

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN CON LA
COLECTIVIDAD

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
MAESTRÍA EN SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL

TÍTULO:

**ANALISIS Y EVALUACION PRELIMINAR DEL REGIMEN DE
ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL Y SU USO ACTUAL EN LA
MICROCUENCA DEL RIO ZHURUCAY. CANTONES GIRON, SAN
FERNANDO – PROVINCIA DEL AZUAY.**

Proyecto de Grado 1

Autor : ***ANARDO VICENTE JARAMILLO OCHOA***

Sangolqui, 2011

CERTIFICACION

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. Vicente Jaramillo Ochoa., como requerimiento parcial a la obtención del título de **MAGISTER EN SISTEMAS DE GESTION AMBIENTAL**

Fecha: 24 de julio del 2011

.....
Ing. Eugenio Villacis MsC

Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción. ESPE

Director de Proyecto

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
MAESTRIA EN SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Ing. Vicente Jaramillo Ochoa

DECLARO QUE:

El proyecto de grado denominado **ANÁLISIS Y EVALUACION PRELIMINAR DEL REGIMEN DE ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL Y SU USO ACTUAL EN LA MICROCUENCA DEL RIO ZHURUCAY. CANTONES GIRON, SAN FERNANDO – PROVINCIA DEL AZUAY.** ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan el pie de las páginas correspondiente, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolqui, 24 de julio del 2011

Ing. Vicente Jaramillo Ochoa

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
MAESTRIA EN SISTEMAS DE GESTION AMBIENTAL

AUTORIZACIÓN

Yo, Vicente Jaramillo Ochoa

Autorizo a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo **ANALISIS Y EVALUACION PRELIMINAR DEL REGIMEN DE ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL Y SU USO ACTUAL EN LA MICROCUENCA DEL RIO ZHURUCAY. CANTONES GIRON, SAN FERNANDO – PROVINCIA DEL AZUAY**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolqui, 24 de julio 2011

Vicente Jaramillo Ochoa

Agradecimientos

Quiero dejar plasmado en esta página mi eterno agradecimiento a las siguientes Instituciones y Personas:

A la Escuela Politécnica del Ejercito por haberme dado la oportunidad de cursar mis estudios de Maestría, a todos los docentes que impartieron y compartieron sus conocimientos, al Ing. Wilson Jácome Coordinador de la Maestría y al Ing. Eugenio Villacis Director del presente proyecto de Investigación

A la empresa IAMGOLD ECUADOR S.A. en el nombre de su Gerente General Ing. Jorge Barreno Cascante, por el apoyo económico y logístico necesario para la realización del presente proyecto,

A todos mis compañeros de trabajo, quienes de una u otra manera me apoyaron y colaboraron en la ejecución del presente proyecto, de manera especial a Kleber Ortiz y a todos los Trabajadores del Proyecto Quimsacocha, quienes participaron directa y activamente en el levantamiento de información de campo.

Al Grupo de Ciencias de la Tierra y el Ambiente de la Universidad de Cuenca, de manera especial al Ing. Patricio Crespo por sus valiosas ideas para el desarrollo del presente Proyecto.

Al Ing. Andres Guayas quien me apoyo en el levantamiento y procesamiento de la información topográfica, así como en la edición de los mapas.

Vicente Jaramillo Ochoa

Dedicatoria

El presente proyecto de investigación está dedicado a la memoria de mi querida Madre Rosa Lastenia Ochoa B y a la comprensión y apoyo de mis adorables hijos: Jonathan Fernando, Jefferson Michael, Vicente Israel y Christopher Alexander quienes de manera permanente me supieron demostrar su apoyo para la culminación de mis estudios.

INDICE GENERAL

INTRODUCCION.....	1
JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	2
OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO.....	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL ESTUDIO	3
METAS	4
RESUMEN	5
SUMMARY	8
CONCEPTUALIZACIÓN DE ASPECTOS HIDROGRÁFICOS E HIDROLÓGICOS	11
ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL	11
<i>Ciclo del Escurrimiento.....</i>	<i>13</i>
HIDROGRAFÍA	16
HIDROLOGÍA	16
CICLO HIDROLÓGICO	16
BALANCE HIDROLÓGICO.....	19
CUENCA HIDROGRÁFICA	21
<i>Componentes De Una Cuenca Como Un Sistema.....</i>	<i>26</i>
CUENCA HIDROLÓGICA.....	33
HIDROMETEOROLOGÍA	34
INFORMACION GENERAL DEL AREA DE ESTUDIO.....	36
UBICACIÓN POLÍTICO-JURISDICCIONAL	36
SITUACIÓN GEOGRÁFICA.....	37

VIALIDAD	38
CLIMA	38
<i>Instrumentos Hidrometeorológicos Instalados</i>	40
CLASIFICACIÓN ECOLÓGICA Y FISONÓMICA.....	50
<i>Estudio Biológico</i>	51
<i>Calidad de Agua</i>	88
<i>Análisis de los Índices de calidad ecológica (ABI, QBR e IHF).</i>	102
SUELOS	103
<i>Los suelos de páramo</i>	103
<i>Parámetros de los Suelos de Páramo</i>	109
GEOLOGÍA.....	114
<i>Geología Regional</i>	114
<i>Geología Local.</i>	116
HIDROGEOLOGÍA	120
<i>Escurrimiento de la Cuenca.</i>	121
<i>La Infiltración.</i>	122
ZONAS DE ALTO RIESGO GEOLÓGICO (DESLIZAMIENTO).....	123
<i>Generalidades.</i>	123
<i>Ambiente Geológico.</i>	126
<i>Causas para el deslizamiento.</i>	128
GEOMORFOLOGÍA.....	131
<i>Zona alta de Páramo</i>	131
<i>Zona Intermedia o de fuertes Pendientes.</i>	132
MINERÍA.....	132
USO ACTUAL DEL SUELO.....	133
ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS	136
<i>Vivienda</i>	136
<i>Servicios básicos</i>	137

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MORFOMÉTRICAS DE LA MICROCUENCA138

PARÁMETROS DE FORMA.....139

Delimitación Topográfica de la Microcuenca139

Área (A)140

Perímetro de la Microcuenca (P).....145

Coefficiente de Compacidad.....145

Factor de Forma147

PARÁMETROS DE RELIEVE148

Orientación.....148

Perfil de relieve longitudinal del cauce principal.....148

Elevaciones más sobresalientes150

Altitud media (H)151

Pendiente media (Sm).....152

Rectángulo equivalente156

Curva hipsométrica.....159

PARÁMETROS RELATIVOS A LA RED HIDROGRÁFICA.....163

Densidad de Drenaje.....163

Pendiente media de un cauce (Pc).....165

Compensación de Áreas.....166

Sistema de drenaje (Número de orden de la cuenca)167

Tiempo de concentración.....170

Extensión media del escurrimiento superficial.....171

RECURSOS HIDRÍCOS DE LA MICROCUENCA173

SISTEMA HIDROGRÁFICO REGIONAL173

SISTEMA HIDROGRÁFICO DE LA MICROCUENCA ŽHURUCAY176

Vertederos y secciones de medición177

<i>Instrumentos hidrométricos instalados</i>	181
<i>Inventario de uso</i>	186
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	187
CONCLUSIONES	187
RECOMENDACIONES	191
BIBLIOGRAFIA	193

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. VALORES DE EVAPORACIÓN A NIVEL MUNDIAL	21
TABLA 2. COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE LOS VÉRTICES DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ZHURUCAY	38
TABLA 3. LISTADO DE ESPECIES ENDÉMICAS REGISTRADAS	58
TABLA 4. LISTADO DE ESPECIES ENDÉMICAS EN EL BOSQUE DE QUINUAS	67
TABLA 5. LISTADO DE ESPECIES ENDÉMICAS REGISTRADAS PARA EL BOSQUE MONTANO.	72
TABLA 6. ÓRDENES, FAMILIAS Y ESPECIES DE MAMÍFEROS REGISTRADOS.....	76
TABLA 7. LISTA DE ESPECIES REGISTRADAS POR TIPO DE HÁBITAT.	78
TABLA 8. ESPECIES DE ANFIBIOS PRESENTES EN EL ÁREA DE QUIMSACocha.	81
TABLA 9. CATEGORÍAS DE AMENAZA Y ENDEMISMO DE LOS ANFIBIOS PRESENTES	83
TABLA 10. CATEGORÍAS DE AMENAZA Y ENDEMISMO DE LOS REPTILES PRESENTES	83
TABLA 11. ESPECIES AMENAZADAS A LA EXTINCIÓN REGISTRADAS	86
TABLA 12. ESPECIES ENDÉMICAS REGISTRADAS	87
TABLA 13. VALORES DE LOS PARÁMETROS DE FÍSICO – QUÍMICOS DE DIAGNÓSTICO	97
TABLA 14. ÓRDENES Y SUS FAMILIAS PRESENTES DURANTE EL MUESTREO EN EL PRESENTE ESTUDIO CON SU RESPECTIVO GRADO DE TOLERANCIA A LA CONTAMINACIÓN E INCIDENCIA (%)	99
TABLA 15. RESULTADOS PROMEDIO DE LAS DOS CAMPAÑAS DE MONITOREO DEL ANDEAN Biotic INDEX (ABI)	100

TABLA 16. DETALLA LOS PARÁMETROS BIOECOLÓGICOS DETERMINADOS DURANTE EL MUESTREO PARA LAS DIFERENTES ESTACIONES DE MUESTREO.	100
TABLA 17. ÁREA TOTAL Y ÁREAS ENTRE CURVAS DE NIVEL.	142
TABLA 18. . ÍNDICES DE COMPACIDAD O DE GRAVELIUS.	146
TABLA 19. LONGITUD DEL RÍO PRINCIPAL ENTRE CURVAS DE NIVEL	149
TABLA 20. CALCULO DE PENDIENTE MEDIA UTILIZANDO EL MÉTODO DE JW ALVORD	155
TABLA 21. CÁLCULO DEL RECTÁNGULO EQUIVALENTE	158
TABLA 22. DATOS NECESARIOS PARA LA CURVA HIPSOMÉTRICA	161
TABL 23. NÚMERO Y LONGITUD DE LOS DRENAJES DE LA MICROCUENCA ZHURUCAY	164
TABLA 24. COORDENADAS DE UBICACIÓN DE LOS VERTEDEROS.....	180
TABLA 25. TABLA RESUMEN DE LOS SISTEMAS COMUNITARIOS DE RIEGO EXISTENTES	186

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. TIPOS DE ESCURRIMIENTO O ESCORRENTÍA	11
FIGURA 2. TIPOS DE ESCURRIMIENTO	15
FIGURA 3. CICLO HIDROLÓGICO	17
FIGURA 4. BALANCE HIDROLÓGICO	19
FIGURA 5. BALANCE HIDROLÓGICO	20
FIGURA 6. CUENCA HIDROGRÁFICA	22
FIGURA 7. EL AGUA COMO RECURSO INTEGRADOR	26
FIGURA 8. LA CUENCA COMO UN SISTEMA	27
FIGURA 9. PARTES DE UNA CUENCA	29
FIGURA 10. DIVISIÓN DE UNA CUENCA	32
FIGURA 11. CUENCA HIDROLÓGICA	33
FIGURA 12. ESQUEMA DE UNA VERTIENTE	35
FIGURA 13. UBICACIÓN DE LA MICROCUENCA ZHURUCAY EN EL CONTEXTO NACIONAL	36
FIGURA 14. UBICACIÓN DE LA MICROCUENCA ZHURUCAY A NIVEL PROVINCIAL	37
FIGURA 15. PLUVIOGRAFOS TIPO BALANCÍN	41
FIGURA 16. . ESTACIÓN METEOROLÓGICA EN LA CUENCA MEDIA	43
FIGURA 17. ESTACIÓN METEOROLÓGICA DEL PROYECTO SENACYT PIC-08-460	44

FIGURA 18. VALORES DE TEMPERATURA	45
FIGURA 19. VALORES DE RADIACIÓN NETA	46
FIGURA 20. VALORES DE HUMEDAD RELATIVA.....	47
FIGURA 21. VELOCIDAD DEL VIENTO.....	48
FIGURA 22. DIRECCIÓN DEL VIENTO	48
FIGURA 23. VALORES DE PRECIPITACIÓN.....	49
FIGURA 24. MAPA DE ISOYETAS.....	50
FIGURA 25. VEGETACIÓN CARACTERÍSTICA DE PARAMO.....	53
FIGURA 26. CLASES DE PLANTAS POR FORMA DE VIDA O HÁBITO	54
FIGURA 27. CLASES DE PLANTAS POR SU ORIGEN	55
FIGURA 28. RIQUEZA DE ESPECIES POR FAMILIA DE PLANTAS.....	56
FIGURA 29. RIQUEZA DE ESPECIES POR GÉNERO DE PLANTAS.....	57
FIGURA 30. A: CLINOPODIUM NUBIGENUM, B: MICONIA CHIONOPHYLLA, C: SIBTORPHIA REPENS Y D: GENTIANA SEDIFOLIA.....	57
FIGURA 31. E: GENTIANELLA HIRCULUS, F: BOMAREA GLAUDESCENS, G: XENOPHYLLUM ROSEUM Y H: LYSIPOMIA ACAULIS.....	59
FIGURA 32. VEGETACIÓN DE ALMOHADILLA.....	60
FIGURA 33. VEGETACIÓN EN RIBERAS DE LAGUNAS Y CHARCOS.....	61

