inferidas**

- Localizada al suroeste de la microcuenca entre los caseríos de Huayllapampa, Choropunta y Agomarca Alta. Ha sido originada por esfuerzos tensionales afectando las Formaciones Chimú, Carhuáz, Farrat y el Volcánico San Pablo. Tiene una dirección de "N45°W".
- Localizada al noroeste de la microcuenca entre los caseríos de Aylambo y Chinchimarca. Esta falla sigue la trayectoria de la Quebrada Cruz Blanca. Tiene una dirección de "S25°W".



Falla vista de perfil.



Falla vista de frente.

**Fotos N° 39 y N° 40. Falla afectando estratos de areniscas intercaladas con lutitas (Formación Chimú) en la margen derecha de la Quebrada Cruz Blanca, dirección S25°W. Ubicación. N: 9203681, E: 773875.**

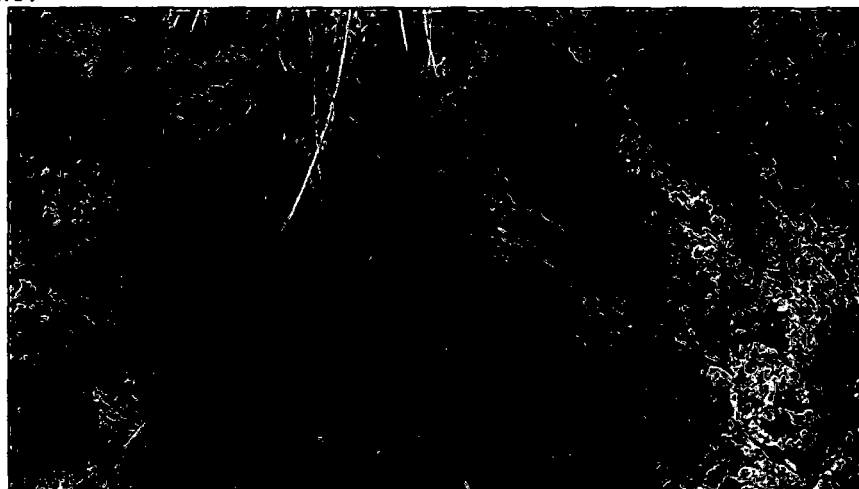
En la margen derecha e izquierda de la Quebrada Cruz Blanca existen zonas de fracturamiento, fallas y microfallas que toman la dirección principal noroeste – sureste y aparentemente controlan la trayectoria del drenaje.



**Foto N° 41. Microfalla en pizarras bituminosas en la margen derecha de la Quebrada Cruz Blanca (Caserío Aylambo). Ubicación. N: 9203681, E: 773875.**

### **2.3 Diaclasas**

En toda la zona de estudio existen grietas considerables por los posibles esfuerzos de distensión ocurridos. En algunas zonas se observa diaclasamiento uniforme involucrando a las rocas de las Formaciones Chimú, Santa, Carhuáz, Farrat, Pariatambo, Yumagual. Tenemos diaclasas abiertas y cerradas (latentes) en la zona de estudio.



**Foto N° 42. Diaclasamiento al inicio de la trocha carrozable Agomarca Alta – Aylambo (margen izquierda). Ubicación. N: 9203188, E: 775133.**

## CAPITULO IX

### HIDROLOGÍA

#### 1. Generalidades

La hidrología es la ciencia que se dedica al estudio de la distribución, espacial, temporal y las propiedades del agua presente en la atmósfera y en la corteza terrestre. Esto incluye las precipitaciones, la esorrentía, la humedad del suelo, la evapotranspiración y el equilibrio de las masas glaciares. Es una rama de las Ciencias de la Tierra.



Figura N° 06. Representación del Ciclo Hidrológico del agua.

Fuente: United States Geological Survey (USGS), Departamento de Estudios Geológicos de los Estados Unidos.

En cuanto al régimen de precipitación, es muy variable para niveles altitudinales similares, debido al efecto de las condiciones orográficas locales de la microcuenca. Las precipitaciones generalmente son abundantes durante los meses de enero a abril.

## **1.1 Quebrada Cruz Blanca**

Esta quebrada tiene un recorrido máximo de 9.60 km desde la naciente entre los cerros Hualacopuquio y Rumi Rumi hasta la desembocadura en el río Mashcón. Es ensanchada en la parte superior llegando a 15 m como máximo y alargada en la parte inferior desde el Colegio Julio Ramón Ribeyro hasta la desembocadura entre 0.20 y 1.50 m. aproximadamente. Tiene una profundidad entre 0.40 y 8.00 m.

La Quebrada Cruz Blanca atraviesa los caseríos de Huayllapampa, Chinchimarca, Aylambo, Shucapampa, Mollepampa, Huacariz Grande y Huacariz Chico con diversas direcciones como se describen a continuación:

- ✓ Tiene una dirección sureste - noreste en el caserío Huayllapampa, posteriormente recorre con dirección noreste hasta el caserío Aylambo.
- ✓ Desde Shucapampa toma una dirección oeste - este hasta cerca del cruce con Av. La Paz a partir del cual existe un muro de contención al margen izquierdo en buenas condiciones.
- ✓ Nuevamente un cambio de dirección suave de sureste – noreste hasta el cruce con la Prolongación de la Av. San Martín (Condominio "Los Eucaliptos") desde donde los pobladores le dan el nombre de "Quebrada Los Chilcos" y además en este punto se encuentra la Zona Altamente Inestable por el cambio drástico de dirección que toma la quebrada de noreste a sureste en una corta distancia pasando por las Oficinas de la Empresa Minera Yanacocha hasta el Colegio Julio Ramón Ribeyro.
- ✓ Continúa con una dirección sureste hasta el asentamiento humano Lotización 2010.

- ✓ Finalmente la quebrada toma una dirección noreste hasta la desembocadura en el Río Mashcón.

Durante su recorrido existen diversos tributarios de la microcuenca siendo las principales las quebradas Aylambo, Guitarrero, Yumagual, para formar la Microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos y posteriormente el Sistema Hidrográfico del Amazonas.

## 1.2 Quebrada Aylambo

Es uno de los afluentes de la Quebrada Cruz Blanca, nace al suroeste de la microcuenca en estudio. Recorre los caseríos de Choropunta, Chinchimarca, Aylambo y Shucapampa.



**Foto N° 43. Quebrada Aylambo, actualmente la margen derecha es invadida por un Hotel y la margen izquierda por sembríos de maíz (Caserío Aylambo).  
Ubicación. N: 9204303, E: 775013.**

## 1.3 Quebrada El Guitarrero

Afluente de la quebrada Cruz Blanca, nace al suroeste de la microcuenca en estudio. Recorre los caseríos de Chinchimarca, Amoshulca, Shudall y Shucapampa.

#### 1.4 Quebrada Yumagual

Afluente de la quebrada Cruz Blanca, nace al suroeste de la microcuenca en estudio. Recorre los caseríos de Choropunta, Agomarca Alta, Amoshulca, Shudall y Shucapampa.



Foto N° 44. Quebrada Yumagual, afluente de la Quebrada Cruz Blanca (Caserío Agomarca Alta).

#### 2. Sistema Fluvial de la Quebrada Cruz Blanca

Un sistema fluvial debe de analizarse integralmente, estudiando los tres componentes principales: morfología, dinámica de los ríos y laderas sin olvidar el análisis de los materiales depositados, para el conocimiento de la dinámica fluvial del sistema (Schumm, S. 1977).

En este contexto la Microcuenca Cruz Blanca – Los Chilcos, ocupa una superficie aproximada de 20.93 km<sup>2</sup>, donde la Quebrada Cruz Blanca efectúa un recorrido de 9.60 km., desde su nacimiento entre los cerros Hualacopuquio y Rumi Rumi (3,800 msnm) hasta su desembocadura en el Río Mashcón.

Los caudales máximos calculados en la naciente de la Quebrada Cruz Blanca son:

- ✓ **Qmín = 4 l/min**
- ✓ **Qmáx = 20 l/min**

Los depósitos en la Planicie (llanura aluvial-zona de depósitos), han dado lugar a una superficie casi triangular, dejados durante el Cuaternario Reciente. Son comunes los depósitos aluviales y lacustres en las laderas.

### 3. Pluviometría

Para el estudio pluviométrico de la Microcuenca Cruz Blanca – Los Chilcos se han tomado en cuenta los registros de la estación meteorológica AUGUSTO WEBERBAUER ubicada en el campus de la Universidad Nacional de Cajamarca y es controlada por el SENAMHI. Los registros corresponden a los años 2012 y 2013.

**Tabla N° 13**  
**Ubicación de estaciones meteorológicas en la provincia de Cajamarca.**

Estaciones Meteorológicas	Latitud (°)	Longitud (°)	Altitud (msnm)
MAP. A. Weberbauer (UNC)	-7.1666	-7.4848	2 678
CO Granja Porcon (Ronquillo)	-7.0339	-7.6267	3 313

FUENTE: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) del Perú. Gobierno Regional de Cajamarca, 2013.

La Microcuenca en estudio presenta características climáticas diferentes en toda su extensión.

**Tabla N° 14**  
**Datos meteorológicos de enero a diciembre 2012 tomados de la estación A. Weberbauer.**

Mes	T (°C)	TM (°C)	Tm (°C)	H (%)	PP (mm)	V (Km/h)	VM (Km/h)	RA	SN	TS	FG
Enero	14.90	20.70	9.00	77.40	118.64	6.1	17.8	23	0	0	0
Febrero	14.70	20.50	7.90	75.20	206.00	6.3	19.3	17	0	0	0
Marzo	15.10	20.80	7.00	72.50	79.00	6.7	18.2	15	0	0	0
Abril	14.80	20.60	7.30	75.20	85.00	6.1	17.7	14	0	0	1
Mayo	14.80	21.20	6.40	71.10	41.91	6.6	19	9	0	0	0
Junio	14.10	21.20	4.20	66.50	2.03	7.1	18.8	1	0	0	0
Julio	14.10	21.10	4.10	57.80	0.00	8.9	22.8	0	0	0	0
Agosto	14.60	21.80	3.30	57.80	1.02	8.6	21.7	3	0	0	0
Septiembre	15.00	21.40	4.50	59.80	16.00	9.5	22.8	3	0	0	0
Octubre	15.10	21.00	7.70	73.10	58.00	5.7	16.3	13	0	1	3
Noviembre	15.80	21.40	8.30	73.40	83.30	6.2	17.3	17	0	4	21
Diciembre	15.80	21.80	5.90	66.00	44.00	7.4	18.7	9	0	0	10
Media Anual 2012	14.90	21.13	6.30	68.82	61.24	7.10	19.20	124	0	5	35

**Tabla N° 15**  
**Datos meteorológicos de enero a setiembre 2013 tomados de la estación A. Weberbauer.**

Mes	T (°C)	TM (°C)	Tm (°C)	H (%)	PP (mm)	V (Km/h)	VM (Km/h)	RA	SN	TS	FG
Enero	16.10	21.70	8.10	72.20	56.40	7.00	18.50	14	0	0	13
Febrero	15.50	21.30	7.40	74.80	340.36	6.70	19.10	16	0	0	20
Marzo	15.40	20.60	8.80	78.50	86.61	6.10	18.40	19	0	1	29
Abril	15.70	21.80	7.60	73.00	30.22	6.20	17.90	11	0	0	14
Mayo	15.20	21.20	7.50	73.70	35.05	5.50	16.20	12	0	0	10
Junio	14.60	21.10	4.90	67.50	13.21	7.10	17.80	3	0	0	1
Julio	14.30	20.90	3.90	61.60	6.10	8.90	21.90	3	0	0	1
Agosto	14.60	21.50	5.70	63.70	23.10	7.40	19.90	6	0	0	4
Septiembre	15.50	22.40	5.80	60.70	6.40	9.00	19.90	5	0	0	3

**Donde:**

- T** : Temperatura media.
- TM** : Temperatura máxima.
- Tm** : Temperatura mínima.
- H** : Humedad relativa media.
- PP** : Precipitación total de lluvia.
- V** : Velocidad media del viento.
- VM** : Velocidad máxima sostenida del viento.
- RA** : Total de días del mes que llovió o llovizó.
- SN** : Total de días del mes que nevó.
- TS** : Total de días del mes con tormenta.
- FG** : Total de días del mes con niebla.

### 3.1 Precipitaciones

Las precipitaciones pluviales en la microcuenca son las que contribuyen a la escorrentía superficial y al caudal de los ríos de régimen estacional.

Tomando en cuenta la distribución de las lluvias la microcuenca se divide:

✓ **Microcuenca seca**

Abarca el área entre las cotas 2650 y 3000 msnm con ausencia de escurrimiento superficial y precipitaciones ocasionales, sin aporte al caudal de la quebrada y afluentes existentes.



✓ **Microcuenca húmeda**

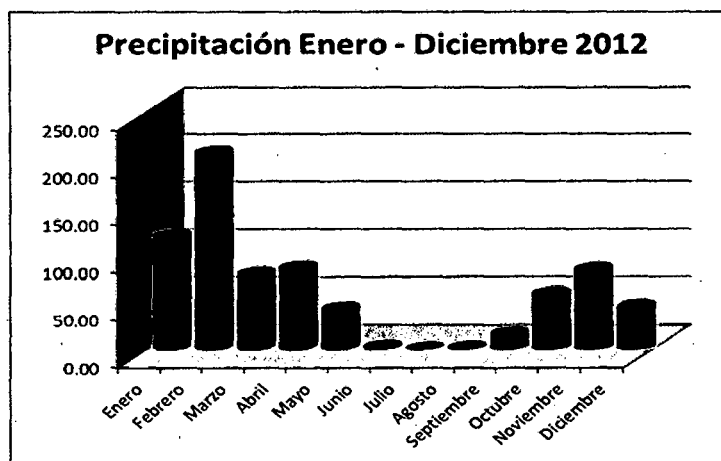
En esta zona tenemos la máxima precipitación promedio anual y está entre los 3 000 y 3 850 msnm. Es el área en donde hay mayor abundancia de lluvia aportando a la escorrentía superficial y subterránea.

Para analizar las precipitaciones de la microcuenca se considerará los datos meteorológicos tomados en los años 2012 y 2013.

**AÑO 2012**

**Tabla N° 16**  
**Datos de precipitación y humedad enero a diciembre 2012 tomados de la estación A. Weberbauer.**

Mes	H (%)	PP (mm)
Enero	77.40	118.64
Febrero	75.20	206.00
Marzo	72.50	79.00
Abril	75.20	85.00
Mayo	71.10	41.91
Junio	66.50	2.03
Julio	57.80	0.00
Agosto	57.80	1.02
Septiembre	59.80	16.00
Octubre	73.10	58.00
Noviembre	73.40	83.30
Diciembre	66.00	44.00
<b>Media Anual 2012</b>	<b>68.82</b>	<b>61.24</b>



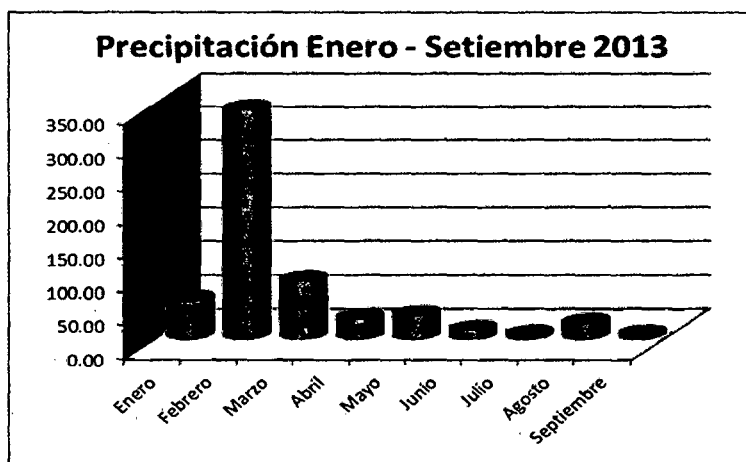
**Gráfico N° 02. Variación de la precipitación año 2012. Febrero es el mes más lluvioso.**

- ✓ En el año 2012 la precipitación total promedio en la microcuenca es de 61.24 mm. Las precipitaciones máximas ocurrieron en los meses de enero, febrero y abril. No hubo precipitación en el mes de julio.
- ✓ La máxima precipitación registrada en ese año ocurrió en el mes de febrero (206 mm).
- ✓ El período seco se dio en los meses de junio, julio y agosto con promedios que varían entre 0.00 y 2.03 mm. de precipitación mensual.
- ✓ El mes más húmedo ocurrió en enero (77.40%).

### AÑO 2013

**Tabla N° 17**  
**Datos de precipitación y humedad enero a setiembre 2013 tomados de la estación A. Weberbauer.**

Mes	H (%)	PP (mm)
Enero	72.20	56.40
Febrero	74.80	340.36
Marzo	78.50	86.61
Abril	73.00	30.22
Mayo	73.70	35.05
Junio	67.50	13.21
Julio	61.60	6.10
Agosto	63.70	23.10
Septiembre	60.70	6.40



**Gráfico N° 03. Variación de la precipitación año 2013. Febrero es el mes más lluvioso.**

- ✓ En este año 2013 (enero a setiembre) las precipitaciones máximas ocurrieron en los meses de enero, febrero y marzo.
- ✓ La máxima precipitación registrada hasta el momento ocurrió en el mes de febrero (340.36 mm).
- ✓ El período relativamente seco se dio en el mes de julio con un promedio de 6.10 mm. de precipitación mensual.
- ✓ El mes más húmedo a la fecha fue marzo (78.50%).

### 3.2 Temperatura

La temperatura es un elemento importante relacionado con los cambios del factor altitudinal. En la microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos, existe variaciones de temperatura.

Se ha tomado como fuente el Sistema de Clasificación Climática de Köppen (o Kœppen) quien describe los climas del mundo en función de su régimen de temperaturas y de precipitaciones. Emplea un sistema de letras mayúsculas y minúsculas cuyo valor está establecido en torno a ciertos umbrales en cuanto a las temperaturas medias anuales.

**Tabla N° 18**  
**Clasificación Climática de Köppen según la temperatura.**

TEMPERATURA			
TIPO		SUBTIPO	
A	Clima Cálido		
B	Climas secos	Semidesértico (BS)	Desértico (BW)
C	Climas templados		
D	Climas fríos		
E	Climas polares		
H	Climas indiferenciados de alta montaña		

FUENTE: <http://www.slideshare.net/adizz4/clasificacin-climtica-segn-koppen>.

**Tabla N° 19**  
**Clasificación Climática de Köppen según la precipitación.**

PRECIPITACION	
SUBGRUPOS	
f	Lluvias todo el año
m	Lluvias intensas y prolongadas durante la época de calor
w	Lluvias en la época de sol alto
s	Lluvias en invierno. localizado en las latitudes subtropicales de las costas occidentales de los continentes

FUENTE: <http://www.slideshare.net/adizz4/clasificacin-climtica-segn-koppen>.

✓ **Clima Templado moderado lluvioso**

Este clima se presenta en los caseríos de la microcuenca entre 2640 y 3850 msnm. Las temperaturas de la zona se encuentran entre 3 y 23 °C.

**Tabla N° 20**  
**Datos de temperatura de enero a diciembre 2012**  
**tomados de la estación A. Weberbauer.**

Mes	T (°C)	TM (°C)	Tm (°C)
Enero	14.90	20.70	9.00
Febrero	14.70	20.50	7.90
Marzo	15.10	20.80	7.00
Abril	14.80	20.60	7.30
Mayo	14.80	21.20	6.40
Junio	14.10	21.20	4.20
Julio	14.10	21.10	4.10
Agosto	14.60	21.80	3.30
Septiembre	15.00	21.40	4.50
Octubre	15.10	21.00	7.70
Noviembre	15.80	21.40	8.30
Diciembre	15.80	21.80	5.90
<b>Media Anual 2012</b>	<b>14.90</b>	<b>21.13</b>	<b>6.30</b>

**Tabla N° 21**  
**Datos de temperatura de enero a setiembre 2013**  
**tomados de la estación A. Weberbauer.**

Mes	T (°C)	TM (°C)	Tm (°C)
Enero	16.10	21.70	8.10
Febrero	15.50	21.30	7.40
Marzo	15.40	20.60	8.80
Abril	15.70	21.80	7.60
Mayo	15.20	21.20	7.50
Junio	14.60	21.10	4.90
Julio	14.30	20.90	3.90
Agosto	14.60	21.50	5.70
Septiembre	15.50	22.40	5.80

Según la *Tabla N° 20*, respecto al año 2012 el régimen mensual de las temperaturas son bastantes regulares, las máximas se registraron en los meses de agosto y diciembre (21.80 °C) y mínimas entre junio y setiembre (3.30 y 4.50 °C).

Según la *Tabla N° 21*, respecto a éste año 2013 (enero - setiembre) el régimen mensual de las temperaturas son regulares, las máximas temperaturas se dieron en los meses de abril y setiembre (21.80 y 22.40 °C) y mínimas en junio y julio (3.90 y 4.90 °C).

#### **4. Caudales**

La Quebrada Cruz Blanca se caracteriza por ser de régimen irregular, con variaciones notables en sus descargas. La variación estacional de sus descargas, se debe al régimen de precipitaciones que ocurren en dicha microcuenca en las épocas determinadas.

Se tomaron datos de caudales de la naciente de la Quebrada Cruz Blanca y Desembocadura de la microcuenca entre Diciembre del 2012 y setiembre del 2013 los que se detallan en las siguientes tablas:

**Tabla N° 22**  
**Caudales medidos en la naciente de la**  
**Quebrada Cruz Blanca.**  
**Coordenada X: 771702**  
**Coordenada Y: 9203036**

Fecha	Hora	Caudal (l/s)
18/12/2012	10:00	0.033
18/12/2012	10:30	0.050
31/12/2012	08:10	0.042
31/12/2012	08:40	0.050
02/01/2013	09:40	0.033
02/01/2013	10:10	0.042
19/03/2013	11:10	0.117
19/03/2013	11:40	0.133
20/09/2013	09:20	0.017
20/09/2013	09:50	0.013

**Tabla N° 23**  
**Caudales medidos en la desembocadura de la Microcuenca.**  
**Coordenada X: 779363**  
**Coordenada Y: 9205336**

Fecha	Hora	Caudal (l/s)
31/12/2012	13:00	0.163
31/12/2012	13:30	0.170
02/01/2013	11:10	0.158
02/01/2013	11:40	0.167
18/03/2013	16:30	1.500
18/03/2013	17:00	1.417
20/05/2013	16:30	0.300
20/05/2013	17:00	0.355
23/09/2013	15:40	0.417
23/09/2013	16:10	0.383

Como podemos observar en la *Tabla N° 22* el punto de naciente de la Quebrada Cruz Blanca con los datos tomados tiene un caudal máximo de 0.133 l/s y mínimo de 0.013 l/s. La descarga de este punto es canalizada por la población para consumo humano y pocas veces para regadío.



**Foto N° 45. Naciente de la Quebrada Cruz Blanca  
en el Caserío Huayllapampa.  
Ubicación. N: 9203039, E: 771713**

Tomando en consideración el punto de desembocadura al Río Mashcón analizaremos los caudales de la microcuenca con los datos de la *Tabla N° 23*:

- ✓ En este año el mes de marzo fue el más húmedo con un caudal máximo de 1.50 l/s.
- ✓ En diciembre de 2012 tenemos el caudal mínimo de 0.163 l/s.
- ✓ Es importante mencionar que el 40% aproximadamente de esta descarga anual es canalizada y desviada para regadío de pastos.

#### **4.1 Crecientes e Inundaciones de la Quebrada Cruz Blanca**

En la Quebrada Cruz Blanca (Microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos), periódicamente ocurren violentas descargas que provocan inundaciones en los alrededores. Estas inundaciones están afectando actualmente las viviendas ubicadas en las márgenes y alrededores, Condominio Los Eucaliptos, Urbanizaciones Luis Alberto Sánchez, lotización 2010, Centros Públicos como el Hospital Regional de

Cajamarca, Colegio Julio Ramón Ribeyro, Penal de Huacariz, Oficinas de la Empresa Minera Yanacocha y extensas áreas de cultivo y pastizales que están en la parte baja de la microcuenca produciendo muchas veces la destrucción de los canales de riego existentes.

Los daños ocasionados hasta el momento en el presente año 2013 perjudicó a la agricultura por ocasionar la destrucción de 3 Has. de terreno aproximadamente. Existieron derrumbes considerables de algunas viviendas e inundaciones en colegios, urbanizaciones, asentamientos poblacionales e instituciones públicas como el Hospital Regional de Cajamarca y el Penal sin pérdidas humanas afortunadamente.

En la zona también existieron épocas de sequía las mismas que afectaron considerablemente la economía.



## CAPITULO X

### GEOHIDROLOGÍA

#### 1. Rasgos Geohidrológicos

El recurso más importante con el que cuenta el valle de Cajamarca para su desarrollo agrícola, ganadera y poblacional lo forma en gran parte el agua Subterránea.



*Foto N° 46. Acuífero ubicado en el caserío de Huayllapampa.*

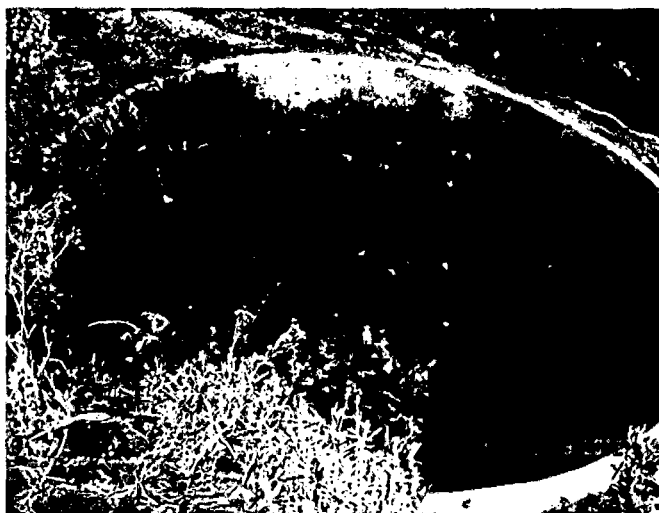


*Foto N° 47. Acuífero ubicado en el caserío de Chinchimarca.*



*Foto N° 48. Planta de captación y almacenamiento de agua subterránea para los Caseríos de Huayllapampa y Aylambo.*

Según lo observado en las diversas salidas al campo y a los datos obtenidos en la parte alta de la microcuenca existen pequeños pozos artesanales diseñados por la gente de las comunidades en los cuales captan y almacenan el agua subterránea para su consumo, regadío y ganado.