FIGURA 34. PARCHES DE POLYLEPÍS.....	62
FIGURA 35. CLASES DE PLANTAS POR FORMA DE VIDA O HÁBITO EN LOS BOSQUES DE QUINUA.	63
FIGURA 36. CLASES DE PLANTAS POR SU ORIGEN EN LOS BOSQUES DE QUINUA.	64
FIGURA 37. RIQUEZA DE ESPECIES POR FAMILIA DE PLANTAS EN BOSQUES DE QUINUA	65
FIGURA 38. I SYMPLOCOS SP. J: BOMAREA SP. K: AA SP. Y L: RUBUS CORIACEUS.....	66
FIGURA 39. M: BRACHYOTUM CONFERTUM, N: POLYLEPIS RETICULATA, O: GYNOXYS MINIPHYLLA Y P: RIBES LEHMANNII,	67
FIGURA 40. BOSQUE MONTANO ALTO	68
FIGURA 41. CLASES DE PLANTAS PRESENTES POR FORMA DE VIDA O HÁBITO.....	69
FIGURA 42. CLASES DE PLANTAS POR SU ORIGEN	70
FIGURA 43. RIQUEZA DE ESPECIES POR FAMILIA DE PLANTAS EN EL BOSQUE MONTANO DE CRISTAL.	71
FIGURA 44. RIQUEZA DE ESPECIES POR GÉNERO DE PLANTAS EN EL BOSQUE MONTANO	71
FIGURA 45 . Q: ALLOPECTUS PERUVIANUS, R: GUZMANIA SP., S: HESPEROMELES FERRUGINEA Y T: BEJARIA RECINOSA, ESPECIES DE PLANTAS PRESENTES EN EL BOSQUE MONTANO DE CRISTAL.	72
FIGURA 46. U: PASSIFLORA AMPULLACEAE, V: OREOPANAX ANDREANUSS, W: CALCEOLARIA ROSMARINIFOLIA Y X: FUCHSIA LOXENSIS ESPECIES ENDÉMICAS REGISTRADAS PARA LOS BOSQUES MONTANOS	73
FIGURA 47. VENADOS Y LOBO DE PARAMO.....	75
FIGURA 48. ESPECIES DE ANFIBIOS Y REPTILES ENCONTRADOS EN LA MICROCUENCA	80

FIGURA 49. NÚMERO DE ESPECIES DE ANFIBIOS ENCONTRADAS	82
FIGURA 50. COMPOSICIÓN GREMIAL DE LAS ESPECIES REGISTRADAS	88
FIGURA 51. ESTACIÓN Z1	90
FIGURA 52. ESTACIÓN Z2	91
FIGURA 53. ESTACIÓN Z3	92
FIGURA 54. ESTACIÓN Z4	93
FIGURA 55. ESTACIÓN C1	94
FIGURA 56. ESTACIÓN C1	95
FIGURA 57. ESTACIÓN C1.	96
FIGURA 58. ÍNDICES DE CALIDAD ECOLÓGICA, ABI (PROMEDIO), QBR E IHF	102
FIGURA 59. GEOLOGÍA DEL PÁRAMO DE QUIMSACOA	115
FIGURA 60. GEOLOGÍA LOCAL DE LA MICROCUENCA ZHURUCAY	120
FIGURA 61. SECCIÓN LONGITUDINAL (N-S) MUESTRA EL MECANISMO DE INFILTRACIÓN Y CONDUCCIÓN DE AGUA	123
FIGURA 62. ZONA DE DESLIZAMIENTO.....	124
FIGURA 63. GRIETA DE DESLIZAMIENTO SUPERIOR	127
FIGURA 64. MAPA DE UBICACIÓN DE LA ZONA DE RIESGO.....	130
FIGURA 65. VISTA PANORÁMICA DE LA PARTE ALTA.....	134

FIGURA 66. VISTA PANORÁMICA DE LA PARTE MEDIA DE LA MICROCUENCA.....	135
FIGURA 67. VISTA PANORÁMICA DE LA PARTE BAJA.....	135
FIGURA 68. GANADERÍA Y AGRICULTURA EN LA MICROCUENCA	136
FIGURA 69. TIPOS DE VIVIENDA.....	137
FIGURA 70. DELIMITACIÓN DE LA MICROCUENCA.....	140
FIGURA 71. MAPA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ZHURUCAY.....	141
FIGURA 72. DISTRIBUCIÓN DE LAS ÁREAS ENTRE CURVAS DE NIVEL	143
FIGURA 73. ZONIFICACIÓN DE LA MICROCUENCA ZHURUCAY.....	144
FIGURA 74. PERÍMETRO DE UNA CUENCA	145
FIGURA 75. PERFIL LONGITUDINAL DEL RÍO ZHURUCAY	150
FIGURA 76. ALTITUD MEDIA UTILIZANDO LA FIGURA DE LA CURVA HIPSOMÉTRICA	152
FIGURA 77. CURVAS HIPSOMÉTRICAS CARACTERÍSTICAS.	160
FIGURA 78. GRÁFICO DE LA CURVA HIPSOMÉTRICA	162
FIGURA 79. AFLORAMIENTOS DE AGUA.....	165
FIGURA 80. PENDIENTE DEL CAUCE POR COMPENSACIÓN DE ÁREAS.....	167
FIGURA 81. DENSIDAD DE DRENAJE DE LA MICROCUENCA ZHURUCAY.....	169
FIGURA 82. UBICACIÓN GEOGRÁFICA A NIVEL NACIONAL.....	174
FIGURA 83. UBICACIÓN GEOGRÁFICA POR SUBCUENCAS.....	175

FIGURA 84. UBICACIÓN GEOGRÁFICA A NIVEL DE CUENCA Y CANTONES.....	176
FIGURA 85. COMPARACIÓN DE LA INFORMACIÓN HIDROGRÁFICA ANTES Y DESPUÉS DEL ESTUDIO	177
FIGURA 86. DISEÑO DE VERTEDERO HORIZONTAL.....	178
FIGURA 87. CONSTRUCCIÓN DE VERTEDEROS	178
FIGURA 88. DISEÑO DE VERTEDERO DE CRESTA DELGADA V	179
FIGURA 89. CONSTRUCCIÓN DE VERTEDEROS	179
FIGURA 90. UBICACIÓN DE VERTEDEROS E INSTRUMENTOS INSTALADOS.....	180
FIGURA 91. SENSORES DE NIVEL INSTALADOS EN LOS VERTEDEROS	181
FIGURA 92. AFOROS EN LOS DIFERENTES PUNTOS DE CONTROL.....	182
FIGURA 93. HIDROGRAMA DEL RÍO ZHURUCAY.....	183
FIGURA 94. HIDROGRAMA DE LA QUEBRADA CRISTAL ALUMBRE.....	184
FIGURA 95. CAUDAL DEL RÍO EN LAS ÉPOCAS DE INVIERNO Y VERANO.	185

INTRODUCCION

A nivel de los Andes muchas ciudades y comunidades dependen del abastecimiento y regulación del recurso hídrico que se genera en las cuencas altas de los páramos, para usos como: el abastecimiento de agua para uso doméstico, industrial, riego y generación hidroeléctrica. Es así, que estos ecosistemas son de vital importancia, más aún cuando debido al constante incremento del nivel de vida de la población, prevista para las próximas décadas, se prevé un incremento significativo en la demanda de agua. Solamente en Ecuador más de un millón de personas se abastecen directamente de agua de los páramos (Buytaert et al., 2006a). A pesar de esto, se ha llevado a cabo poca investigación al respecto.

Por otro lado, en las últimas décadas, actividades de tipo antrópicas como el pastoreo, cultivos, deforestación, minería informal, construcción de carreteras y otras actividades antrópicas, han ejercido presión sobre el ecosistemas, en este caso de paramo andino. Es así, que el presente proyecto ha sido direccionado a determinar una caracterización de tipo hidrográfico de la microcuenca del río Zhurucay y poder determinar de manera puntual al periodo de ejecución del presente proyecto un análisis del escurrimiento superficial de la misma.

Este proyecto de investigación que comprende el Diagnóstico Ambiental o caracterización de la microcuenca con el análisis preliminar de la escorrentía superficial y que podría convertirse en un instrumento de consulta y de utilidad permanente para la toma de decisiones de planificadores y Técnicos de diferentes Instituciones Públicas como el Ministerio del Ambiente, Secretaria Nacional del Agua SENAGUA , Municipios de Girón y San Fernando y otras instituciones dedicadas a la investigación que tengan como objetivo el diseño de acciones ambientales relacionadas a la administración, manejo y aprovechamiento racional de los recursos hídricos de la Microcuenca del Río Zhuruca y , soportados en información actualizada de los aspectos socioeconómicos, biofísicos e hidrográficos.

Justificación del Estudio

La Ejecución del presente proyecto se justifica como un estudio complementario base para los proyectos que se están desarrollando en la zona:

- Cuantificación de los Servicios Hidrológicos de cuencas hidrográficas alto andinas SENACYT PIC-08-460
- Proyecto: Estudio bio-hidrológico de una microcuenca alto Andina, DIUC-Grupo de Ciencias de la Tierra y del Ambiente. Universidad de Cuenca

- Levantamiento Línea Base Hidrológica en los Paramos de Quimsacocha
PROMAS-Universidad de Cuenca – IAMGOLD ECUADOR S.A
- Proyecto de Exploración Minera Quimsacocha

Objetivo General del Proyecto

Analizar y evaluar de manera preliminar el Régimen de Escurrimiento Superficial y su Uso Actual en la Microcuenca del Río Zhurucay, Cantones Girón, San Fernando- Provincia del Azuay y complementar información a los estudios hidrológicos que se vienen realizando en los páramos de Quimsacocha.

Objetivos Específicos del Estudio

- Realizar el levantamiento de datos para la delimitación de la microcuenca del Río Zhurucay.
- Realizar el levantamiento de datos para determinar el sistema de conducción hidrológico superficial de la microcuenca, con énfasis en la parte alta a escala 1:7000
- Sistematizar la información hidroclimática generada en estaciones hidrometeorológicas más cercanas al área de estudio y de los periodos que exista información, así como del periodo de con la instrumentación a instalarse

- Analizar la calidad y cantidad del recurso agua que se genera dentro de la microcuenca del río Zhurucay.
- Generar información sobre el uso actual del recurso hídrico de la microcuenca.

Metas

- Elaboración de un mapa de la microcuenca del río Zhurucay a escala 1:10000 en donde se delimiten tres zonas (alta media y baja)
- Elaboración de un mapa hidrográfico de la Microcuenca del Río Zhurucay a escala 1:10000
- Elaboración de un mapa a detalle (escala 1:7000) del sistema de conducción hidrológico superficial de la parte alta de la microcuenca
- Obtención y presentación de información de equipos hidroclimáticos instalados en la microcuenca
- Tabla resumen con el Inventario de Usuarios del Recurso Hídrico de la Microcuenca

RESUMEN

El presente proyecto de investigación fue realizado en la microcuenca del Río Zhurucay, de la subcuenca del Río Rircay, Cuenca Hidrográfica del Río Jubones, misma que se encuentra ubicada dentro de la Jurisdicciones Parroquiales de San Gerardo y Chumblin, Cantones Girón y San Fernando, Provincia del Azuay en la República del Ecuador.

Mediante un proceso práctico utilizando herramientas informáticas y con información cartográfica, fotos aéreas y satelitales más el trabajo de campo se logró realizar la caracterización preliminar de la geomorfología y aspectos hidrológicos básicos de la Microcuenca del Río Zhurucay.

En este contexto, la presente investigación es considerada como un estudio complementario a los diferentes proyectos de investigación que se vienen realizando en la zona por parte de Programas de Investigación como el Programa de Agua y Suelo (PROMAS) y Grupo de Ciencias de la Tierra y el Ambiente (GCTA) de la Universidad de Cuenca, quienes vienen desarrollando varios proyectos de investigación de carácter hidrometeorológico en la zona de estudio.

En el presente estudio se trazaron los siguientes objetivos específicos:

- Realizar el levantamiento de datos para la delimitación de la microcuenca del Río Zhurucay.
- Realizar el levantamiento de datos para determinar el sistema de conducción hidrológico superficial de la microcuenca, con énfasis en la parte alta a escala 1:7000
- Sistematizar la información hidroclimática generada en estaciones hidrometeorológicas más cercanas al área de estudio y de los periodos que exista información, así como del periodo de investigación con la instrumentación a instalarse
- Analizar la calidad y cantidad del recurso agua que se genera dentro de la microcuenca del rio Zhurucay.
- Generar información sobre el uso actual del recurso hídrico de la microcuenca.

Como producto final se editaron tres mapas de la microcuenca a escala de impresión 1:10000: un mapa hidrográfico, un mapa de propuesta de zonificación y un mapa a detalle de la parte alta de la microcuenca a escala de impresión 1:7000. También se incluye una tabla resumen de los parámetros morfométricos y tabla resumen con el inventario de usuarios.

De los resultados obtenidos se puede indicar que la microcuenca del Río Zhurucay es parte de la subcuenca del Río Rircay, afluente principal de la Cuenca del Río Jubones y se encuentra ubicada dentro de las jurisdicciones

parroquiales de San Gerardo y Chimbilín, Cantones Girón y San Fernando de la Provincia del Azuay. La microcuenca tiene una forma alargada en dirección N – S y se encuentra ubicada entre las coordenadas UTM (WGS84) en su parte alta 695000E – 9662650N y en su parte baja en la confluencia con el Río Rircay 696300E – 9655650N. Tiene un área de 26.10 Km² aproximadamente y un perímetro de 28.5 Km, su cota máxima es de 3900 msnm y su cota mínima es de 2470 msnm; su pendiente promedio es de 26.17% y la longitud total del cauce principal es de 11.83 km

Como resumen de los parámetros morfométricos se puede indicar que la micro cuenca del Río Zhurucay se caracteriza por poseer tres zonas definidas: la parte alta que corresponde a páramo con relictos de bosque nativo con una superficie de 1354.5 ha , la parte media caracterizada por pendientes fuertes y presencia de bosque montano, plantaciones forestales y con pequeños mosaicos de pastizales con una superficie de 841 ha y la parte baja caracterizada por ser una zona ocupada por pastizales y que cubre una superficie de 414.13 ha.

SUMMARY

This research project was conducted at the micro-basin of Zhurucay River, sub-basin of Rircay river, Basin of Jubones River, which are located within the jurisdiction of St. Gerardo Parish and Chumblin, townships of Groin and San Fernando, Province of Azuay in Ecuador.

Through a practical process using tools and mapping information, aerial and satellite photos and more field work, it was accomplish the preliminary characterization of geomorphology and hydrologic basic aspects of Micro-basin of Zhurucay River.

In this context, this research is considered as a complementary study of various research projects that has being carried out in the area by Research Programs such as: the Water and Soil (PROMAS) and Group of Earth Sciences and the Environment (GCTA) from University of Cuenca, who are developing several research projects of hydrometeor logical studies at the area.

In the present study the following specific objectives were view:

- Conduct the survey data to delimit the micro-basin of the Rio Zhurucay.

- Conduct the survey data to determine the conduction system of the micro-basin hydrologic surface, with emphasis on the upper scale of 1:7000
- Systematize hydro climatic information generated in hydro meteorological stations closest to the area of study and during the periods where information exists, also the investigation period with the instruments to install.
- Analyze the quality and quantity of water resources generated within the micro-basin of the river Zhurucay.
- Generate information on the current use of water resources of the micro-basin.

As a final product three maps of the micro basin were edited and print at the scale of 1:10000: hydrographic map, a map of the proposed zoning map and a detail map of the upper part of the micro-basin at the printing scale of 1:7000. Also it is included a table summary of morphometric parameters and a table summary of inventory users.

From the obtained results it may indicate that the micro-basin of Zhurucay River is part of the sub-basin of Rircay River, the main river nascent basin of Jubones River and it is located within the jurisdictions of San Gerardo and Chumblin parishes, Township of San Fernando, Girón from the Azuay Province. The micro-basin has an elongated form in direction N - S and is

located between the coordinates UTM (WGS84) in its top 695000E - 9662650N and its bottom at the confluence with the Rircay River 696300E - 9655650N. It has an area of approximately 26.10 square kilometers and a perimeter of 28.5 km, its maximum height is 3900 msnm and a minimum height of 2470 msnm, its average grade is 26.17% and the total length of the main channel is 11.83 km.

As a summary of the morphometric parameters may indicate that the micro basin of Zhurucay River is characterized by having three main areas: the upper part corresponding to moorland with remnants of native forest with an area of 1354.5 ha, the middle part is characterized by steep slopes and presence of mountain forest, forest plantations and small mosaics grassland with an area of 841 ha and the lower part characterized as an area occupied by grasslands that covers an area of 414.13 ha.

CAPITULO I

CONCEPTUALIZACIÓN DE ASPECTOS HIDROGRÁFICOS E HIDROLÓGICOS

Escurrimiento Superficial

Según (Chow, 1964:14-214-3) El escurrimiento es la parte de la precipitación que aparece en las corrientes fluviales superficiales, perennes, intermitentes o efímeras, y que regresa al mar o a los cuerpos de agua interiores. Dicho de otra manera, es el deslizamiento virgen del agua, que no ha sido afectado por obras artificiales hechas por el hombre. De acuerdo con las partes de la superficie terrestre en las que se realiza el escurrimiento, éste se puede dividir en:

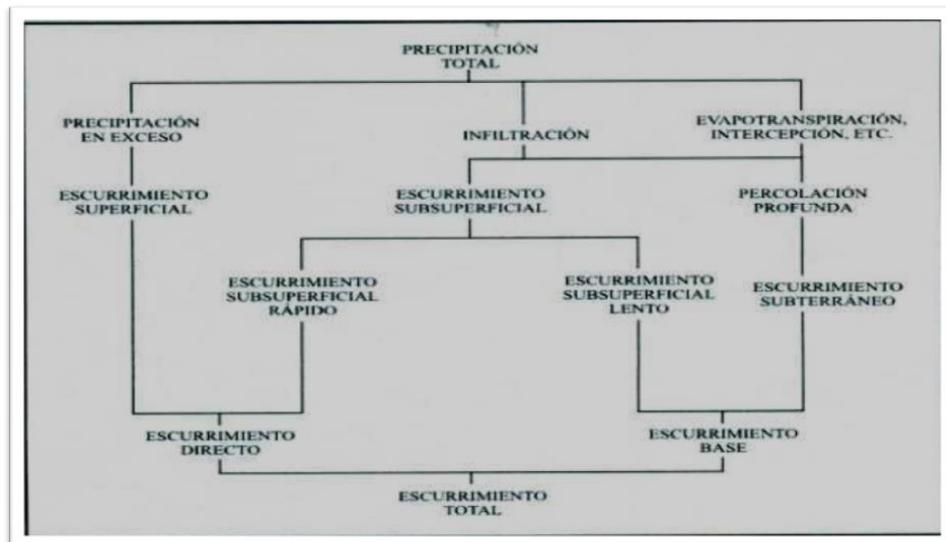


Figura 1. Tipos de escurrimiento o escorrentía

- **Escurrimiento superficial o escorrentía.** Es la parte del agua que escurre sobre el suelo y después por los cauces de los ríos.
- **Escurrimiento subsuperficial.** Es la parte del agua que se desliza a través de los horizontes superiores del suelo hacia las corrientes. Una parte de este tipo de escurrimiento entra rápidamente a formar parte de las corrientes superficiales y a la otra le toma bastante tiempo el unirse a ellas.
- **Escurrimiento subterráneo.** Es aquél que, debido a una profunda percolación del agua infiltrada en el suelo, se lleva a cabo en los mantos subterráneos y que, posteriormente, por lo general, descarga a las corrientes fluviales.

A la parte de la precipitación que contribuye directamente al escurrimiento superficial se le llama **precipitación en exceso**.

El escurrimiento subterráneo y la parte retardada del escurrimiento subsuperficial constituyen el **escurrimiento base de los ríos**.

La parte de agua de escurrimiento que entra rápidamente en el cauce de las corrientes es a lo que se llama *escurrimiento directo* y es igual a la suma del

escurrimiento subsuperficial más la precipitación que cae directamente en los cauces.

Otro concepto de escurrimiento La expresión escurrimiento superficial suele referirse al volumen de las precipitaciones que caen sobre una cuenca, menos la retención superficial y la infiltración. El *escurrimiento superficial o directo* es función de la intensidad de la precipitación y de la permeabilidad de la superficie del suelo, de la duración de la precipitación, del tipo de vegetación, de la extensión de la cuenca hidrográfica considerada, de la profundidad del nivel freático y de la pendiente de la superficie del suelo.

La aportación de una cuenca se representa comúnmente en una gráfica llamada "*hidrograma*", que consiste en una curva que representa las oscilaciones, respecto al tiempo, del nivel del agua de un río en una sección dada del mismo. En el caso de un río con un tiempo de descarga muy largo, los caudales que por él circulan al cabo de un tiempo, son el resultado de la acumulación del escurrimiento superficial con la aportación subterránea (<http://www.geología.uson.mx/academicos/lvega/ARCHIVOS/ARCHIVOS/ESCURRIMIENTO>)

Ciclo del Escurrimiento

El estudio del escurrimiento de los ríos como parte del ciclo hidrológico, incluye la distribución del agua y su trayectoria desde que se precipita sobre la

tierra hasta que alcanza la red hidrográfica o vuelve directamente a la atmósfera a través de la evapotranspiración. La distribución del volumen total de agua caída durante una precipitación dada, depende tanto de las características y condiciones físicas -naturales o artificiales- de la cuenca, como de las características de la propia precipitación.

Al comienzo de una precipitación fuerte, una gran cantidad de agua es interceptada por la vegetación; el agua así almacenada sobre la superficie de la capa vegetal se encuentra muy expuesta al viento y ofrece una enorme área de evaporación, de tal forma que las precipitaciones de corta duración y poca intensidad pueden llegar a ser completamente consumidas por la *intercepción de las plantas*, por la pequeña cantidad de agua que se infiltra a través del suelo y por el agua que llena los charcos y pequeñas depresiones de la superficie del suelo.

Para que el agua llegue a infiltrarse, la superficie del suelo debe presentar una serie de condiciones adecuadas. Cuando a lo largo de una precipitación, el poder de intercepción y de *almacenamiento en la superficie del suelo* han sido ya agotados, y cuando la precipitación es tal que su intensidad excede la capacidad de infiltración del suelo, comienza ya el *escurrimiento superficial* propiamente dicho. La superficie del suelo se cubre en ese momento con una fina película de agua llamada *película de retención superficial*. Una vez

que el agua corre sobre la superficie del suelo y alcanza los cauces de la red hidrográfica, comienza a aparecer el escurrimiento superficial en los cauces.

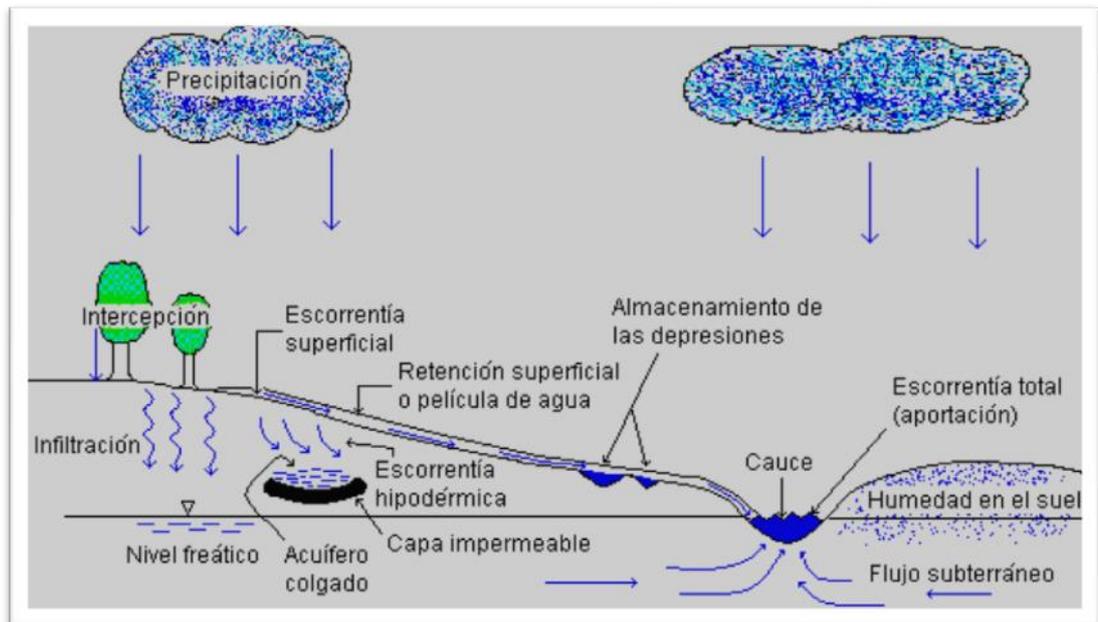


Figura 2. Tipos de escurrimiento

Parte del agua que se infiltra en el suelo continúa fluyendo lateralmente como un flujo hipodérmico, que tiene lugar a pequeñas profundidades debido a la presencia de horizontes relativamente impermeables situados muy cerca de la superficie del suelo, avanzando de este modo los cauces de la red sin haber sufrido una percolación profunda. Otra parte de esta agua se percola hacia la zona de saturación de las aguas subterráneas y eventualmente, alcanza la red hidrográfica para suministrar el *escurrimiento base* de los ríos. Existe todavía otra porción del agua infiltrada, que no llega a alcanzar el nivel de saturación de

las aguas subterráneas y queda retenida encima del nivel freático, ésta es la llamada zona de saturación incompleta.