*Foto N° 49. Pozo artesanal para almacenamiento de agua en condiciones inadecuadas (Caserío de Huayllapampa).*

Respecto a los acuíferos debe existir una base que impide que el agua pueda penetrar más y por lo tanto las corrientes acuíferas corran muy cerca de la superficie.

El flujo del agua subterránea sigue la dirección del valle, Sureste - Noreste en la parte alta (caseríos de Huayllapampa, Choropunta, Chinchimarca, Agomarca Alta, Amoshulca, Aylambo) a Este - Noreste aguas abajo (caseríos de Huacariz Grande y Huacariz Chico).

La gradiente aproximada del agua subterránea existente en la microcuenca es de 5 a 10°.

## **2. Fuentes de Alimentación y Aprovechamiento de los Acuíferos**

Las filtraciones existentes en el lecho de la Quebrada Cruz Blanca, así como en las áreas de cultivo del cono deyectivo, dan origen a una extensa napa freática.

Es posible que existan algunas fuentes de alimentación de los acuíferos como:

- ✓ Aguas provenientes de las filtraciones existentes.
- ✓ Filtraciones en los diversos canales de riego y terrenos de cultivo.

Los acuíferos están sometidos a un aprovechamiento para poder cubrir las necesidades básicas de las poblaciones de caseríos y urbanizaciones que conforman la microcuenca, para el riego de cultivos y alimentación ganadera en la parte baja y alta durante los periodos de descenso de la quebrada.

Actualmente hay una disputa entre autoridades y población de los caseríos de Huayllapampa y Aylambo encontrándose en una situación un poco crítica. Existen intereses económicos y personales en las autoridades quienes quieren apoderarse del agua naciente en la parte alta de la microcuenca (Caserío de Huayllapampa) para poder vender libremente a caseríos de la parte baja como Mollepampa, Shudall y La Paccha. Es por ello que la población de Huayllapampa no permite realizar trabajos en su caserío salvo previa solicitud.

Se deduce que hay una explotación de la napa freática por las siguientes acciones:

- ✓ Algunos pobladores del caserío de Huayllapampa y Chinchimarca en la actualidad están vendiendo este líquido elemento a caseríos muy alejados como Shudall y La Paccha.
- ✓ En época de sequía además de satisfacer sus necesidades la población lo utiliza para fabricar y vender adobe y ladrillo (en el sector Cruz Blanca y Aylambo desde años atrás hay fábricas ilegales de venta de adobe y ladrillo).

Es posible que en el futuro las poblaciones de los caseríos ya mencionados se vean privadas de éste líquido elemento debido a la explotación indiscriminada.

### **3. Calidad del Agua Subterránea**

Actualmente no existen estudios sobre calidad de agua subterránea en la microcuenca.

Es necesario tomar muestras y analizarlas en laboratorios especializados para determinar puntos importantes como:

- ✓ El tipo de agua al que pertenecen: sulfatadas, cálcicas, sódicas o cloruradas.
- ✓ Determinar tomando en consideración las normas internacionales de potabilidad si las aguas son aptas para el consumo humano y la agricultura.

## CAPITULO XI

### GEODINÁMICA

La Geodinámica es una rama de las Ciencias de la Tierra que estudia los agentes o fuerzas que intervienen en los procesos dinámicos. Se divide en Geodinámica interna (procesos endógenos) y Geodinámica externa (procesos exógenos de la superficie terrestre).

En la zona de estudio existen procesos exógenos por lo que nos centraremos en estudiar la Geodinámica Externa.

#### 1. Geodinámica Externa

En la Tierra actúan procesos destructivos y constructivos: procesos superficiales o externos y procesos internos.

Los procesos superficiales aprovechan la fuerza de la gravedad: las rocas descienden algunos metros debido a desplazamientos masivos de terrenos o son transportadas a millares de kilómetros de distancia por medio de las corrientes fluviales, hasta que las rocas son depositadas en el mar.

En la geodinámica externa intervienen los factores y fuerzas externas de la Tierra ligada al clima y a la interacción de éste sobre la superficie o capas más externas. Sabemos que el paisaje, la estructura de la corteza, la Tierra en su conjunto, varían constantemente. Los agentes externos que influyen en este cambio son:

- ✓ **AGUA** (ríos, glaciares, meteorización)
- ✓ **ATMÓSFERA** (viento, meteorización)

## **2. Factores Naturales Condicionantes**

Es necesario efectuar el estudio de los diversos factores naturales condicionantes a los cuales se encuentran relacionados los fenómenos de geodinámica externa existentes en la Microcuenca Cruz Blanca – Los Chilcos con la finalidad de analizar las condiciones de seguridad geológica del área. Los factores naturales condicionantes de la zona son: litológicos, estructurales, pendiente, climatológicos, hidrológicos.

## **3. Acción Antrópica**

Actividad del hombre en forma positiva o negativa por tener la necesidad de crear suelos agrícolas y por construir obras urbanas y de infraestructura. Existen muchos problemas por esta acción antrópica en la microcuenca ya que la intervención humana es uno de los factores de mayor incidencia en la desestabilización de laderas y cauces dando lugar a una constante agresión al medio natural.

Los cortes de carreteras, obstáculos en el cauce, movimientos de tierra que puedan favorecer a la infiltración de las lluvias, uso inadecuado del agua como pérdida en los canales, el mal sistema de riego, deforestación en taludes naturales, desviación e invasión del cauce de la quebrada y tributarios son algunos de los muchos ejemplos en que la mano del hombre interviene para modificar el equilibrio existente en la microcuenca, trayendo casi siempre graves consecuencias. A continuación una breve descripción de algunos ejemplos:

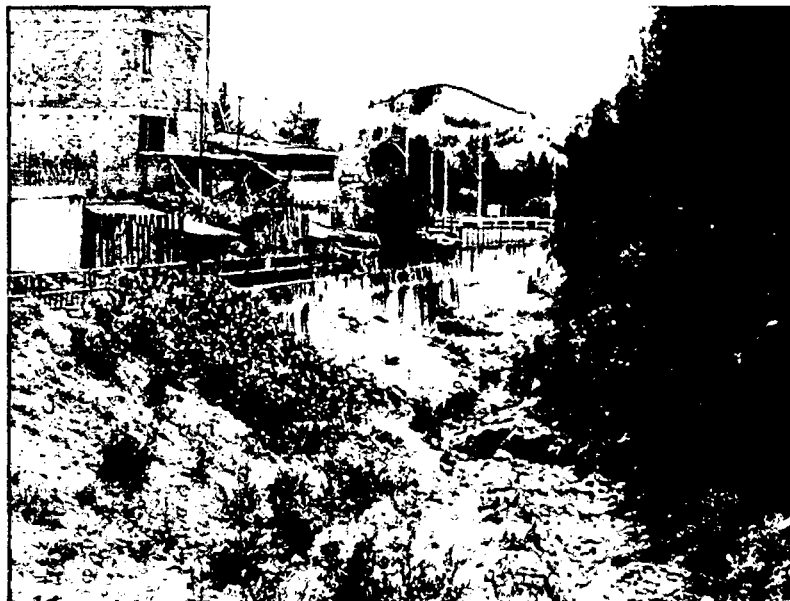
- ✓ El uso inadecuado de las aguas de riego es una de las acciones antrópicas negativas característica de la microcuenca en estudio y en todas las existentes en nuestro país porque provoca principalmente erosiones, daños en la infraestructura vial

y en algunos casos pérdida del propio terreno de cultivo por los deslizamientos y derrumbes ocurridos.

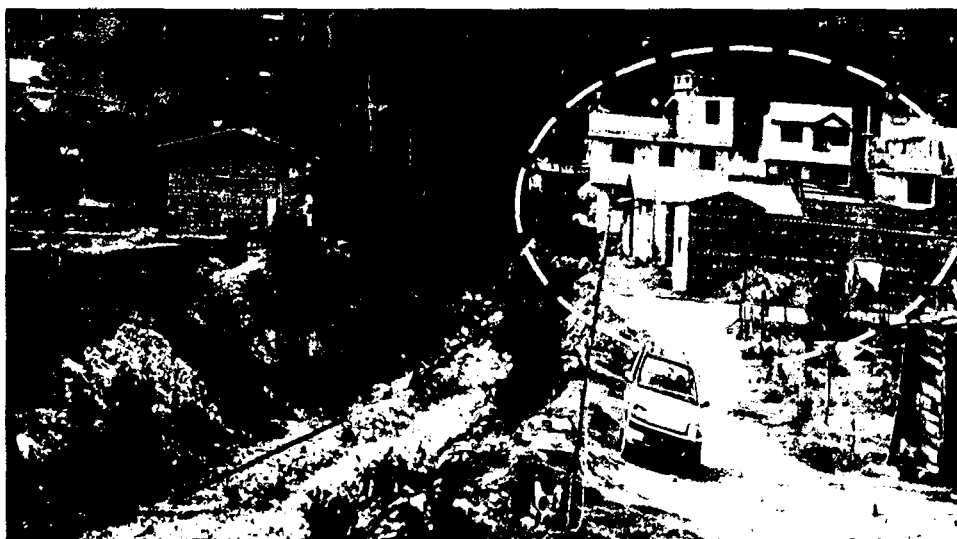
- ✓ Invasiones del cauce de la Quebrada Cruz Blanca y tributarios por sembríos de pastos naturales los que se pueden observar desde el caserío de Huayllapampa hasta Shucapampa (Av. Alfonso Ugarte) y entre la Vía de Evitamiento y la desembocadura en el río Mashcón.
  
- ✓ Referente a las áreas urbanas éstas han invadido terreno perteneciente al cauce de la quebrada afectando principalmente a las viviendas construidas en las márgenes entre el cruce con la Av. Alfonso Ugarte y la Vía de Evitamiento. El caso más crítico y notorio es el de la Urb. Luis Alberto Sánchez en donde el ancho de la quebrada en algunos sectores es de 0.15 m..



**Foto N° 50. Quebrada Cruz Blanca de 0.15 m de ancho por haber construido un muro de contención en la zona del cauce. Ubicado en la Urb. Luis Alberto Sánchez.**



*Foto N° 51. Sembríos de maíz en el cauce de la Quebrada Cruz Blanca en el Jr. Los Chilcos.*



*Foto N° 52. Urb. Luis Alberto Sánchez ubicada en la margen izquierda de la Quebrada Cruz Blanca, lo que ocasiona desastres en época de lluvias.*

#### **4. Problemas de Geodinámica Externa en la Microcuenca**

En la microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos existen diversos problemas relacionados con los riesgos naturales y geológicos los que vienen afectando a personas, centros poblados, terrenos agrícolas y obras de ingeniería. Los riesgos se producen como consecuencia de la



dinámica propia del medio geológico y como producto de los fenómenos de la Geodinámica Externa.

Los factores principales de inestabilidad en el área de estudio están dados por:

- ✓ Influencia de las filtraciones.
- ✓ Influencia de las precipitaciones.
- ✓ Incompetencia del material.
- ✓ Acción antrópica (uso inadecuado del agua de regadío, invasión del cauce).

A continuación se describen los problemas de geodinámica externa encontrados en la microcuenca y los factores naturales que lo producen en orden de importancia.

#### **4.1 Erosión de laderas**

En la Microcuenca Cruz Blanca – Los Chilcos la erosión de laderas es más frecuente en el trayecto del eje principal y de los afluentes, aunque sus daños no son cuantificables. Se presenta generalmente en escarpas laterales, erosión laminar, surcos, cárcavas. El material removido por la erosión es depositado en laderas a lo largo de la corriente de agua.

Actualmente se observa la existencia de superficies irregulares las cuales contribuyen a incrementar la erosión e incluso alterar el soporte lateral de algunas laderas existiendo la posibilidad de producirse movimientos en masa. También existen problemas en las construcciones existentes en el área y en la agricultura como pérdida de terrenos y de materiales nutrientes.

Las condiciones que favorecen la erosión en la zona están relacionadas con:

- ✓ Moderada pendiente de laderas en algunos sectores.
- ✓ Alta concentración de lluvias en periodos cortos como en los meses de enero, febrero y marzo.
- ✓ Masiva utilización de terreno como pastos.
- ✓ El sobrecultivo.
- ✓ Mal riego.
- ✓ Deforestación.
- ✓ Desarrollo urbano no planificado.



**Foto N° 53. Erosión de ladera izquierda en el Río Aylambo por sobrecultivo (Caserío Chinchimarca).**



**Foto N° 54. Erosión de ladera izquierda de la Quebrada Cruz Blanca por sembríos e infraestructura no planificada. Ubicación. N: 9204652, E: 774845.**



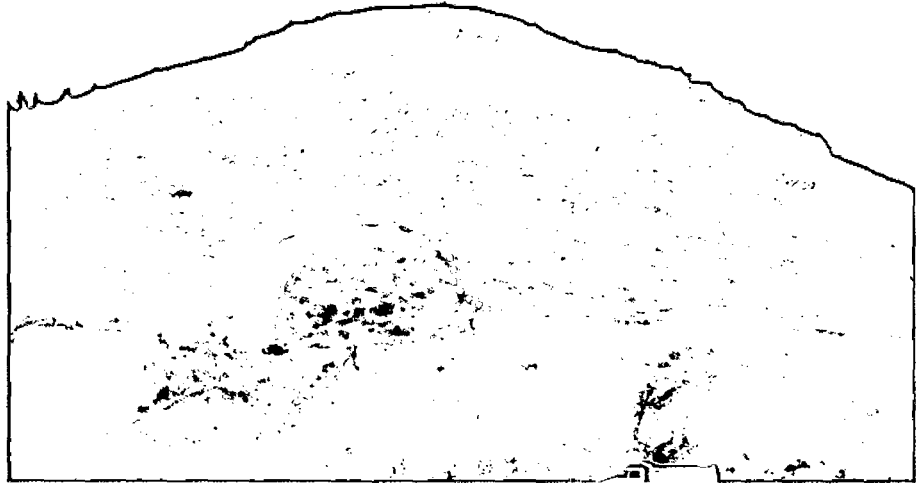
**Foto N° 55. Erosión lateral que afecta los terrenos y plantaciones de la zona, (Caserío Huacariz Grande).**

## **4.2 Deslizamientos**

Es el movimiento de una masa de roca, detritos o tierra pendiente abajo por acción de la gravedad sobre un plano inclinado o sobre una superficie cóncava., cuando el esfuerzo de corte excede el esfuerzo de resistencia del material.

Los deslizamientos son frecuentes y mayores en relación con las precipitaciones ya sean por el incremento de la presión intersticial, por las fuerzas de infiltración y/o por el aumento del peso unitario del material saturado por el agua.

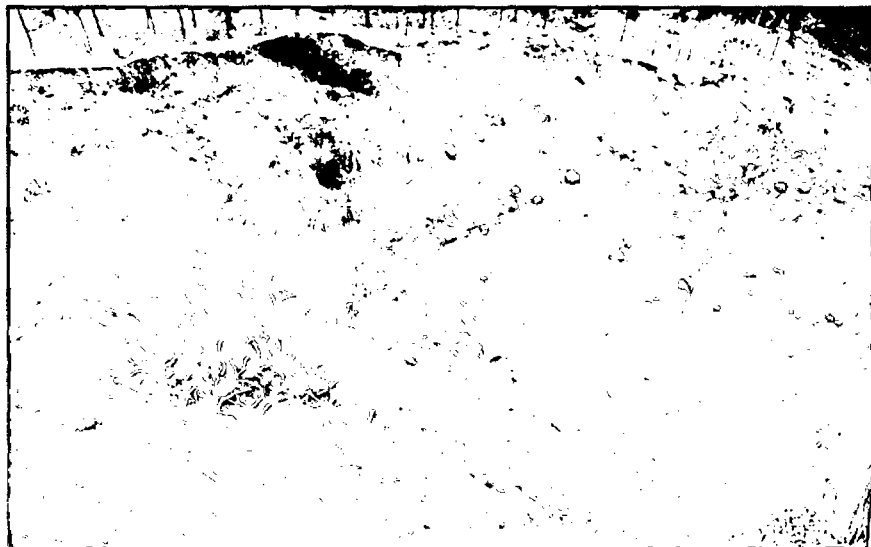
En gran parte de la zona de estudio sobresalen los deslizamientos que se encuentran ubicados en los Caseríos de Huayllapampa, Chinchimarca, Aylambo, Choropunta, Agomarca Alta, Amoshulca y Shudall (parte alta y media de la microcuenca) afectando principalmente el cauce de la quebrada y de los tributarios porque impiden el recorrido.



**Foto N° 56. Deslizamientos ubicados en la carretera Cajamarca - Distrito de Pacasmayo (Caserío Agomarca Alta).  
Ubicación. N: 9202383, E: 775536.**

La mayoría de los deslizamientos de la zona se producen a través de las formaciones superficiales como limo arenoso y arcillo limoso principalmente. Son la consecuencia de un complejo campo de esfuerzos (stress es una fuerza por unidad de área) que está activo en una masa de roca o de suelo en la pendiente. Básicamente, los dos parámetros más determinantes son:

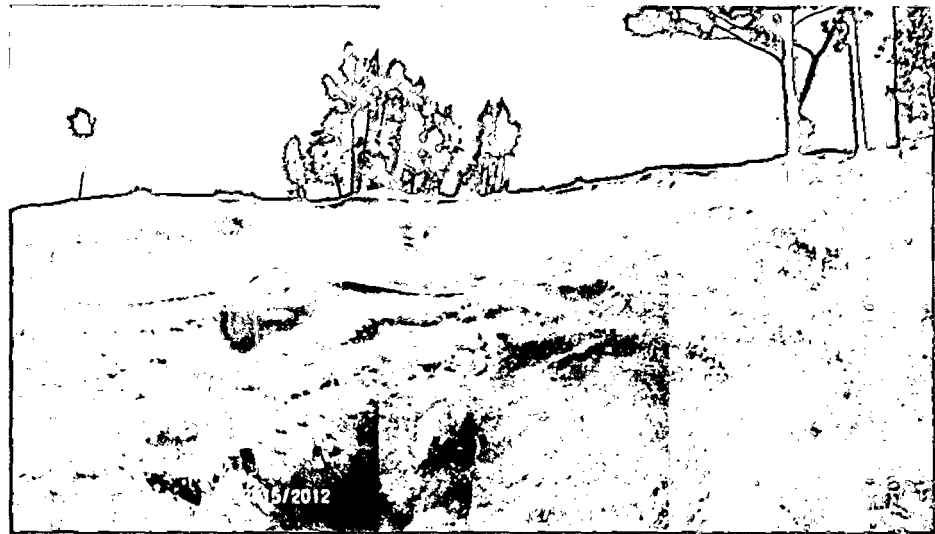
- ✓ Un incremento del stress de corte.
- ✓ Una disminución en la resistencia del material.



**Foto N° 57. Deslizamiento ubicado en la margen izquierda de la Quebrada Cruz Blanca, Caserío Chinchimarca.**



**Foto N° 58. Deslizamiento ubicado en la margen izquierda de la Quebrada Cruz Blanca, Caserío Huayllapampa.**



**Foto N° 59. Deslizamiento en terrazas en la margen izquierda de la Quebrada Cruz Blanca, Caserío Aylambo (Diciembre 2012).**



**Foto N° 60. Deslizamiento en la margen izquierda de la Quebrada Cruz Blanca, Caserío Aylambo (Setiembre 2013).**

### **4.3 Derrumbes**

Este fenómeno de la microcuenca está asociado a zonas de deslizamientos y desprendimientos de rocas los que casi siempre obstaculizan el recorrido de la quebrada y tributarios. Se observan en los taludes de corte existentes y son provocados muchas veces por adoptar taludes inapropiados y por el mal uso del agua de regadío en la zona.



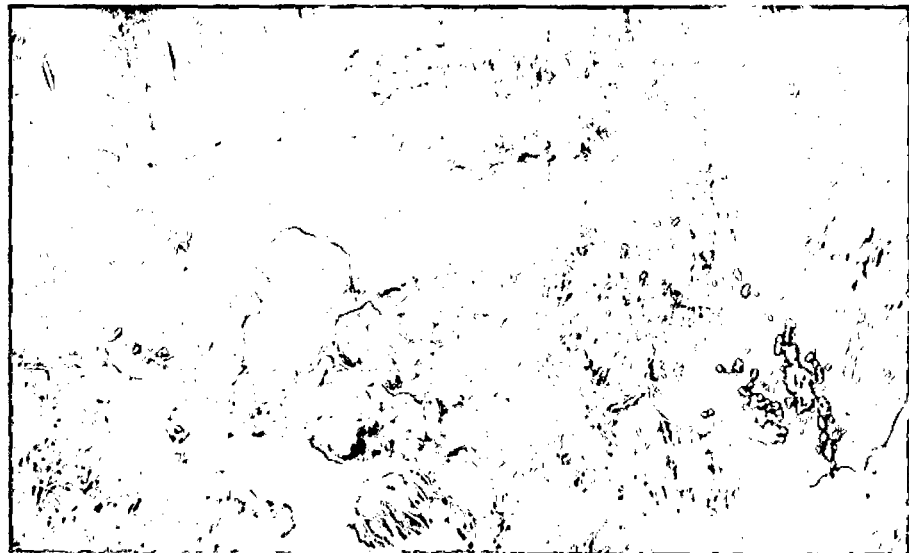
*Foto N° 61. Derrumbe por la fuerte pendiente y grado de fracturamiento en la margen derecha de la Quebrada Cruz Blanca.*



*Figura N° 07. Derrumbe de bloques característico de la microcuenca.*

Los factores más importantes para su ocurrencia son la fuerte pendiente de las laderas, la gravedad, erosión de la base inferior de los taludes de quebradas y tributarios, grado de alteración y fracturamiento de rocas.

También hay que indicar que el factor humano altera constantemente el estado de equilibrio natural de los taludes.



**Foto N° 62. Derrumbe en la margen izquierda de la Quebrada Cruz Blanca ocasionado por la fuerte erosión (Caserío Huacariz Chico).**



**Foto N° 63. Derrumbe - deslizamiento por la fuerte pendiente y el mal uso del agua de regadío en la margen derecha de la Quebrada Cruz Blanca (Caserío Chinchimarca).**

#### 4.4 Desprendimientos de Rocas

En la microcuenca es frecuente observar este tipo de fenómenos, principalmente en las rocas sedimentarias y volcánicas.

Los factores que incentivan la ocurrencia de desprendimientos son la falta de criterio en la pendiente de los taludes, fuerza de gravedad y lluvias consecutivas.

La caída y desprendimientos de rocas se producen generalmente en macizos rocosos caracterizados por:

- ✓ Heterogeneidad litológica.
- ✓ Intenso diaclasamiento.
- ✓ Taludes un poco débiles.
- ✓ Meteorización.



**Foto N° 64. Desprendimiento de rocas en la margen derecha de la Quebrada Cruz Blanca.**



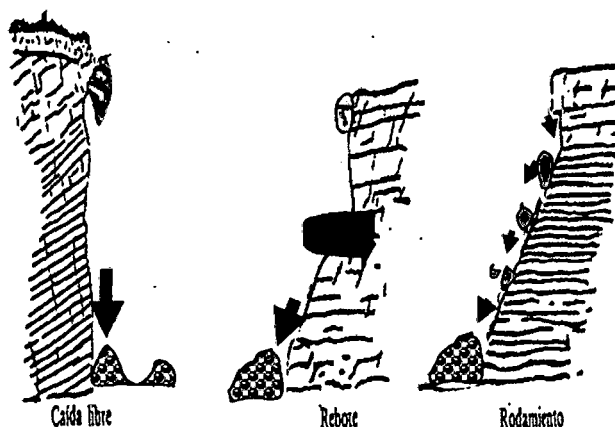


Figura N° 08. Tipos de desprendimiento de rocas según la trayectoria.

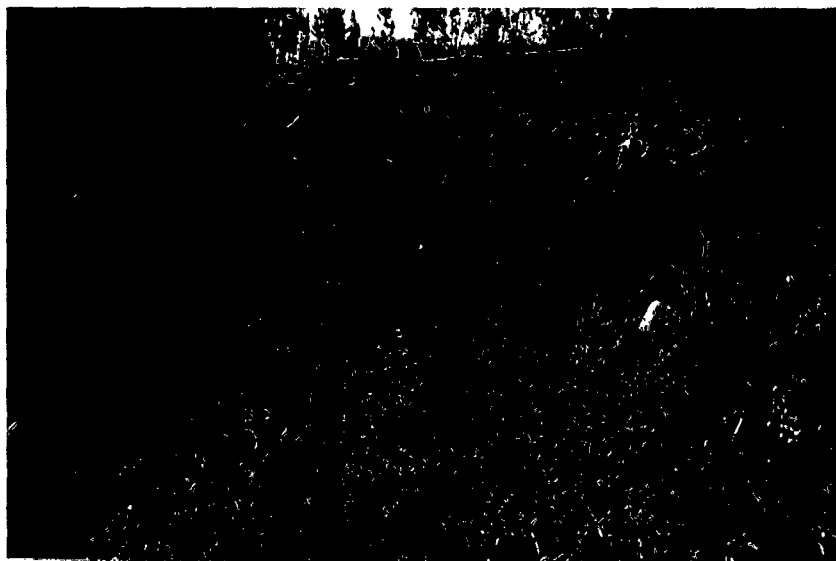


Foto N° 65. Desprendimiento de rocas que afectan el cauce de la Quebrada Cruz Blanca.