Hidrografía

Parte de la geografía física que trata de la descripción de los mares y las corrientes de agua (Tratado de geografía Atlántica)

Conjunto de mares, lagos y aguas corrientes de una zona geográfica (Real Academia de la Lengua)

Hidrología

Es la ciencia que estudia el agua en la tierra y su distribución, propiedades físicas y químicas, sus movimientos y transformaciones, así como su relación con el medio ambiente y los seres vivos (Introducción a la hidrología EGRH septiembre 2004)

Ciclo hidrológico

El ciclo hidrológico es un proceso por el cual el agua sigue un curso natural cambiando constantemente de estado y situación. El proceso se debe

a la acción conjunta del sol, que suministra la energía necesaria para hacer posible el cambio de estado y la elevación del agua, y de la gravedad, cuya acción posibilita la precipitación, infiltración y el fluido del agua por el terreno.

El ciclo hidrológico o ciclo del agua es el proceso de circulación del **agua** entre los distintos compartimentos de la **hidrósfera**. Se trata de un **ciclo biogeoquímico** en el que hay una intervención mínima de **reacciones químicas**, y el agua solamente se traslada de unos lugares a otros o cambia de **estado físico**.

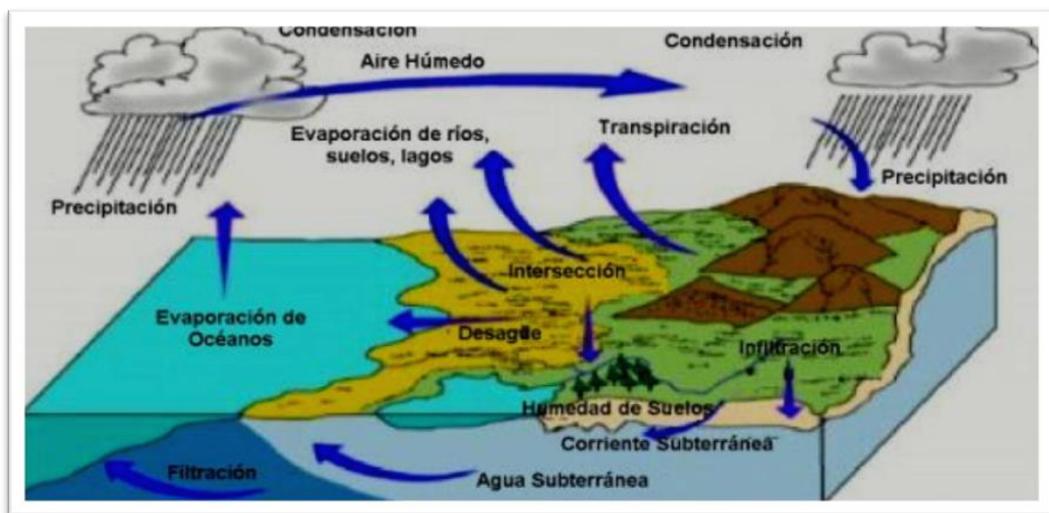


Figura 3. Ciclo Hidrológico

El agua existe en la Tierra en tres estados: sólido (hielo, nieve), líquido y gas (vapor de agua). Océanos, ríos, nubes y lluvia están en constante cambio: el agua de la superficie se evapora, el agua de las nubes precipita, la lluvia se filtra por la tierra, etc. Sin embargo, la cantidad total de agua en el planeta no

cambia. La circulación y conservación de agua en la Tierra se llama ciclo hidrológico, o ciclo del agua. Cuando se formó, hace aproximadamente cuatro mil quinientos millones de años, la Tierra ya tenía en su interior vapor de agua. En un principio, era una enorme bola en constante fusión con cientos de volcanes activos en su superficie. El magma, cargado de gases con vapor de agua, emergió a la superficie gracias a las constantes erupciones. Luego la Tierra se enfrió, el vapor de agua se condensó y cayó nuevamente al suelo en forma de lluvia.

El ciclo hidrológico comienza con la evaporación del agua desde la superficie del océano. A medida que se eleva, el aire humedecido se enfría y el vapor se transforma en agua: es la condensación. Las gotas se juntan y forman una nube. Luego, caen por su propio peso: es la precipitación. Si en la atmósfera hace mucho frío, el agua cae como nieve o granizo. Si es más cálida, caerán gotas de lluvia.

Una parte del agua que llega a la superficie terrestre será aprovechada por los seres vivos; otra escurrirá por el terreno hasta llegar a un río, un lago o el océano. A este fenómeno se le conoce como escorrentía. Otro porcentaje del agua se filtrará a través del suelo, formando capas de agua subterránea, conocidas como acuíferos. Este proceso es la percolación. Más tarde o más temprano, toda esta agua volverá nuevamente a la atmósfera, debido principalmente a la evaporación.

Balance hidrológico

El concepto de balance hídrico se deriva del concepto de **balance** en **contabilidad**, es decir, que es el equilibrio entre todos los **recursos hídricos** que ingresan al sistema y los que salen del mismo, en un intervalo de tiempo determinado.

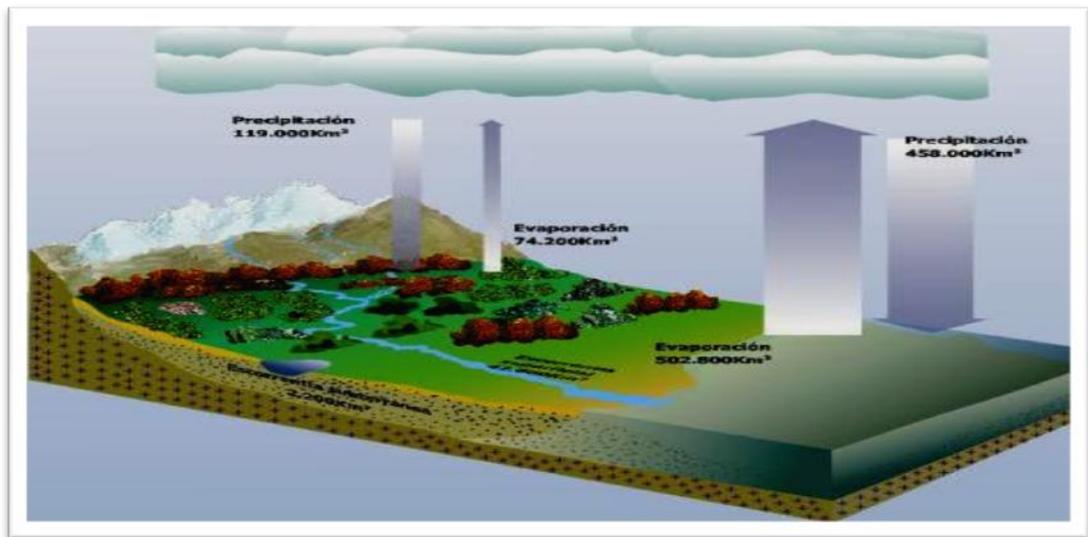


Figura 4. Balance Hidrológico

El balance hidrológico ayuda a determinar la disponibilidad de agua en el tiempo y espacio, y siempre se utiliza para identificar el conflicto de déficit o falta de agua si esta se compara con la demanda. El agua disponible y su correlación con la escorrentía, caudales disponibles y tipos de cobertura de la cuenca se pueden apreciar gráficamente en los hidrogramas anuales o mensuales. En el caso de una cuenca cubierta densamente con bosques

naturales, vegetación permanente y áreas de cultivo bien manejadas, presenta un hidrograma bien distribuido (los caudales disponibles se distribuyen en varios meses), en cambio las cuencas con poca cobertura vegetal y mal manejadas, presentan hidrogramas con “picos muy altos” (los caudales disponibles se concentran en pocos meses y son muy altos, generando inundaciones).

Sintéticamente puede expresarse por la fórmula:

$$Estado_{t+1} = Estado_t + \sum_{i=1}^N Entradas_i - \sum_{j=1}^M Salidas_j$$

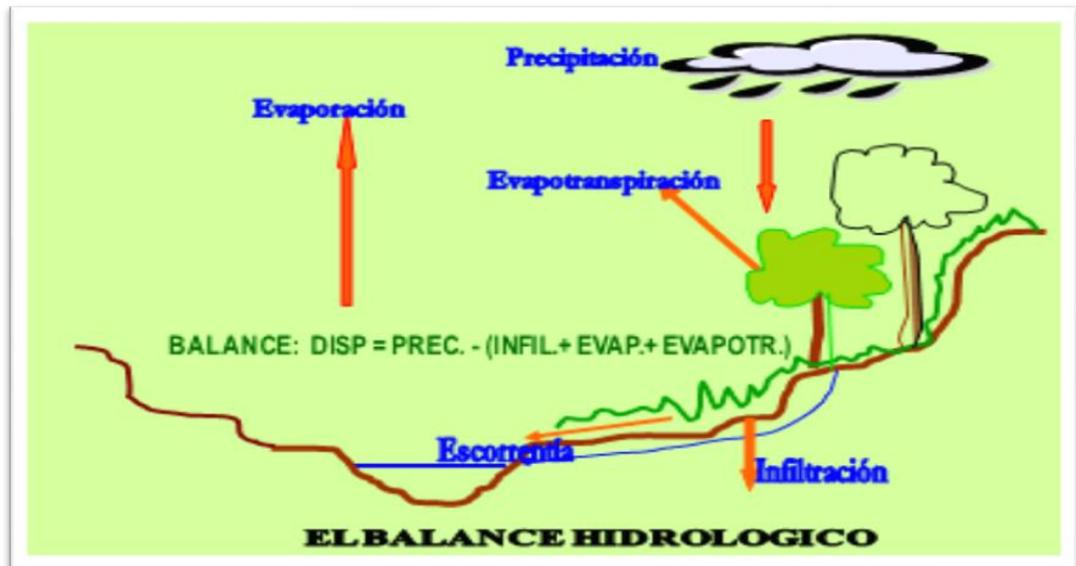


Figura 5. Balance hidrológico

En grandes números, expresados en mm de capa de agua por año, se tienen los siguientes valores

Tabla 1. Valores de evaporación a nivel mundial.