#### 4.5 Reptación

Es la deformación que sufre la masa de suelo o roca como consecuencia de movimientos muy lentos por acción de la gravedad. Se suele manifestar por la inclinación de árboles, postes, corrimiento de carreteras y la aparición de grietas.

Está relacionado con procesos de variación de humedad estacionales en el suelo ya que el agua favorece este fenómeno actuando como lubricante.



**Foto N° 66. Zona con proceso de reptación posiblemente por el sobrepastoreo. Margen derecha de la Quebrada Cruz Blanca (Caserío Huayllapampa).**

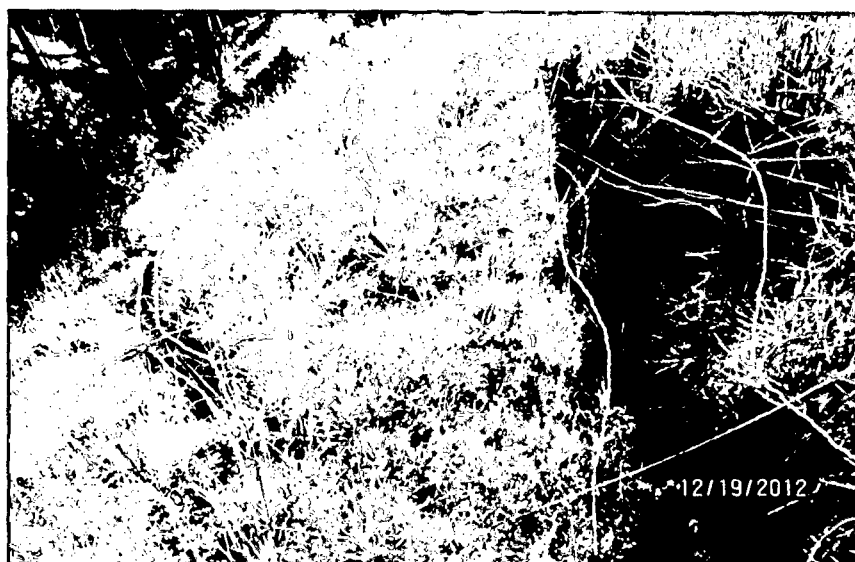
Este fenómeno se puede observar en el eje principal de la microcuenca en estudio, la Quebrada Cruz Blanca, ocasionando la inestabilidad de las pendientes sobre todo en los caseríos de Chinchimarca y Aylambo.



**Foto N° 67. Zona evidenciando curvatura de los árboles debido a la reptación. (Caserío Aylambo)**



**Foto N° 68. Zona de reptación del suelo por inclinación de la ladera en la margen derecha de la Quebrada Cruz Blanca (Caserío Chinchimarca).**



**Foto N° 69. Grietas que indican zona de reptación en la Quebrada Cruz Blanca (Caserío Huayllapampa).**

#### **4.6 Inundaciones**

Las inundaciones se definen como la incursión o desborde del agua sobre zonas o áreas que en condiciones normales son o se encuentran secas pero por el efecto del desborde temporal de un río, lago,

quebrada u otro; se inundan o son anegados. Estos fenómenos son controlados por la geomorfología y nos indican la existencia de condiciones topográficas (cauces antiguos, terrenos de cultivo).

Uno de los factores principales que influyen en las inundaciones de la microcuenca Cruz Blanca – Los Chilcos es la lluvia estacional la misma que se presenta entre los meses de enero y marzo.

Los puntos principales que son afectados por las inundaciones son:

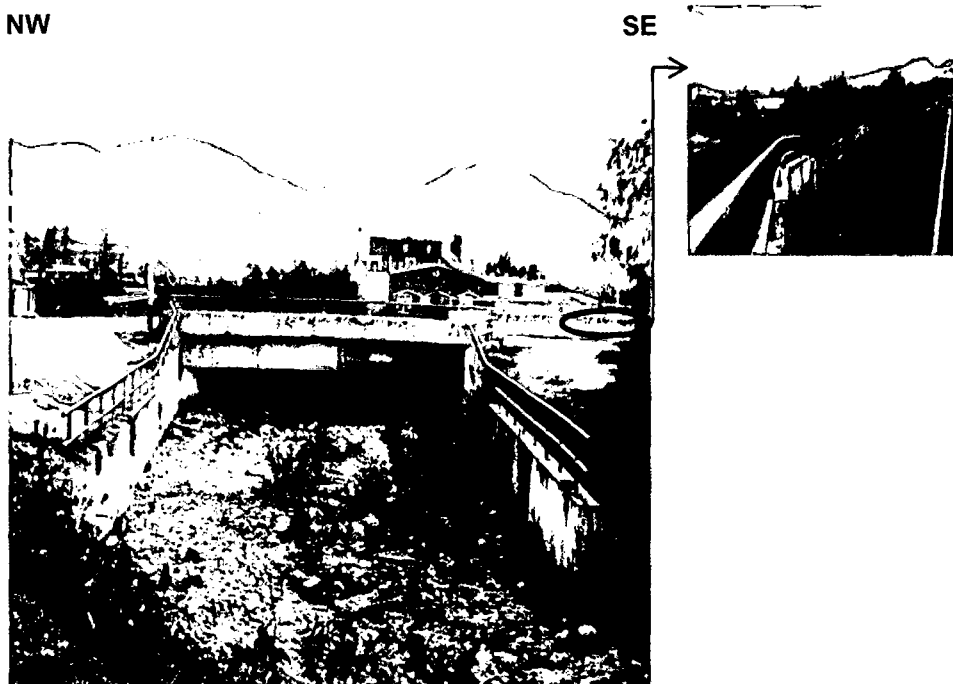
- ✓ Entre la Av. Alfonso Ugarte y la Prolongación de la Av. San Martín en épocas de crecida el lecho de la quebrada es insuficiente para soportar el volumen de agua incrementada con la carga sólida porque está completamente lleno de desmonte, basura y material acarreado por la corriente no teniendo un ancho y altura adecuados y afectando las viviendas y terrenos ubicados en las márgenes.



**Foto N° 70. Cauce de la Quebrada Cruz Blanca completamente lleno de desmonte y basura (Jr. Los Chilcos).**

- ✓ En el cruce del Jr. Los Chilcos con la Prolongación de la Av. San Martín existe una desviación abrupta de la dirección de la quebrada porque han modificado el cauce natural siendo este punto el causante de desbordes e inundaciones que afectan principalmente al Colegio Julio Ramón Ribeyro, viviendas de la

Lotización 2010, Penal de Huacariz y terrenos existentes así también en menor intensidad al Condominio Los Eucaliptos, Hospital Regional y las Oficinas de la Empresa Minera Yanacocha.



**Foto N° 71. Cauce modificado de la Quebrada Cruz Blanca en el cruce Av. Los Chilcos y Prolongación San Martín.**



**Foto N° 72. Viviendas ubicadas al borde de la margen derecha de la Quebrada Cruz Blanca, son inundadas en época de lluvias (Caserío Shucapampa).**



**Foto N° 73. Hospital Regional de Cajamarca ubicado en la margen izquierda de la Quebrada Cruz Blanca y es afectado en los meses de lluvias.**



**Foto N° 74. Condominio Los Eucaliptos ubicado en la margen izquierda de la Quebrada Cruz Blanca y es afectado en los meses de lluvias.**



*Foto N° 75. Inundación del 18 de marzo 2013 causando daños materiales en el Colegio Julio Ramón Ribeyro.*



*Foto N° 76. Inundación en las aulas del Colegio Julio Ramón Ribeyro.*



**Foto N° 77. Inundación del 18 de marzo 2013, Penal de Huacariz y sembríos parcialmente afectados con pérdidas económicas considerables.**



**Foto N° 78. Infraestructura erosionada por la cantidad de agua que transita en época de lluvia (precipitación fuerte del 18 de marzo 2013)**





**Foto N° 79. Puente peatonal destruido por la crecida de la Quebrada Cruz Blanca suscitada el 18 de marzo 2013.**

- ✓ Entre la Av. Vía de Evitamiento y la desembocadura en el río Mashcón las viviendas existentes, terrenos y sembríos son inundados porque el cauce tiene una profundidad mínima de 0.00 a 0.05 m y el ancho varía entre 1.00 y 0.20 m inclusive.



**Foto N° 80. Cauce de la Quebrada Cruz Blanca al nivel de los terrenos aledaños.**



**Foto N° 81. Terrenos y sembríos ubicados en el Caserío Huacariz Chico afectados por las inundaciones.**



**Fotos N° 82 y 83. Camino peatonal de la Empresa Minera Yanacocha afectando el cauce de la Quebrada Cruz Blanca y el 18 de marzo 2013 las fuertes precipitaciones lo destruyeron.**

## 5. Comportamiento Geodinámico

En la Microcuenca Cruz Blanca – Los Chilcos tenemos zonas morfodinámicas con problemas de inestabilidad y de riesgo geodinámico los que causan impactos negativos para el medio físico como para el hombre.

Es muy importante conocer las zonas inestables para poder tomar las acciones pertinentes según la magnitud de cada una de ellas. Por ello analizando el comportamiento geodinámico de la microcuenca se ha clasificado las zonas tomado en cuenta criterios como la concentración de fenómenos de geodinámica externa, aspectos geomorfológicos, climáticos, hidrológicos y litológicos.

Para el análisis del comportamiento geodinámico de la microcuenca se consideró áreas afectadas por eventos característicos que vienen sucediendo y afectando a la zona como:

1. Zonas de erosión de laderas.
2. Zonas de deslizamientos.
3. Zonas de derrumbes.
4. Zonas de desprendimiento de rocas.
5. Zonas de reptación.
6. Zonas de inundación.

**Tabla N° 24**  
**Comportamiento Geodinámico de la Microcuenca Cruz Blanca – Los Chilcos.**

COMPORTAMIENTO GEODINÁMICO	
Categoría	Actividad Geodinámica (Eventos)
I	Erosión, Derrumbes, Deslizamientos, Desprendimientos de rocas, Inundación.
II	Erosión, Derrumbes, Deslizamientos, Desprendimientos de rocas.
III	Deslizamientos, Reptación.

La relación, frecuencia y cantidad de estos eventos geodinámicos han permitido diferenciar tres zonas de inestabilidad. El modelo geodinámico de la microcuenca en estudio es la base para la interpretación, estructuración y desarrollo de planes de protección.

**Tabla N° 25**  
**Parámetros para la clasificación de zonas inestables en la**  
**Microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos.**

CLASIFICACION DE ZONAS POR INESTABILIDAD			
Categoría	N° de Eventos	Tipo	Color
I	5 - 7	ALTAMENTE INESTABLE	
II	3 - 4	INESTABLE	
III	< 2	MODERADAMENTE INESTABLE	

### 5.1 Zona Altamente Inestable

Esta zona es altamente sensible a los fenómenos de la geodinámica externa, tales como erosión de laderas, derrumbes, deslizamientos, desprendimientos de rocas e inundaciones, que se producen periódicamente y actualmente vienen ocasionando cuantiosos daños a la infraestructura de instituciones públicas y privadas, viviendas de caseríos, urbanizaciones y terrenos de cultivo existentes.

Se localiza principalmente en la parte baja y media de la microcuenca (Caseríos Aylambo, Mollepampa, Huacariz Grande y Huacariz Chico). Estos fenómenos están supeditados a las precipitaciones, acción de las crecidas del caudal de la quebrada y a la acción antrópica.

### 5.2 Zona Inestable

Esta zona se localiza en la parte media de la microcuenca y se caracteriza porque sus características geomorfológicas y lito-estructurales, muestran actividad de fenómenos de geodinámica

externa, pero por su frecuencia y en algunos casos su magnitud representa peligro, principalmente para las viviendas y terrenos de caseríos cercanos como Aylambo, Chinchimarca, Amoshulca y Agomarca Alta.

Es importante considerar que las bruscas alteraciones climáticas y la actividad del hombre principalmente en el área ocasionan estos fenómenos (erosión de laderas, derrumbe, deslizamientos y desprendimientos de rocas).

### **5.3 Zona Moderadamente Inestable**

Zonas localizadas principalmente en las partes altas y media de la microcuenca, donde la topografía influye en la geodinámica, localizándose fenómenos de pequeña magnitud, deslizamientos, reptación y en algunos casos erosión.

Los caseríos de Huayllapampa, Chinchimarca, Choropunta, Amoshulca, Aylambo y Shucapampa son afectados por estos fenómenos respecto a sus terrenos.

## **CAPITULO XII**

### **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

#### **1. Evaluación y Análisis del Sistema Vial de la Microcuenca**

Se realizará una evaluación y análisis del estado y condiciones de seguridad del sistema vial que influye en la Microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos.

##### **1.1 Evaluación del Sistema Vial de la Microcuenca**

En general nuestro país está perdiendo millones de dólares a causa del deterioro de las carreteras y caminos, por ello se debe implementar y realizar un plan de conservación. Las redes viales que forman parte de la microcuenca tienen poco y ningún mantenimiento por lo que se deterioran fácilmente mucho más en época de lluvia.