Continente	Precipitación (mm)	Evaporación (mm)	Escoorrentía (mm)
Europa	734	-415	-319
Asia	726	-433	-293
África	686	-547	-139
América del Norte	670	-383	-287
América del Sur	1,648	-1,065	-583
Australia	440	-393	-47
Promedio	834	-540	-294
Groenlandia	.	.	-180
Tierras Antárticas	.	.	-250
Promedio para todos los	760	-480	-280

Cuenca Hidrográfica

Se denomina cuenca hidrográfica al área territorial de drenaje natural donde todas las aguas pluviales confluyen hacia un colector común de descarga. Los límites de una cuenca están determinados por la línea de «divortium aquarum» o divisoria de aguas. Debemos señalar que no siempre los límites geográficos (superficiales) suelen coincidir con los límites del acuífero (subterráneo), pudiendo existir transferencias de masas líquidas entre una cuenca y otra adyacente o cercana. La línea de divortium aquarum se

inicia y termina en la cota más baja o de salida de la cuenca. (Curso de Especialización CATIE Costa Rica 2006)



Figura 6. Cuenca hidrográfica

La cuenca hidrográfica también se define como un ecosistema en el cual interactúan y se interrelacionan variables biofísicas y socioeconómicas que funcionan como un todo, con entradas y salidas, límites definidos, estructura interna de subsistemas jerarquizados (por ejemplo en el sistema biofísico: los subsistemas biológicos y físicos). En este sistema ocurren entradas como la energía solar, hídrica, eólica y gases como el CO², además ingresan insumos como semillas, alimentos, tecnologías y otros, ambos dan origen a procesos como el flujo de energía, ciclo de nutrientes, ciclo hidrológico, erosión y actividades productivas. (Curso de Especialización CATIE Costa Rica 2006)

Las cuencas son espacios socio geográficos donde las personas y sus organizaciones comparten el territorio, sus identidades, tradiciones y culturas; socializan y trabajan en función de la disponibilidad de recursos. Las cuencas hidrográficas se reconocen como un sistema debido a la existencia de interacciones entre el sistema natural del suelo, el agua y biodiversidad y el sistema socioeconómico, que si bien no tiene un límite físico, sí depende de la oferta, calidad y disposición de los recursos. Los diferentes componentes del sistema cuenca no siempre se encuentran dispuestos de manera coordinada. Por ejemplo, la división político-administrativa de un país puede no coincidir con las divisiones de las cuencas hidrográficas, por lo tanto, se tiene en la cuenca injerencia de varios municipios/provincias/departamentos u organizaciones estatales, todo en función a la dimensión de cada territorio. (Curso de Especialización CATIE Costa Rica 2006)

También a la cuenca hidrográfica se le reconoce como un área de terreno conformada por un sistema hídrico, el cual tiene un río principal, sus afluentes secundarios, terciarios o de cuarto orden. El sistema hídrico refleja un comportamiento de acuerdo a como se están manejando los recursos agua, suelo y bosque; y que actividades o infraestructuras afectan su funcionamiento. (Curso de Especialización CATIE Costa Rica 2006)

Se llama "Cuenca Hidrográfica al área territorial de drenaje natural donde todas las aguas pluviales confluyen hacia un colector común de descarga. Los límites de una cuenca están determinadas por la línea de divortio aquarum o divisoria de aguas. Debemos hacer hincapié que no siempre los límites geográficos suelen coincidir con los límites hidrológicos, pudiendo existir transferencias de masas líquidas entre una cuenca y otra. (Revista HIDRORED)

Se entiende por cuenca hidrográfica el territorio en que las aguas fluyen al mar a través de una red de cauces secundarios que convergen en un cauce principal único. La cuenca hidrográfica, como unidad de gestión del recurso, se considera indivisible. (Ley de Aguas 29 de agosto 1985)

Es el área de aguas superficiales o subterráneas que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o bien directamente en el mar.

La cuenca hidrográfica se define como una unidad territorial en la cual el agua que cae por precipitación se reúne y escurre a un punto común o que fluye toda al mismo río, lago, o mar. En esta área viven seres humanos, animales y plantas, todos ellos relacionados. También se define como una

unidad fisiográfica conformada por la reunión de un sistema de cursos de ríos de agua definidos por el relieve. (<http://www.eumed.net/libros/2005/jmfb-h/1u.htm>)

Una cuenca es una superficie terrestre asociada a uno o varios elementos. La cuenca hidrográfica de un río o de una estación es la porción de territorio para la cual cada gota de agua cayendo en ella es susceptible de llegar al río o a la estación. Su límite se llama también parteaguas. http://idrisi.uaemex.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=89&Itemid=84 centro de recursos HIDRISI-MEXICO

Algunos lugares que pertenecen a pequeños cauces y que no forman un río mayor, que pueden desembocar directamente al océano o a otro cauce mayor, se denomina zonas de **"intercuencas"** y pueden asociarse físicamente con la cuenca limítrofe. En las zonas planas "llanura" también es difícil configurar el límite de las cuencas, allí los ríos meándricos pueden formar cauces erráticos, de zonas inundables, a veces muy sedimentadas que dificultan la delimitación de la cuenca, la orientación y rasgos del drenaje serán determinantes para la configuración, con el apoyo de una carta topográfica con curvas de nivel de la menor equidistancia disponible (cada 5 o 10 m). <http://www.pirna.com.ar>

Componentes De Una Cuenca Como Un Sistema

La cuenca hidrográfica es un sistema por las siguientes razones:

- Está constituida por partes que se relacionan entre sí.
- Tiene un límite definido (divisoria de aguas y su entorno)
- Tiene entradas y salidas, ejemplificado por el ciclo hidrológico.
- Ocurren interacciones en su ámbito, la cobertura vegetal interactúa entre el suelo y la precipitación.
- Ocurren interrelaciones en su ámbito, si algo se hace en la parte alta, se produce un efecto en las partes medias o bajas.



Figura 7. El agua como recurso integrador

Los componentes básicos son dos; el **biofísico** y **el socioeconómico**, que se pueden desgregar por los siguientes subcomponentes

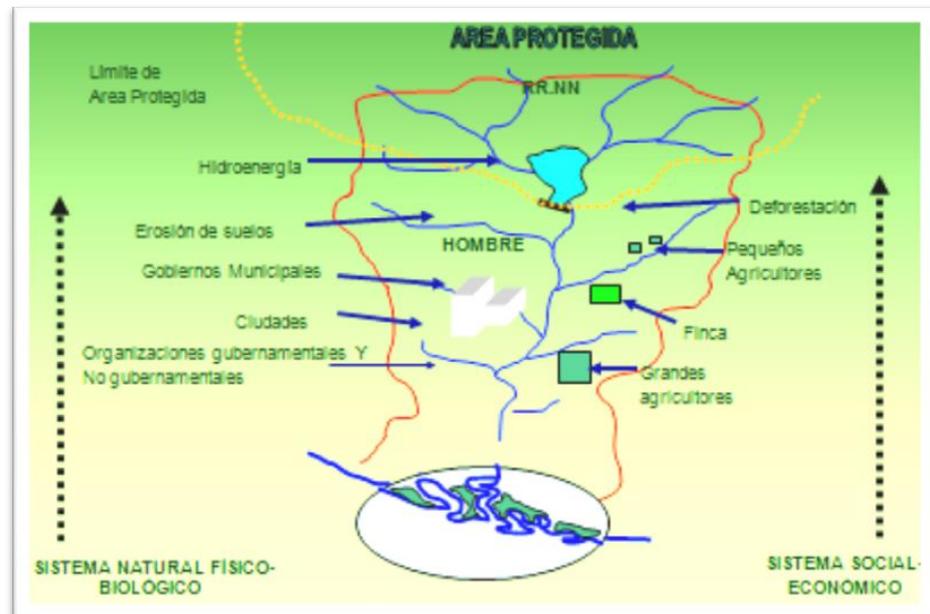


Figura 8. La cuenca como un sistema

- **Biofísico**, generalmente divididos en físico y biológico, pero en mayor detalle serían:
 - **Biológico**, constituido por los elementos vivos, hombre, animales, plantas (forestales y pastos naturales) y cultivos.
 - **Físico**, constituido por los elementos no vivos, suelo, subsuelo, relieve, agua, minerales y clima

- **Socioeconómico**, generalmente divididos en social y económico, pero en mayor detalle serían:
 - Social, aspectos demográficos, calidad de vida y organizacionales.
 - Cultural, aspectos religiosos, costumbres, tradiciones, historia y etnias.
 - Tecnológico, tipos y niveles de tecnologías en diferentes campos.
 - Productivo, uso de la tierra, sistemas y medios, distribución de la tierra.
 - Económico, ingresos, rentabilidad, inversiones, servicios ambientales.
 - Institucional, aspectos gubernamentales de nivel central y local, responsabilidades, rol de municipios y entidades de cuencas.
 - Legal, tenencia de la tierra, marco regulatorio, normas, reglamentos, competencia del manejo de cuencas

Partes de una cuenca

Una cuenca hidrográfica puede dividirse atendiendo a diferentes criterios. Atendiendo al grado de concentración de la red de drenaje, define unidades menores como subcuencas y microcuencas.

Subcuenca, es toda área que desarrolla su drenaje directamente al curso principal de la cuenca. Varias subcuencas pueden conformar una cuenca.

Microcuenca, es toda área que desarrolla su drenaje directamente a la corriente principal de una subcuenca. Varias microcuencas pueden conformar una subcuenca.

Quebradas, es toda área que desarrolla su drenaje directamente a la corriente principal de una microcuenca. Varias quebradas pueden conformar una microcuenca. A veces estos cursos de agua se interceptan directamente a los grandes ríos y cuerpos de agua.

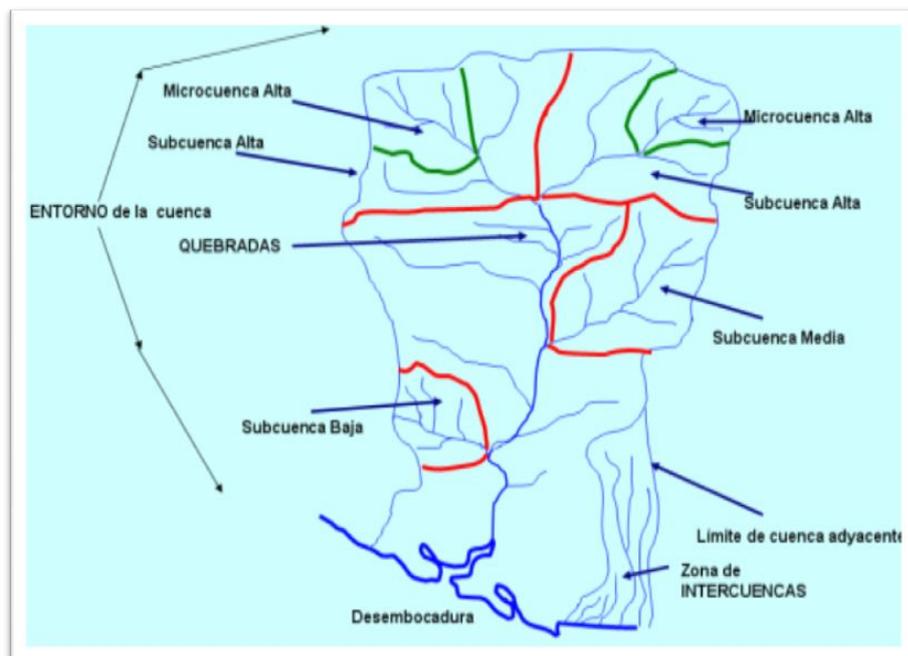


Figura 9. Partes de una Cuenca

Esta clasificación no es única, existen otros criterios asociados con el tamaño de la cuenca y están relacionados con el número de orden de drenaje y/o con el tamaño del área que encierran. Por lo tanto existen cuencas de segundo, tercer o cuarto orden. Con relación al tamaño, en las grandes vertientes como la del Atlántico en América del Sur, el concepto de área para definir cuenca, subcuenca o microcuenca debe adaptarse a otras consideraciones físico-naturales o socio económicos, tal es el caso de la cuenca del río Amazonas.

Dimensiones de una cuenca

Entre las dimensiones convencionales que siempre destacan en una cuenca hidrográfica, están el largo y ancho (configuran la forma), pero no muy frecuentemente se caracteriza la profundidad (del suelo, subsuelo y manto rocoso, aquí la importancia de caracterizar y evaluar el agua subterránea) y el vuelo (altura de la cobertura vegetal, relieve y características aéreas), o sea que en términos prácticos se manejan tres ejes (X, Y, Z, ancho, largo y altura). Pero para entender el comportamiento de la cuenca es indispensable conocer escenarios en el tiempo, que expliquen cambios y dinámicas, lo cual lleva a valorar la dimensión temporal (t).

División de una cuenca

Otra manera de dividir la cuenca es diferenciando las pendientes del terreno, definiendo las áreas planas y las inclinadas, dando origen a zonas de "laderas" (montañas, colinas, tierras inclinadas, con pendientes mayores a 20%), "valles" (tierras planas, o de suaves pendientes o ligeramente onduladas, con pendientes de 0 a 20%) y el "cauce" (curso principal y secundarios con sus márgenes de protección). Las cuencas planas o con poca variabilidad de relieve, solo tendrá la zona plana de valles y el cauce.

La cuenca también se puede dividir en "parte alta, media y baja", esto generalmente se realiza en función a características de relieve, altura y aspectos climáticos. Permite relacionar cómo las partes altas de las cuencas inciden en las partes bajas, por ejemplo si se deforesta la parte alta como afecta la escorrentía en las partes bajas, o si se aplican agroquímicos y plaguicidas en forma irracional en las partes altas, como se contamina las aguas que deben aprovecharse, aguas abajo



Figura 10. División de una Cuenca

En algunos casos esta clasificación da origen a las denominadas cuencas de alta montaña o altiplano (subcuencas y microcuencas) o también aquellas regiones de mayor cobertura arbórea natural donde la precipitación y escorrentía mantiene un adecuado equilibrio del ciclo hidrológico, estas se consideran las fuentes de agua para muchos propósitos y que tradicionalmente se denominaban las "cuencas".

En algunos casos las cuencas son muy pequeñas o estas tienen características muy similares, compatibilizando y complementándose con intereses homogéneos para constituir "sistemas operativos de cuencas" como en el caso de cuencas vecinas de las cuales se requieren concentrar caudales para realizar derivaciones de agua, o que constituyen oportunidades adecuadas para manejar zonas de protección y conservación. También este

criterio puede aplicarse al caso de cuencas entre las cuales se realiza un trasvase de aguas o cuando por razones estratégicas se decide considerar

Cuenca Hidrológica

Cuando la configuración del relieve y fisiografía, tiene una forma y simetría diferente a la configuración geológica de la cuenca, se puede decir que tenemos una cuenca subterránea que cambia la dirección del flujo superficial para alimentar otra cuenca hidrográfica. Esta configuración es denominada “*Cuenca Hidrológica*”, la cual adquiere mayor importancia en la medida que se trate de establecer el balance hidrológico.

Cuando la divisoria de la cuenca hidrográfica es diferente de la divisoria de la cuenca hidrológica, los flujos subsuperficiales y el movimiento del agua en el suelo se presenta de la siguiente manera.

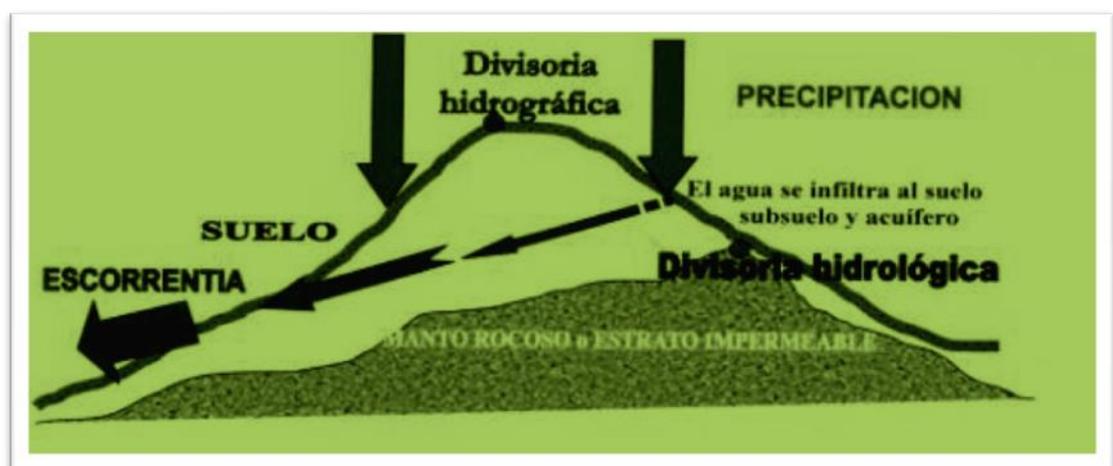


Figura 11. Cuenca Hidrológica

Es muy importante conocer esta característica interna de la cuenca, porque en algunos casos se realiza el balance hidrológico sin considerar los aportes o fugas de una cuenca vecina a otra. Un caso particular son las cuencas ubicadas en terrenos cársticos.

Hidrometeorología

La **Hidrometeorología** es la ciencia (estrechamente ligada a la meteorología, la hidrología y la climatología) que estudia el ciclo del agua en la naturaleza. Abarca el estudio de las fases **atmosférica** (evaporación, condensación y precipitación) y **terrestre** (intercepción de la lluvia, infiltración y derramamiento superficial) del ciclo hidrológico y especialmente de sus interrelaciones. Comprende la observación, procesamiento y análisis del comportamiento de los elementos hídricos, fundamentalmente las descargas de los ríos y los volúmenes almacenados en embalses naturales y artificiales así como de los factores meteorológicos.

El desarrollo de esta ciencia ayuda a la comprensión de los fenómenos hidrometeorológicos, así como el desarrollo de sistemas y herramientas hidrometeorológicas que vienen siendo cada día más utilizadas en la observación, predicción, modelización, prevención y alerta temprana, en las

áreas de control de inundaciones y aplicaciones específicas para el control y gestión de embalses.

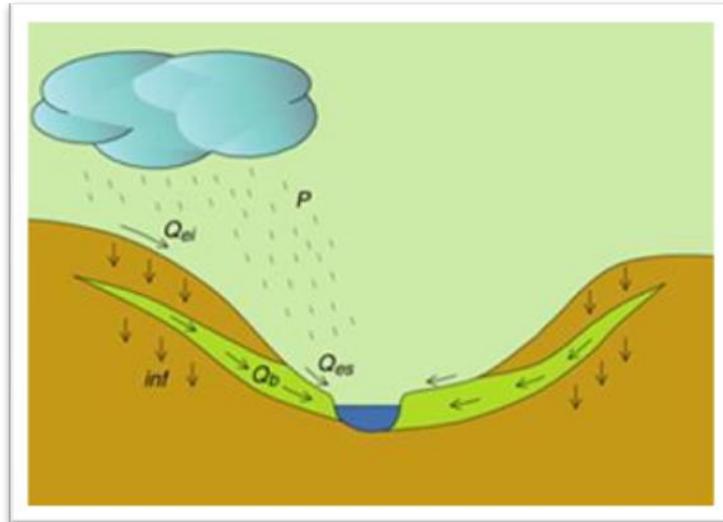


Figura 12. Esquema de una vertiente

P: precipitación. inf: infiltración Qb: flujo sub-superficial Qei: exceso de infiltración Qes: exceso de saturación

CAPITULO II

INFORMACION GENERAL DEL AREA DE ESTUDIO

Ubicación Político-Jurisdiccional

La micro cuenca del Río Zhurucay es tributaria de la sub cuenca del Río Rircay, misma que forma parte de la Cuenca hidrográfica del Río Jubones y cubre una superficie de 28.1 km²

La micro cuenca del Río Zhurucay está ubicada hacia el sur-occidente del país, en la parte central de la provincia del Azuay

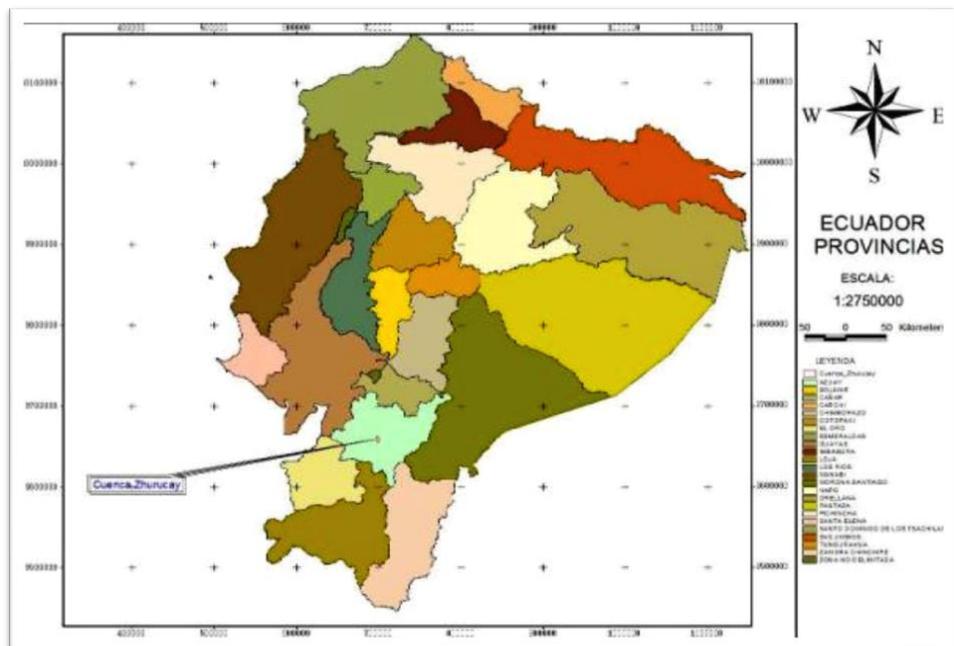


Figura 13. Ubicación de la Microcuenca Zhurucay en el contexto nacional

La Microcuenca del Río Zhuruca y se encuentra emplazada dentro de las comunidades Cristal-Aguarongos y comuna Sombrederas pertenecientes a las jurisdicciones parroquiales de San Gerardo y Chumblin de los cantones Girón y San Fernando respectivamente, pertenecientes a la provincia del Azuay, República del Ecuador.

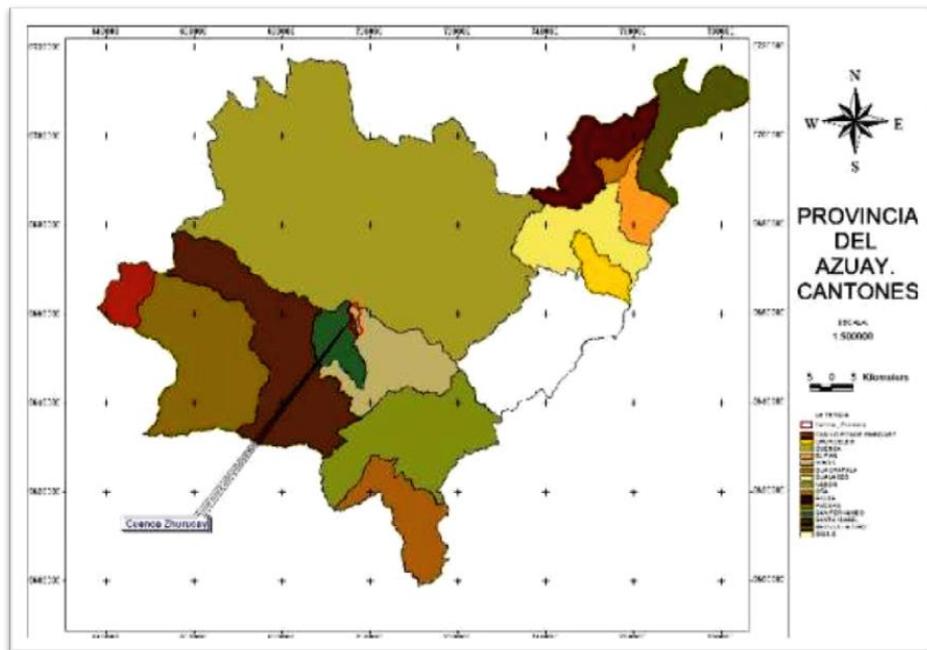


Figura 14. Ubicación de la Microcuenca Zhuruca y a nivel Provincial

Situación Geográfica

Geográficamente se ubica entre las siguientes coordenadas:

Tabla 2. *Coordenadas Geográficas de los vértices de la microcuenca del Río*

Zhurucay

Proyecto	Coordenadas Geográficas UTM(PSAD 56)		
	Coordenadas parte alta	Coordenadas Parte baja	Coordenadas en Punto de Confluencia
Microcuenca del Río Zhurucay	695000-9662650 697020-9662515	696300-9655650 699000-9655480	695700-9653000

Vialidad

Partiendo del sistema Vial Regional, la principal vía más cercana es la denominada Girón –Pasaje que une la Ciudad de Cuenca con la ciudades de Pasaje-Machala, a la altura de la cabecera cantonal de Girón se toma una vía asfaltada de segundo orden que llega hasta la cabecera cantonal de San Fernando, misma que cruza o atraviesa la parte baja de la microcuenca del Río Zhurucay. En la microcuenca existe un anillo vial con un camino vecinal de tercer orden que une tanto la parte baja, media y alta de la microcuenca.

Clima

Tomando como base información regional de estaciones vecinas y de condiciones similares al área de estudio se puede indicar que el clima en la zona de estudio está particularmente influenciado por la costa oeste del Pacífico, y particularmente por el continente y por las masas de aire del este

del Atlántico tropical. La variabilidad alta del clima se debe a la localización geográfica (Crespo et al 2009b).

Temperatura media: 7 °C, máxima absoluta: 17.1 °C, mínima absoluta: 2.2 °C. Los meses más calurosos son los de noviembre (9.3° C) y diciembre (9.21° C) y los más fríos julio (1.4° C), agosto y septiembre (1° C). La temperatura decrece en una tasa promedio de 0.5 a 0.7°C. Por 100 m. Diariamente la radiación solar y la temperatura son casi constantes durante todo el año, mientras que la variabilidad entre días es bastante marcada. La variación del clima entre el día es comúnmente mayor a 20°C. (Crespo et al 2009b).

La precipitación se presenta con una temporada bastante seca de agosto a septiembre y una temporada baja de diciembre a febrero. La precipitación promedio anual está en el rango de 900 a 1600 mm basado en los periodos de 1964-2008. La precipitación esta igualmente distribuida durante todo el año, frecuentemente interrumpida por periodos cortos de temporada seca, con una longitud máxima de 16 días consecutivos. La intensidad de la precipitación es baja con un 90% de las lluvias que van con una intensidad menor a 10 mm h⁻¹. (Crespo et al 2009b).