Existen vías actualmente que están inconclusas porque las autoridades no llegan a un acuerdo con los dueños de los terrenos por donde pasa el diseño de la carretera.

##### **1.1.1 Causas del Deterioro**

- ✓ Diseño inapropiado.
- ✓ Efectos de fenómenos naturales suscitados como las lluvias.
- ✓ No existe presupuesto de mantenimiento o las autoridades no lo destinan para este propósito.
- ✓ Exceso de cargas en los pavimentos.
- ✓ Población en general realiza zanjas en las vías para hacer conexiones de agua o desagüe.

- ✓ Los usuarios de los caminos tardan en darse cuenta o hacen caso omiso a las condiciones de las vías y no actúan para remediar la situación.

### **1.1.2 Condiciones de las Vías**

Según el Banco Mundial para clasificar las vías se tiene en consideración los siguientes aspectos:

- ✓ **BUENAS CONDICIONES:** Los caminos asfaltados están sensiblemente libres de defectos y solamente requieren mantenimientos de rutina.
- ✓ **MEDIANAS CONDICIONES:** Los caminos asfaltados tienen defectos de importancia y requieren renovación del afirmado o refuerzo. Los caminos no asfaltados necesitan renovación del afirmado (Nueva capa de gravilla) y reparaciones del drenaje en determinados puntos.
- ✓ **MALAS CONDICIONES:** Los caminos asfaltados tienen defectos extensos y requieren rehabilitación o reconstrucción inmediatas. Los caminos no asfaltados necesitan reconstrucción y obras de drenaje grandes.
- ✓ **MUY MALAS CONDICIONES:** Los caminos asfaltados y las trochas carrozables están intransitables y requieren replanteo del trazo y estudios geológicos-geotécnicos puntuales.

Las vías que influyen en la microcuenca según las condiciones que presentan están en malas y muy malas condiciones.

## **1.2 Análisis del Sistema Vial de la Microcuenca**

A continuación se describe las características de las carreteras, trochas carrozables y caminos de herradura existentes en la zona de estudio.

### 1.2.1 Carretera Cajamarca - Cumbe Mayo - Caserío Huayllapampa

Tiene aproximadamente 13 a 15 Km. de recorrido pero solo incluye 1 Km. dentro del área la cual está sin afirmar. En su trayecto corta rocas sedimentarias ligeramente alteradas y fracturadas. Los taludes naturales son estables.

Esta vía se encuentra en medianas condiciones, necesita reparaciones en determinados lugares.



*Foto N° 84. Tramo de la carretera Cajamarca - Cumbe Mayo - Caserío Huayllapampa sin afirmar.*

### 1.2.2 Carretera Av. Independencia (Cajamarca - Distrito de Pacasmayo)

La longitud aproximada de esta carretera es de 160 Km., el tramo que abarca la microcuenca es desde Cajamarca hasta el Cruce con el acceso que comunica al Caserío de Pariamarca la cual se describe a continuación:

Es una vía de primer orden, totalmente asfaltada (en algunas zonas los fenómenos de geodinámica externa la han dañado y la indiferencia de las autoridades contribuye a las malas condiciones de la vía).

Los taludes naturales y taludes de corte existentes son inestables en un gran porcentaje del tramo por lo que se producen deslizamientos,



derrumbes, caída de rocas. Estos fenómenos tienen como causas, la incompetencia de la roca madre, fuertes precipitaciones y la existencia de canteras en el área.



*Foto N° 85. Canteras de arena que inestabilizan el talud en la carretera Cajamarca - Distrito de Pacasmayo.*

### **1.2.3 Carretera Av. Alfonso Ugarte (Cajamarca - Caseríos Shudall y Paccha Chica)**

Esta carretera se encuentra afirmada hasta el cruce con la Av. Los Héroes, es de aproximadamente 6 km. de longitud y se encuentra casi paralela a la carretera de Av. Independencia.

Existen pequeños afloramientos de rocas tipo areniscas que pertenecen a la Formación Chimú y depósitos aluviales.

Los taludes naturales son estables y los de corte inestables en su gran mayoría debido al mal uso del agua de regadío y por el impacto que causa el hombre.

### **1.2.4 Carretera Av. La Paz (Cajamarca - Caserío Paccha Grande)**

El trayecto de esta carreta se encuentra totalmente poblada, está actualmente asfaltada y se encuentra en medianas condiciones por lo que necesita mantenimiento de rutina.

Se observa pequeños afloramientos de lutitas y algunos depósitos aluviales en terrenos de cultivo.

#### **1.2.5 Carretera Av. San Martín de Porres (Cajamarca - Caserío Comunpampa).**

Carretera asfaltada desde Cruce con Av. Atahualpa hasta la Av. Los Chilcos y en proyecto de afirmar y asfaltar hasta el Caserío de Agocucho.

Se encuentra en medianas condiciones y se necesita concluir con la construcción de la vía.



*Foto N° 86. Carretera Av. San Martín sin afirmar cerca al colegio Julio Ramón Ribeyro (Época de estiaje).*

Tiene una longitud de 8 Km. aproximadamente. La zona está poblada en gran parte pero en la zona cercana al Penal de Huacariz existen afloramientos de rocas sedimentarias como areniscas.



*Foto N° 87. Carretera Av. San Martín sin afirmar cerca al colegio Julio Ramón Ribeyro (Época de lluvia).*

### **1.2.6 Carretera Av. Vía de Evitamiento Sur (Cajamarca - Distrito de Jesús)**

Carretera totalmente asfaltada, actualmente en buenas condiciones. El área de estudio comprende 1 km. aproximadamente.

Se observa que la carretera corta algunos depósitos lacustres y terrenos de cultivo en su recorrido cuyos taludes naturales son estables a medianamente estables.



*Foto N° 88. Carretera Av. Vía de Evitamiento Sur en buenas condiciones en el Caserío Huacariz Chico.*

### **1.2.7 Trocha Carrozable Agomarca Alta, Choropunta y Huayllapampa**

Esta trocha parte desde el Cruce entre la carretera al caserío de Pariamarca con la Carretera Cajamarca - Pacasmayo con un recorrido aproximado de 7 km. Aproximadamente.

La trocha se encuentra en malas condiciones es por ello que se necesita mantenimiento y reparaciones en tramos.

Los taludes naturales son estables y los de corte inestables en su gran mayoría por el diseño no adecuado.

### **1.2.8 Trocha Carrozable Cumbe Mayo - Caseríos Aylambo y Amoshulca**

La trocha está en la zona El Gavilán (Carretera Cajamarca - Pacasmayo) con un recorrido aproximado de 6 km.

Actualmente se encuentra en medianas condiciones y necesita mantenimiento de rutina.

Los taludes naturales y de corte son estables a débilmente inestables por el impacto que causa el hombre.



*Foto N° 89. Trocha carrozable Cumbe Mayo - Caseríos Aylambo y Amoshulca en medianas condiciones (parte alta Quebrada El Guitarrero).*

### **1.2.9 Camino de Herradura Cruz Blanca - Caserío Huayllapampa**

En la microcuenca existen además caminos de herradura que son utilizados por los pobladores para trasladarse con facilidad de un lugar a otro, el camino de herradura Cruz Blanca - Caserío Huayllapampa es el principal y se inicia en el Caserío de Shucapampa.

Actualmente esta vía se encuentra en medianas condiciones ya que el estado de conservación y mantenimiento depende solamente de los pobladores.



**Foto N° 90. Camino de herradura Cruz Blanca - Caserío Huayllapampa en medianas condiciones.**

## **2. Análisis Geodinámico de los Caseríos**

Con la finalidad de ver las condiciones de seguridad física de los caseríos existentes en el área de la microcuenca se realizó una evaluación general en cada uno de ellos:

### **2.1 Caserío Agomarca Alta**

Se encuentra ubicado en la provincia y distrito de Cajamarca al sur - sureste de la microcuenca, en la margen derecha de la Quebrada Cruz Blanca entre 2900 a 3100 msnm.

Es accesible por dos vías principales: carretera asfaltada Cajamarca - Distrito de Pacasmayo y trocha carrozable Agomarca Alta - Choropunta - Huayllapampa.

Se ubica sobre pendientes bajas a moderadas y en áreas muy pequeñas tenemos pendientes muy bajas.

Presenta rocas sedimentarias, secuencia de areniscas con intercalaciones de lutitas de grano fino y algunos depósitos tipo aluvial.

Las viviendas en su mayoría son antiguas están construidas de tapial, algunas de adobe y actualmente de material noble.

Respecto al riesgo geodinámico el caserío se encuentra como una Zona Inestable a Estable por estar propensa a derrumbes y deslizamientos.

## **2.2 Caserío Amoshulca**

Está ubicado en la provincia y distrito de Cajamarca al sur - sureste de la microcuenca, en la margen derecha del afluente El Guitarrero y de la quebrada Cruz Blanca entre 2850 a 3100 msnm.

Es accesible por la carretera asfaltada Cajamarca - Distrito de Pacasmayo.

Existen laderas de pendientes moderadas a bajas en toda la zona.

Se observan rocas sedimentarias (areniscas amarillentas con intercalaciones de lutitas), rocas volcánicas y depósitos aluviales.

Las viviendas en su mayoría están construidas de tapial, algunas de adobe y actualmente construyen las viviendas de material noble.

Respecto al riesgo geodinámico el caserío se encuentra como una Zona Moderadamente Inestable a Estable por estar propensa a derrumbes y caída de rocas.

## **2.3 Caserío Aylambo**

Está ubicado en la provincia y distrito de Cajamarca al noroeste de la microcuenca, en las márgenes derecha e izquierda de la quebrada

Cruz Blanca y margen izquierda del Río El Guitarrero entre 2800 a 3150 msnm.

Es accesible por tres vías principales: carretera asfaltada Cajamarca - Distrito de Pacasmayo, trocha carrozable Cumbe Mayo - Caseríos Aylambo y Amoshulca y el Camino de Herradura Cruz Blanca - Caserío Huayllapampa.

Existen laderas de pendientes bajas a moderadas y en sectores pequeños pendientes altas.

Se observan rocas sedimentarias (areniscas amarillentas con intercalaciones de lutitas) y depósitos aluviales.

Las viviendas están construidas de quincha, adobe, algunas de tapial y actualmente de material noble.

Respecto al riesgo geodinámico el caserío se encuentra como una Zona Altamente Inestable a Inestable por estar propensa a deslizamientos, derrumbes, caída de rocas y evidencia de reptación.

#### **2.4 Caserío Chinchimarca**

Se encuentra ubicado en la provincia y distrito de Cajamarca al oeste y noroeste de la microcuenca, en las márgenes derecha e izquierda de la Quebrada Cruz Blanca y margen izquierda del Río El Guitarrero, entre 2900 a 3200 msnm.

Es accesible por diversas vías siendo las principales: carretera asfaltada Cajamarca - Distrito de Pacasmayo, trocha carrozable Cumbe Mayo - Caseríos Aylambo y Amoshulca, trocha carrozable Agomarca

Alta, Choropunta y Huayllapampa y el camino de Herradura Cruz Blanca - Caserío Huayllapampa.

Existen laderas de pendientes moderadas a bajas y áreas con pendientes altas.

Se observan rocas sedimentarias (areniscas grises a ligeramente amarillentas con paquetes de calizas margosas y lutitas) y presencia de depósitos aluviales.

Las viviendas están construidas de adobe, tapial y existen viviendas antiguas de quincha.

Respecto al riesgo geodinámico el caserío se encuentra como una Zona Moderadamente Inestable a Inestable por presentar deslizamientos, derrumbes, caída de rocas y erosión en las laderas.

## **2.5 Caserío Choropunta**

Está ubicado en la provincia y distrito de Cajamarca, al suroeste de la microcuenca, en la margen derecha de la Quebrada Cruz Blanca. Está a una altitud de 3200 a 3500 msnm.

Es accesible por algunas vías como: carretera asfaltada Cajamarca - Distrito de Pacasmayo, trocha carrozable Agomarca Alta, Choropunta y Huayllapampa y el camino de Herradura Cruz Blanca - Caserío Huayllapampa.

En la zona tenemos pendientes moderadas a bajas y áreas pequeñas con pendientes altas. Tiene rocas sedimentarias levemente fracturadas siendo una secuencia de calizas y margas ligeramente gris parduzcas y afloramientos de rocas volcánicas.



La mayoría de viviendas están construidas de adobe, tapial y algunas son de quincha.

Respecto al riesgo geodinámico el caserío se encuentra como una Zona Estable a Moderadamente Inestable por presentar caída de rocas esporádicas.

## **2.6 Caserío Comunpampa**

Está ubicado en la provincia y distrito de Cajamarca al este de la microcuenca, en la margen derecha de la quebrada Cruz Blanca, a una altitud de 2670 msnm.

Es accesible por dos vías principales: carretera Av. San Martín y carretera Av. La Paz las cuales están totalmente afirmadas.

En la zona tenemos pendientes muy bajas a bajas.

La zona se encuentra sobre depósitos tipo aluvial y existen pequeños afloramientos de rocas areniscas.

La mayoría de viviendas están construidas de adobe y tapial, actualmente están construyendo de material noble.

Respecto al riesgo geodinámico el caserío se encuentra como una Zona Estable.

## **2.7 Caserío Huacariz Chico**

Está ubicado en la provincia y distrito de Cajamarca al noreste de la microcuenca, en la margen derecha e izquierda de la quebrada Cruz Blanca hasta su desembocadura en el Río Mashcón a una altitud de 2650 msnm.

Es accesible por la carretera de la Av. Vía de Evitamiento que se encuentra totalmente asfaltada y en buenas condiciones.

En el caserío existen pendientes muy bajas. La zona se encuentra sobre depósitos tipo lacustre y fluvial. No hay evidencia de afloramientos de rocas.

Las pocas viviendas que existen están construidas de adobe y algunas de material noble. La mayor parte del área son terrenos agrícolas utilizados para sembríos y alimentación del ganado.

Respecto al riesgo geodinámico el caserío se encuentra como una Zona Altamente Inestable (Altamente Crítica).

## **2.8 Caserío Huacariz Grande**

Está ubicado en la provincia y distrito de Cajamarca al noreste de la microcuenca, en la margen derecha e izquierda de la quebrada Cruz Blanca a una altitud de 2660 msnm.

Es accesible por dos vías principales como: carretera de la Av. San Martín y Av. Vía de Evitamiento las que están en buenas condiciones.

En toda la zona tenemos pendientes muy bajas. La zona se encuentra sobre depósitos tipo aluvial y lacustre.

Las viviendas son de material noble y algunas de adobe. Existen terrenos agrícolas y un área de la zona aún no es construida.

Respecto al riesgo geodinámico el caserío se encuentra como una Zona Altamente Inestable (Altamente Crítica).

## **2.9 Caserío Huayllapampa**

Se encuentra ubicado en la provincia y distrito de Cajamarca al oeste y suroeste de la microcuenca, en las márgenes derecha e izquierda de la Quebrada Cruz Blanca, entre 3300 a 3800 msnm.

Es accesible por diversas vías siendo las principales: carretera Cajamarca - Cumbe Mayo - Caserío Huayllapampa, carretera Cajamarca - Distrito de Pacasmayo, trocha carrozable Agomarca Alta, Choropunta y Huayllapampa y el camino de Herradura Cruz Blanca - Caserío Huayllapampa.

Existen laderas de pendientes moderadas a bajas y áreas con pendientes altas a muy altas. Se observan rocas sedimentarias ligeramente fracturadas (areniscas grises amarillentas de grano fino con lutitas marrones) y afloramientos de rocas volcánicas.

La mayoría de las viviendas son antiguas, están construidas de adobe, tapial, quincha y escasas viviendas son de material noble.

Respecto al riesgo geodinámico el caserío está considerado como una Zona Moderadamente Inestable a Estable por estar propenso a fenómenos de caída de roca, deslizamientos y escasa erosión en las laderas.

## **2.10 Caserío Mollepampa**

Está ubicado en la provincia y distrito de Cajamarca al noreste de la microcuenca, en las márgenes derecha e izquierda de la quebrada Cruz Blanca, entre 2680 a 2750 msnm. Es accesible por dos vías principales como: carretera de la Av. La Paz y carretera Av. San Martín las que actualmente se encuentran en malas condiciones.

En la zona tenemos pendientes muy bajas a bajas y algunos sectores pendientes moderadas.

La zona se encuentra sobre depósitos tipo aluvial. Existen afloramientos de areniscas amarillentas al costado del Penal de Huacariz.

Las viviendas son de material noble y algunas de adobe y tapial. Existen terrenos agrícolas y un área de la zona aún no ha sido construida. En este caserío se encuentra ubicado un penal de máxima seguridad "Huacariz".

Respecto al riesgo geodinámico un área considerable del caserío se encuentra considerada como Zona Altamente Inestable (Altamente Crítica).

## **2.11 Caserío Paccha Chica**

Está ubicado en la provincia y distrito de Cajamarca al este de la microcuenca, en la margen derecha de la quebrada Cruz Blanca, entre 2800 a 2900 msnm.

Es accesible por dos vías principales como: carretera de la Av. Alfonso Ugarte y carretera de Av. La Paz las que actualmente se encuentran en buenas condiciones.

En la zona tenemos pendientes bajas a muy bajas y algunos sectores pendientes moderadas.

En la zona tenemos afloramientos de rocas sedimentarias (areniscas, cuarcitas) y depósitos tipo aluvial.

Las pocas viviendas son de material noble y algunas de adobe y tapial. Un área considerable son terrenos con plantaciones de eucalipto y como zonas de expansión.

Respecto al riesgo geodinámico el caserío se encuentra considerado como Zona Estable.

## **2.12 Caserío Paccha Grande**

Está ubicado en la provincia y distrito de Cajamarca al este y sureste de la microcuenca, en la margen derecha de la quebrada Cruz Blanca, entre 2700 a 3000 msnm. Es accesible por dos vías principales como: carretera de Av. La Paz y carretera de la Av. San Martín las que actualmente se encuentran en medianas condiciones.

En la zona tenemos pendientes moderadas a bajas y en algunos sectores pendientes muy bajas. Se observa afloramientos de rocas sedimentarias (areniscas amarillentas de grano fino a medio, cuarcitas) y depósitos tipo aluvial.

Las pocas viviendas son de material noble y algunas de adobe y tapial. Existen áreas con plantaciones de eucalipto y destinadas para el pastoreo.

Respecto al riesgo geodinámico el caserío se encuentra considerado como una Zona Estable.

## **2.13 Caserío Shucapampa**

Está ubicado en la provincia y distrito de Cajamarca al norte y noreste de la microcuenca, en las márgenes derecha e izquierda de la Quebrada Cruz Blanca y de los Ríos Aylambo y El Guitarrero

(desembocaduras), entre 2750 y 2850 msnm. Es accesible por tres vías principales como: carretera Cajamarca - Distrito de Pacasmayo, carretera Av. Héroes del Cenepa y carretera Av. Alfonso Ugarte las que actualmente se encuentran en medianas a malas condiciones.

En la zona tenemos pendientes bajas a muy bajas y pequeños sectores con pendientes moderadas.

La zona se encuentra sobre depósitos tipo aluvial, existen escasos afloramientos de lutitas con intercalaciones de areniscas amarillentas de grano fino.

Las viviendas están construidas de adobe, tapial y algunas de material noble. Existen terrenos con plantaciones y otros destinados para sembríos.

Respecto al riesgo geodinámico el caserío se encuentra considerado como Zona Moderadamente Inestable.

#### **2.14 Caserío Shudall**

Está ubicado en la provincia y distrito de Cajamarca al noreste de la microcuenca, en la margen derecha de la Quebrada Cruz Blanca y margen derecha e izquierda del Río El Guitarrero, entre 2770 a 2900 msnm.

Es accesible por dos vías principales como: carretera Cajamarca - Distrito de Pacasmayo y la carretera de la Av. Alfonso Ugarte que actualmente se encuentran en malas condiciones.

En la zona tenemos pendientes bajas a muy bajas y pequeños sectores con pendientes moderadas. Presenta afloramientos de areniscas de grano fino a medio con intercalaciones de lutitas y depósitos tipo aluvial.

Las viviendas están construidas mayormente de material noble, existen viviendas antiguas de adobe y tapial.

Respecto al riesgo geodinámico el caserío se encuentra considerado como Zona Moderadamente Inestable a Estable.

### **3. Impacto Ambiental**

Las acciones del hombre producen alteraciones, modificaciones o cambios favorables o desfavorables de cierta magnitud y complejidad en el medio. El uso racional de los recursos y conservación del ambiente natural, debe ser un tema prioritario de las autoridades tanto a nivel regional como nacional.

El tema ambiental implica una evaluación que ayude a identificar y prevenir las alteraciones causadas por las acciones del hombre sobre la calidad de vida y los sistemas ambientales.

En la microcuenca existen modificaciones considerables que afectan al medio ambiente y se menciona a continuación:

- ✓ La construcción de carreteras, trochas carrozables, canales para regadíos en la zona provocan alteraciones en el medio ambiente como pérdida de tierras en los trayectos sin cubierta vegetal o en áreas que han sido deforestadas.
- ✓ Las diversas canteras de arena y grava existentes en los caseríos de Amoshulca y Agomarca Alta (Carretera Cajamarca - Distrito de Pacasmayo) son altamente contaminantes, incrementan la acción de los agentes erosivos del suelo y es necesario exigir un Estudio de Impacto Ambiental antes de su puesta en marcha así como durante su funcionamiento.
- ✓ Uno de los factores de mayor incidencia en el deterioro del medio ambiente y en la pérdida de áreas de cultivo es la desertificación

por la tala indiscriminada de los bosques y por el sobrepastoreo principalmente.

### **3.1 Conservación y Manejo de los Recursos Agua y Suelo**

En 1979 A. Dourojeanni dice: "Conservar significa, mantener en buen uso los recursos Agua y Suelo en tiempo, con fines de producción sostenida y conservación del Medio Ambiente".

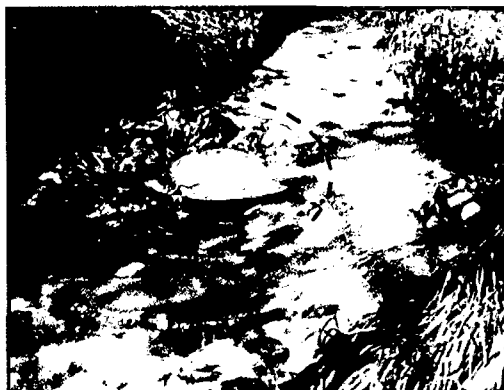
Para conservar estos recursos naturales renovables tan importantes para el ser humano como el agua y suelo se debe realizar un ordenamiento como clave para la correcta conservación de los recursos el cual permitirá al ser humano:

- ✓ Utilizar los recursos de acuerdo a su capacidad y a las demandas que sobre él existe, asegurando y cuidando su equilibrio ecológico permanente.
- ✓ Utilizar los suelos de acuerdo a la capacidad que se tenga y en el caso de que se requiera alterarlos deberán tomarse las previsiones del caso.
- ✓ Aplicar técnicas y métodos de riego y drenaje en los terrenos para controlar la escorrentía superficial y erosión del suelo en la microcuenca.
- ✓ Tomar acciones para mejorar la utilización del agua de lluvia y el agua destinada para regadío con la finalidad de tener una excelente producción y productividad y evitar la degradación y pérdida de los recursos naturales.

Un buen manejo de los recursos agua y suelo implica dirigir el uso eficiente de estos recursos a nivel de microcuenca, con fines de producción y protección.



Se debe tomar acciones para mejorar la utilización del agua, teniendo como meta el evitar la degradación o pérdida de los recursos naturales.



**Fotos N° 91, 92 y 93. Buzones de desagüe ubicados en el cauce de la Quebrada Cruz Blanca, desembocadura al río Mashcón (Caserío Huacariz Chico).**



**Foto N° 94. Cauce de la Quebrada Cruz Blanca contaminado con derrame de aceite quemado (Caserío Huayllapampa).**

### **3.2 Conservación y Manejo de los Bosques**

En el Perú existen recursos naturales como bosques, suelos, tierras, fauna, agua, pesquería, etc., de los que muchas ciudades dependen su prosperidad y parecían ilimitados pero actualmente están desapareciendo por la sobreexplotación del hombre.

En la Microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos la deforestación es el resultado de la ignorancia y explotación humana, la tala indiscriminada de algunos y pocos bosques existentes como eucalipto, ciprés y huarango está produciendo el avance de la desertificación, específicamente en los caseríos Amoshulca, Shudall, Paccha Chica, Paccha Grande, Comunpampa y cerca de los ríos Aylambo y El Guitarrero.

En otras áreas de la microcuenca la tala indiscriminada y el sobrepastoreo, causa pérdida de terrenos de cultivo y aumenta la incidencia de algunos fenómenos de Geodinámica externa, como deslizamientos, erosión de laderas.

### **4. Plan de Tratamiento y Alternativas de Solución según el Tipo de Evento de Geodinámica Externa**

Se indica algunas medidas de solución a los problemas geodinámicos que se presentan en la microcuenca.

Tener en consideración que los efectos de los fenómenos de Geodinámica Externa se pueden mitigar solamente si se tiene conocimiento pleno del origen, mecanismo y evolución de los mismos con apoyo de la geología.

Los problemas por el uso del agua superficial y subterránea y la estabilidad de las construcciones (puentes, caminos, represas, canales, viviendas) tendrán una solución correcta y apropiada con el conocimiento geológico de los lugares donde están sucediendo.

#### **4.1 Erosión de Laderas**

Las acciones preventivas a ejecutar referentes a la erosión intensa en la zona para proteger las áreas de las márgenes de los ríos que son susceptibles a este fenómeno están íntimamente ligadas a las que se adopten en su entorno, considerando que su ocurrencia está relacionada con el clima de la microcuenca y las épocas de lluvia.