Las laderas occidental del Ecuador están influenciadas por el clima de la costa del Pacífico, resultado de la variabilidad de precipitación espacial y temporal. (Crespo et al 2009).

El clima predominante es el típico de páramo con lloviznas y lluvias frecuentes existiendo la presencia también de granizadas y heladas.

Por lo tanto, el clima de las microcuencas Zhurucay localizadas en la ladera este de la cordillera occidental está influenciado por el régimen de la costa del Pacífico, el continente y las masas de aire del este del Atlántico tropical.

Instrumentos Hidrometeorológicos Instalados

Se realizó la adquisición e instalación de instrumentos de medición de alta tecnología para parámetros hidroclimáticos como pluviómetros automáticos, estaciones de temperatura y humedad relativa y una estación meteorológica automática, misma que fueron colocados en sitios estratégicos de la parte alta de la microcuenca y complementadas con más instrumentos provenientes del convenio SENACYT –PIC-08-460.

Pluviométricos

Para determinar la precipitación se han utilizada pluviógrafos de tipo balancín, se encuentran 3 de la Marca HOBO RG3M distribuidos en la micro cuenca. El principio básico de estos pluviógrafos consiste en: que el agua recogida por la boca del pluviógrafo cae en un depósito gemelo de otro, llamados canalones y montados ambos sobre un eje capaz de bascular alrededor de otro horizontal. Cada vez que uno de los canalones está lleno, el desplazamiento del centro de gravedad del sistema móvil le obliga a girar hasta tocar un contacto eléctrico, quedando entonces el otro canalón bajo la boca, repitiendo así la operación alternativamente. El registro de este contacto eléctrico queda guardado en un data logger de la marca HOBO. Todos los contactos efectuados por los canalones pueden ser descargados por el programa HOBOware PRO para las gráficas correspondientes. La precisión de este pluviógrafos es de 0.2mm de lluvia.



Figura 15. Pluviografos tipo balancín

Meteorológicos

En la parte media de la microcuenca en el sector denominado como Campamento Base en la comunidad Cristal-Aguarongos UTM PSAD 56 696933 9657134 se instaló una estación meteorológica y que consta de los siguientes equipos:

- 1) **Veleta:** Para determinar la dirección y velocidad del viento.
- 2) **Sensor de temperatura y Humedad Relativa:** para determinar las variaciones de temperatura y los cambios de la humedad.
- 3) **Piranometro:** para determinar la radiación solar.
- 4) **Radiómetro NETO:** para determinar la radiación de onda larga y corta.
- 5) **Barómetro:** para determinar la variación de la presión.

En esta estación existe un data logger CR1000 para almacenar la información de la marca Campbell, la cual se descarga mediante el programa PC200. Además hay un panel solar que sirve para la recargar la batería, la que proporciona energía para el funcionamiento de los equipos.



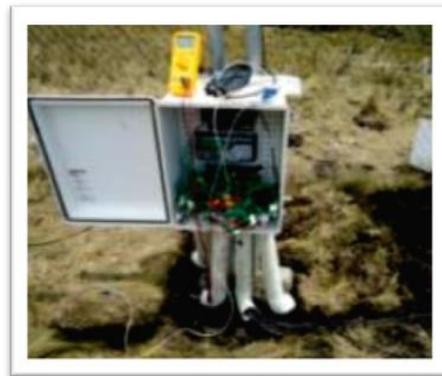
Figura 16. . Estación meteorológica en la cuenca media

1

Vale indicar que en los dos primeros meses del presente año en la parte alta de la microcuenca UTM 696440 9661691 el Proyecto Cuantificación de los Servicios Hidrológicos de cuencas hidrográficas alto andinas SENACYT PIC-08-460 que lo ejecuta el Grupo de Ciencias de la Tierra y el Ambiente de la Dirección de Investigaciones de la Universidad de Cuenca instaló a inicios del presente año una estación meteorológica con equipos de alta tecnología, cuyos datos recopilados se ha tenido acceso para el análisis del presente estudio



1



1



Figura 17. Estación Meteorológica del Proyecto SENACYT PIC-08-460

Resultados obtenidos

Temperatura.

Durante el periodo de estudio y desde el mes de febrero que se inició a registrar los datos en los equipos instalados tenemos reportado un valor

mínimo diario de 0.1 °C el 27 de febrero y las temperaturas máximas diarias de 13.6°C los días 16 de marzo y quince de mayo

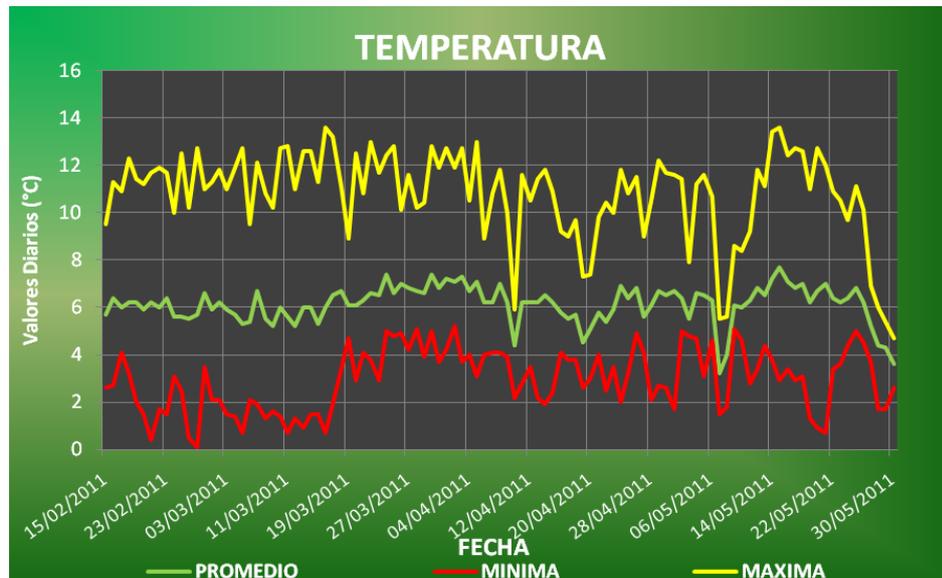


Figura 18. Valores de Temperatura

Radiación Neta

Durante el periodo de estudio y desde el mes de febrero que se inició a registrar los datos en los equipos instalados tenemos reportado un valor mínimo diario de -88.9 (W/m²) el 17 de mayo y el valor máximo registrado es de 1661 (W/m²) el 17 de mayo del 2011.

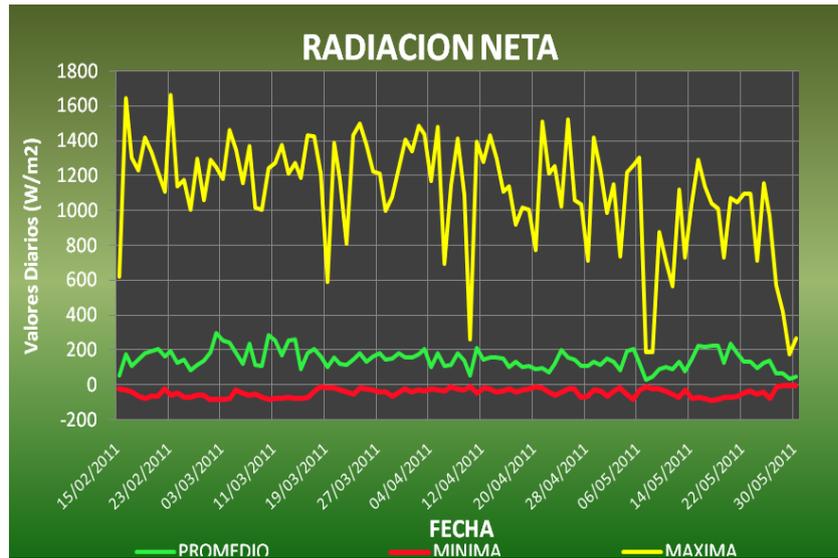


Figura 19. Valores de Radiación Neta

Humedad Relativa

Durante el periodo de estudio y desde el mes de febrero que se inició a registrar los datos en los equipos instalados tenemos registrados 111 días de los cuales 61 reportan un 100% de humedad relativa y el valor más bajo corresponde al 18 de mayo del 2011 con 12.4%.

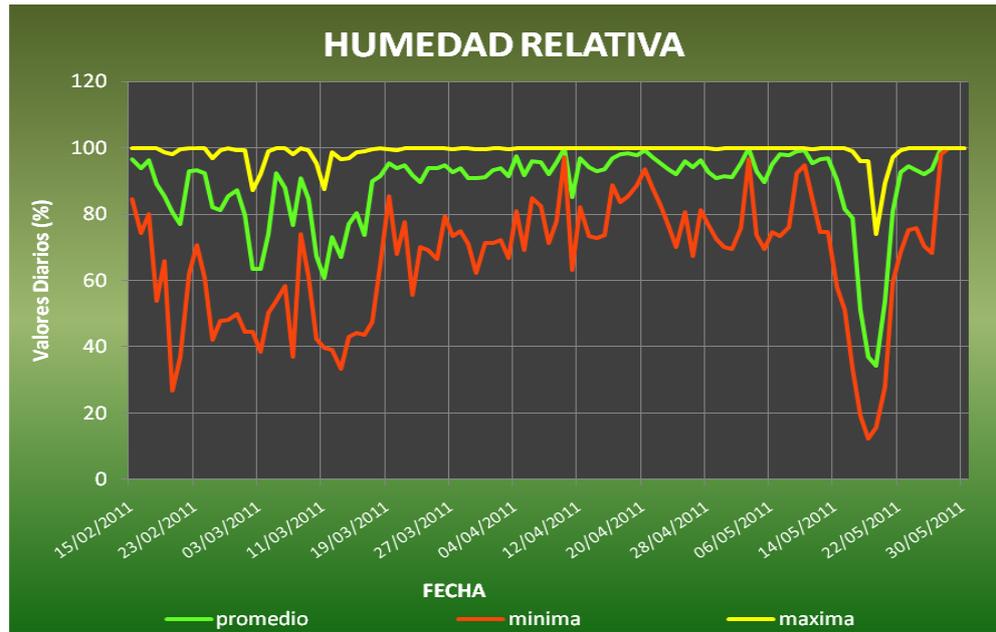


Figura 20. Valores de Humedad Relativa

Velocidad y dirección del viento

La velocidad del viento registrada durante el periodo marzo - mayo del 2011 (periodo de estudio) reporta valores máximos de 13.1 m/s y una velocidad promedio de 6.9 m/s



Figura 21. Velocidad del Viento

La dirección del viento que predomina en la microcuenca es la de N-W como se puede apreciar en la figura.

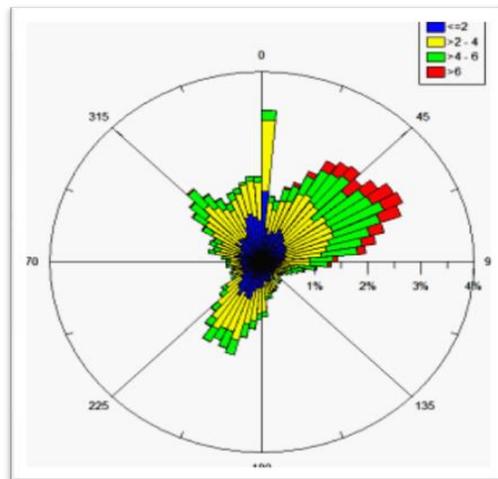


Figura 22. Dirección del viento

Precipitación

Durante el periodo de estudio y desde que se instalaron los pluviómetros en diferentes puntos de la microcuenca (parte alta, parte media y parte baja) se puede concluir que llueve más en la parte baja, luego en la parte media y parte alta respectivamente.