En los ríos principales y secundarios las medidas a adoptar estarán de acuerdo a la magnitud e importancia del fenómeno considerando lo siguiente:

- ✓ Construcción de muros de contención, en las áreas afectadas por este proceso erosivo como las ubicadas en el caserío de Huayllapampa, Chinchimarca y Aylambo.
  
- ✓ Ejecutar enrocados o gaviones en las área de los caseríos de Huacariz Grande y Chico para proteger las márgenes contra las crecidas de la quebrada y afluentes.



***Foto N° 95. Pequeño muro de gaviones en el cauce de la Quebrada Cruz Blanca (Caserío Chinchimarca).***

- ✓ Es necesario realizar una forestación y/o reforestación en algunas áreas depredadas de las laderas y en las márgenes de la quebrada y afluentes.

## 4.2 Deslizamientos

Para evitar y controlar los deslizamientos existentes en la microcuenca se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- ✓ Reforestar con arbustos y/o hierbas de especies apropiadas al suelo, clima y de raíz profunda principalmente las zonas de mayor incidencia.
- ✓ Ejecutar cunetas, acequias de desvío, zanjas drenantes que sean paralelas a la línea de máxima pendiente para impedir que las aguas de las lluvias caigan en las laderas y éstas las desestabilicen.
- ✓ Modificar en algunas zonas el perfil del talud con corte para disminuir los esfuerzos.
- ✓ Colocar bermas en el pie de los taludes inestables.



Foto N° 96. Reforestación en un área afectada por deslizamientos, Caserío Chinchimarca.

### **4.3 Derrumbes**

En la microcuenca existen derrumbes en causes y vías, como práctica de control se debe utilizar el siguiente proceso:

- ✓ Contar con un drenaje natural, apropiado, o construir uno artificial para la evacuación rápida de las aguas del derrumbe y evitar saturaciones en las partes inferiores.
- ✓ Canalizar las aguas centrales y laterales del derrumbe hasta el drenaje natural o artificial.
- ✓ Reforestar las áreas afectadas por derrumbes y evitar posibles erosiones por la pérdida de suelo.
- ✓ Construir infraestructuras de defensa necesarias para el control como diques o muros de contención en gaviones, mampostería o concreto reforzado.

### **4.4 Desprendimientos de Rocas**

Para prevenir el desprendimiento de rocas frecuentes y esporádicas en la zona de la microcuenca se debe tomar en consideración lo siguiente:

- ✓ Ejecutar precorte en futuros taludes.
- ✓ Realizar un desquinche en los cauces de la Quebrada Cruz Blanca y afluentes, principalmente en zonas altas así como en las vías existentes.
- ✓ Colocar malla con rocas tipo andenes en áreas de caída de rocas frecuentes.
- ✓ Realizar reforestación en las zonas afectadas.

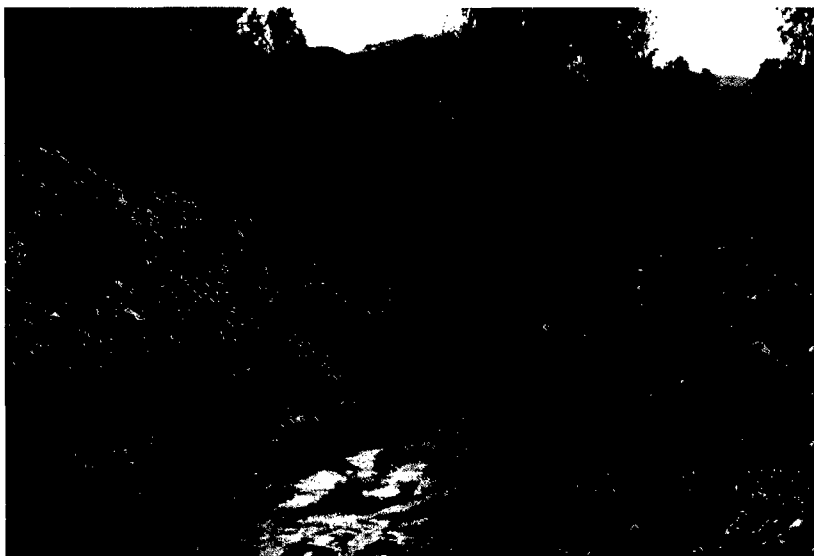
#### **4.5 Reptación**

La microcuenca está siendo afectada por este tipo de evento en el Caserío de Aylambo por existir humedad y sobrepastoreo principalmente. Para controlar es necesario:

- ✓ Modificar la inclinación del talud.
- ✓ Reforestar las zonas con plantas de eucalipto por ser especies que consumen agua en cantidades y ayudan a la estabilización del talud.

#### **4.6 Inundaciones**

En la microcuenca las inundaciones originan algunas zonas altamente inestables. En épocas de lluvia muy frecuentemente se producen inundaciones afectando a la población, infraestructura existente y áreas de cultivo. El resultado son las pérdidas económicas como es el caso de los caseríos de Comunpampa, Mollepampa, Huacariz Chico y Huacariz Grande.



*Foto N° 97. Mantenimiento de una zona del cauce de la Quebrada Cruz Blanca (Caserío Shucapampa).*

Para prevenir o disminuir la intensidad de este fenómeno es necesario ejecutar lo siguiente:

- ✓ Realizar el encauzamiento en áreas donde se producen los desbordes e inundaciones por crecidas de la Quebrada y afluentes lo que abarca trabajos de excavación, remoción y transporte del material acumulado en el fondo del lecho. Urgente desde la altura de la Av. Alfonso Ugarte hasta la desembocadura en el río Mashcón.
  
- ✓ En el cruce de la Av. Los Chilcos con la Av. San Martín encauzar la Quebrada Cruz Blanca considerando la dirección natural así como el caudal máximo en épocas de precipitaciones.

## **CONCLUSIONES**

1. Se analizó y evaluó las variables geomorfológicas, estructurales, hidrológicas y geohidrológicas existentes en la Microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos.
2. Se determinó que los fenómenos de geodinámica externa como erosión de laderas, deslizamientos, caída de rocas, derrumbes, reptación suceden en varias zonas de la parte alta y media de la microcuenca, principalmente en los caseríos de Huayllapampa, Chinchimarca, Aylambo, Agomarca Alta y Amoshulca.
3. Las inundaciones afectan a los pobladores de la Urb. Luis Alberto Sánchez y Lotización 2010 del caserío Mollepampa así como instituciones públicas: Hospital Regional de Cajamarca, Colegio Julio Ramón Ribeyro, Penal de Huacariz, etc., y áreas muy cercanas a la ribera de la Quebrada Cruz Blanca (terrenos agrícolas del Caserío Huacariz).
4. Los factores antrópicos como la invasión de cauces de ríos y quebradas, deforestación, corte en taludes naturales, taludes mal diseñados, construcción de canales y represas en zonas inestables, uso inadecuado del agua de riego, técnicas inapropiadas de sembrío, son los que más afectan al medio natural.
5. La evaluación geodinámica determinó que la microcuenca está afectada por la explotación de canteras y la tala indiscriminada de bosques naturales.
6. En la microcuenca se determinó zonas altamente inestables, inestables y moderadamente inestables siendo las siguientes:



- ✓ Zona Altamente Inestable está considerando áreas muy críticas dentro de la microcuenca siendo los más afectados los caseríos Mollepampa, Huacariz Chico y Huacariz Grande.
  - ✓ Zona Inestable considera áreas en la parte media de la microcuenca principalmente en los caseríos Chinchimarca, Aylambo y Shucapampa.
  - ✓ Zona Moderadamente Inestable considera áreas en la parte media y alta de la microcuenca en los caseríos Huayllapampa y Chinchimarca.
7. El estudio concluyó con un modelo geodinámico de la Microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos (Plano Geodinámico), el cual servirá para la toma de decisiones de las autoridades.

## **RECOMENDACIONES**

1. Realizar una evaluación a detalle de los recursos de agua subterránea en las zonas cercanas a la Quebrada Cruz Blanca y afluentes para conocer las características hidrodinámicas e hidroquímicas de la napa freática, el volumen almacenado y determinar su uso potencial.
2. En el cruce de la Av. Los Chilcos con la Av. San Martín se deben realizar trabajos urgentes detallados de ingeniería, para encauzar la Quebrada Cruz Blanca, por considerarse zona altamente peligrosa debido a las constantes inundaciones.
3. El uso y utilización de los recursos y la conservación o mejoramiento del ambiente natural, debe ser preocupación prioritaria de las autoridades, tanto a nivel local como regional por ello es necesario capacitar a la población respecto a los problemas de invasión de cauces de quebradas, ríos, asentamientos humanos, instalación de infraestructura, utilización de terrenos agrícolas, forestación y deforestación.
4. Es necesario mejorar la infraestructura vial y darle mantenimiento adecuado y constante a la carretera Cajamarca – Ciudad De Dios (Distrito de Pacasmayo) así como a las trochas carrozables y caminos de herradura.

## BIBLIOGRAFÍA

### 1. Información bibliográfica respecto a estudios de geodinámica y diversos temas relacionados con la geología.

- ✓ **BENAVIDES, V. (1956).** Geología de la Región de Cajamarca. Estudio sobre la interpretación geológica y estratigráfica a nivel regional del área de Cajamarca.
- ✓ **DÁVILA, J. (2011).** Diccionario Geológico.
- ✓ **DAVIS, W. (1899).** El Ciclo Geográfico. Revista Geográfica - Volumen 14.
- ✓ **FERNANDEZ, H. (2010).** Estudio Sedimentológico y Estratigráfico en el Área de Cruz Blanca y Alrededores. Tesis sobre las características sedimentológicas y estratigráficas de toda la secuencia sedimentaria cretácea apoyado en el análisis de cuencas en la zona denominada Cruz Blanca y alrededores.
- ✓ **FIDEL & OLIVARES. (1994).** Estudio Geodinámico de la Cuenca del Río Jequetepeque, departamento de Cajamarca. Evaluación geodinámica con la finalidad de dar alternativas de solución para enfrentar los problemas suscitados.
- ✓ **FUENTES, J. (2004).** Análisis Morfométrico De Cuencas: Caso De Estudio Del Parque Nacional Pico De Tancítaro. INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA, México.
- ✓ **HERRERA, E. (2012).** Estudio Estratigráfico del Cretáceo Superior en los Alrededores de la Ciudad de Cajamarca. Tesis sobre actualización de la columna regional de Cajamarca considerando las edades de las formaciones.

- ✓ **IBÁÑEZ & MORENO (2001).** Morfología de las Cuencas Hidrográficas.
  
- ✓ **LAGOS & QUISPE. (2007).** Aportes al Análisis de Cuencas Sedimentarias en los Alrededores de las Localidades de los Baños del Inca, Cruz Blanca, Otuzco, distrito de Cajamarca. Trabajo de investigación de la cuenca occidental, *características de las unidades litológicas tomando en consideración el espesor y la curva de subsidencia (curva con descompactación).*
  
- ✓ **MARCANO, J. (2005).** Educación Ambiental y Recursos Naturales.
  
- ✓ **MARTINEZ, J.** Geología Estructural y Dinámica Global - Universidad de Salamanca.
  
- ✓ **MATTAUER, M. (1976).** Las Deformaciones de los Materiales de la Corteza Terrestre. Omega.
  
- ✓ **MEDINA, J. (1991).** Fenómenos Geodinámicos. Estudio y medidas de tratamiento.
  
- ✓ **MIJAILOV, L. (1985).** Hidrogeología. Editorial Mir. Moscú, Rusia.
  
- ✓ **PNUD PER/02/051. (2005).** Programa de Prevención y Medidas de Mitigación ante desastres de la ciudad de Cajamarca.
  
- ✓ **PROYECTO MULTINACIONAL ANDINO, PUBLICACIÓN GEOLÓGICA MULTINACIONAL NO. 4, 2007.** Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas.

- ✓ **REYES, L. (1980).** Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba (Boletín 31). *Estudio geológico regional detallado realizado por geólogos del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) en Cajamarca y alrededores a escala 1:100,000.*
  
- ✓ **<http://www.tutiempo.net/cajamarca.html>**
  
- ✓ **<http://www.senamhi.gob.pe/>**

**2. Información bibliográfica sobre metodología de la investigación.**

- ✓ **HERNANDEZ, R. (2010).** *Metodología de la Investigación – Quinta Edición.*
  
- ✓ **RAMÍREZ, A. (2004).** *Metodología de la Investigación Científica.*

## **ANEXOS**

### **I. IMAGEN SATELITAL**

### **II. PLANOS**

- ❖ **PLANO N°01  
MDE Y DRENAJE**
  
- ❖ **PLANO N°02  
GEOLÓGICO – ESTRUCTURAL**
  
- ❖ **PLANO N°03  
ALTITUDINAL**
  
- ❖ **PLANO N°04  
PENDIENTES**
  
- ❖ **PLANO N°05  
GEODINÁMICO**

### **III. SECCIÓN GEOLÓGICA A-B**

# **I. IMAGEN SATELITAL**