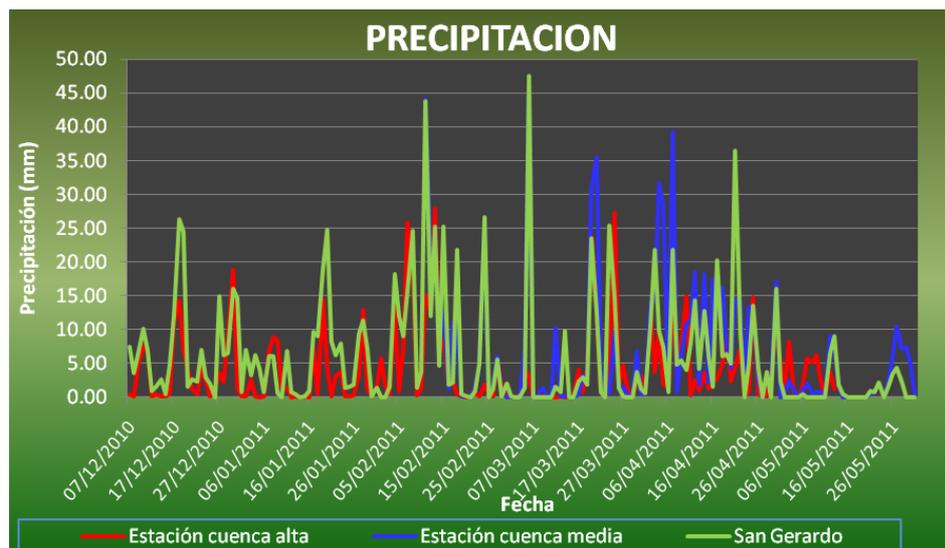


Figura 23. Valores de precipitación

Con los datos obtenidos también se procedió a elaborar un mapa de isoyetas

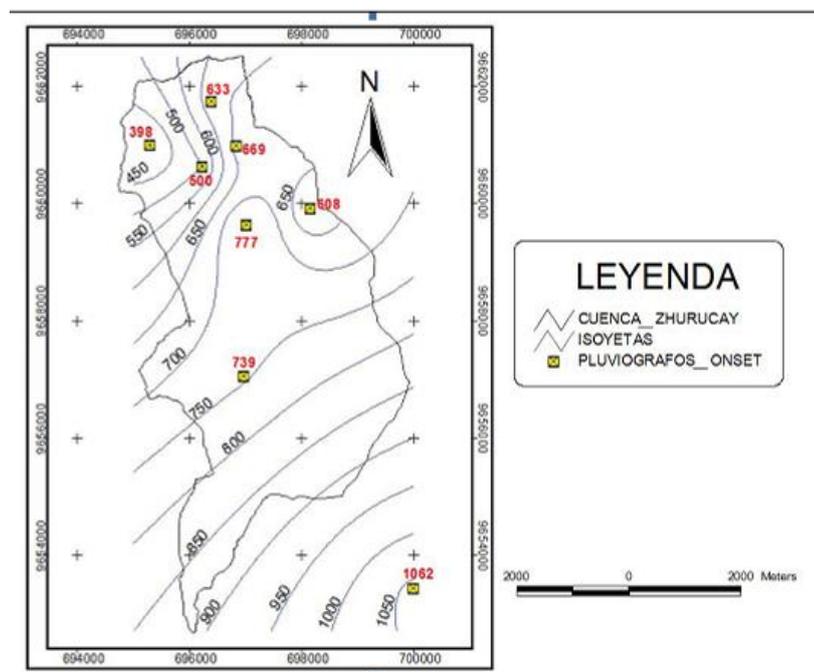


Figura 24. Mapa de isoyetas

Clasificación Ecológica y Fisonómica

En base a varios estudios realizados en la zona y tomando en consideración las características climáticas, fitogeográficas y fisonómicas que presenta la microcuenca, esta se la puede clasificar a su parte media y baja como un **Bosque muy húmedo Montano (bmh-M)** y la parte alta como un **Páramo herbáceo de pajonal y almohadillas** (Cerón y alg. 1977) clasificación más detallada y puntual que la clasificación de Paramo andino (Diels 1937) o que la clasificación de Bosque Pluvial Subalpino (bp-SA) propuesto por Holdridge, en donde las formaciones de almohadillas nos indican un elevado nivel freático de las aguas superficiales propensa a la formación de pantanos o

humedales en valles en forma de “U”, que en este caso por la baja esorrentía, y la presencia de los mismos durante todo el año se los puede considerar como humedales alto-andinos permanentes, Unión Mundial para la Naturaleza (UICN 1995) están considerados dentro del sistema de lagunas del Paute y revisten gran importancia para la ornitología, ya que juegan un importante papel ecológico tanto para las aves acuáticas migrantes y residentes como para la flora y fauna local, ya que contribuyen a regular el caudal hídrico durante todo el año.

Estudio Biológico

La información que se reporta en el presente es el producto de los recorridos de campo y soportado científicamente con un resumen del ***Informe preliminar de levantamiento de línea base ambiental del Proyecto Quimsacocha*** y que fue desarrollado por un Equipo Técnico Multidisciplinario de la Facultad de Investigaciones de la Universidad del Azuay de la Ciudad de Cuenca. Vale indicar que las partes media y alta de la microcuenca del Río Zhurucay forman parte del citado Estudio.

Vegetación

En el mencionado informe se hace referencia que para clasificar la vegetación del área del proyecto de Exploración Minera Quimsacocha en su Área de Influencia Directa e Indirecta, se tomó como referencia el sistema de

clasificación de la vegetación de los andes del Ecuador, propuesto por (Baquero et al., 2004). Sin embargo debido que la escala de trabajo utilizada en este sistema resulta insuficiente para la mencionada área; muchos tipos de vegetación que se describen en el referido documento se han incorporado específicamente para el presente estudio; de esta manera se distinguen las siguientes unidades y subunidades de vegetación:

- Páramo herbáceo
- Páramo de almohadillas
- Bosque de Polylepis
- Herbazal Lacustre Montano
- Bosque Montano Alto

Páramo herbáceo.

Es la comunidad vegetal mejor representada dentro del área del Proyecto Quimsacocha; su distribución alcanza toda la extensión de la misma. Fisonómicamente es homogénea, con predominancia de las plantas en “penachos”, representadas fundamentalmente por *Calamagrostis intermedia*, que es la especie dominante de esta formación vegetal, Otras especies que también tienen el mismo hábito son *Orthrosanthus chimboracensis* que juntas forman una densa capa herbácea, bajo la cual crecen especies de hierbas pequeñas como: *Hypochaeris sessiliflora* *Oritrophium peruvianum*, *Gentiana sedifolia*, *Gentianella hirculus*, *Halenia weddelliana*, *Geranium multipartitum*,

Ranunculus praemorsus, *Lachemilla hispidula*, *L. orbiculata*, *Castilleja fissifolia*, *Bartsia* spp, *Valeriana microphylla*, *Eryngium humile*, entre otras.



Figura 25. Vegetación característica de Paramo

Dispersos entre el pajonal, podemos encontrar a varios arbustos pertenecientes a especies como: *Gynoxys miniphylla*, *Chuquiragua jussieui*, *Baccharis* spp, *Diplostephium* spp, *Loricaria cinérea*, *L. Thuyoides*, *Berberis lutea*, *Pernettya prostrata*, *Vaccinium floribundum*, entre otros. También en ciertos lugares y formando pequeñas agregaciones, crecen las plantas conocidas vulgarmente como achupallas o aguarongos, pertenecientes a las especies *Puya clava-herculis* y *Puya* sp. 1 y 2.

En este ecosistema en 20 sitios de muestreo, 10 en el AID y 10 en el All se ha registrado la presencia de 235 especies de plantas, de las cuales 14 (5,95%) son Pteridophytas o helechos, 9 (3,82%) especies corresponden a los

líquenes más comunes, 1 (0,42%) especie es angiosperma o conífera y 211 (89,78%) especies son angiospermas o plantas con flores.

Por otra parte la diversidad de flora podemos analizarla también mediante características como textura, apariencia y forma en la que se presentan, este análisis es por hábitos o formas de vida, así en el páramo de Quimsacocha en las 235 especies de plantas que se registró tenemos: árboles 8 (3,40%) especies, arbustos 37 (15,74%) especies, sub arbustos 19 (8,08%) especies, herbáceas 156 (66,38%) especies, bejucos 4 (1,70%) especies, y en los líquenes tenemos a los foliosos 3 (1,27%) especies y fruticosos 6 (2,55%) especies para este estudio.

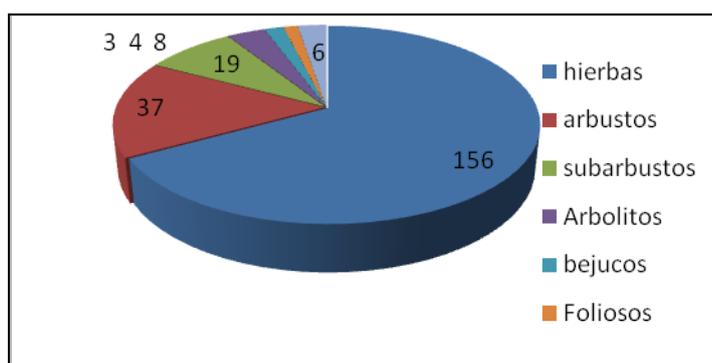


Figura 26. Clases de plantas por forma de vida o hábito

En el estudio también se hace referencia a un breve análisis acerca del origen de las especies del páramo de Quimsacocha, así tenemos que de 235 especies de plantas 214 (91,06%) son nativas, 16 (6,38%) son endémicas, 4 (1,70%) son introducidas y 2 (0,85%) son introducidas y cultivadas.

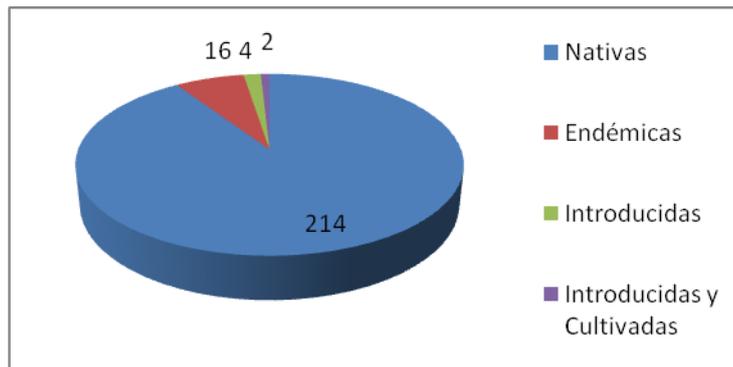


Figura 27. Clases de plantas por su origen

En cuanto a la composición de plantas podemos mencionar que las 235 especies de plantas registradas pertenecen a 60 familias y 135 géneros (ver listado de especies en Anexo 2.1); de éstas las familias más diversas son: Asteraceae con 44 especies, seguida por Pteridophyta con 14 especies, luego se encuentran, Poaceae con 13 especies, Scrophulariaceae con 12 especies, Apiaceae y Gentianaceae con 11 especies cada una, Rosaceae con 10 especies, Cyperaceae con 8 especies y Valerianaceae con 7 especies , las demás familias presentan números inferiores de especies (ver listado de especies en Anexo 3)

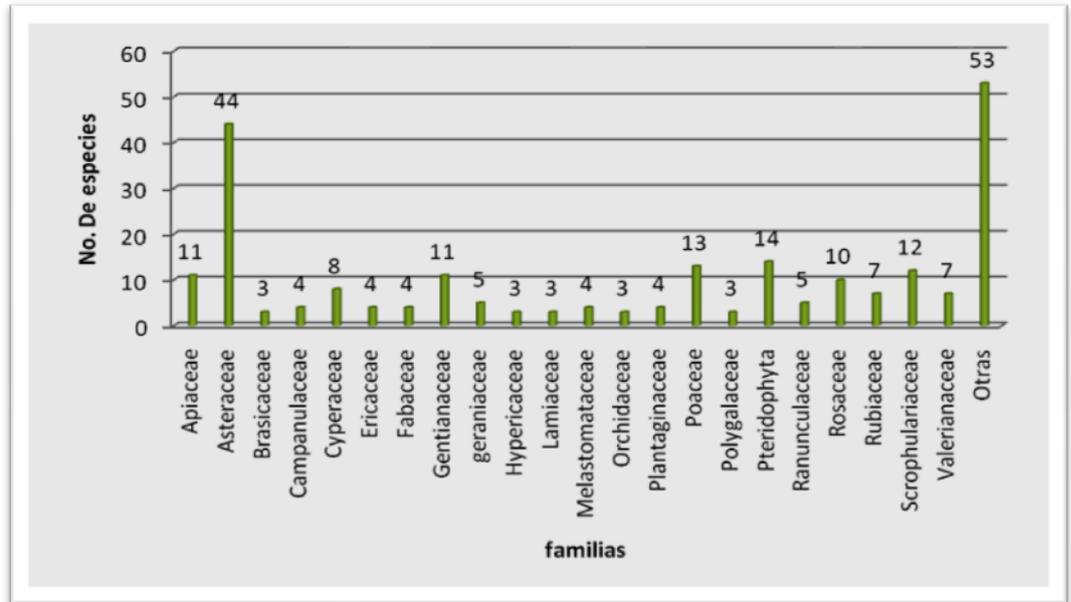


Figura 28. Riqueza de especies por familia de plantas.

En cuanto a la composición genérica del páramo de Quimsacocha podemos mencionar que los géneros más diversos presentes en los sitios investigados son: *Gentianella* sp. y *Veleriana* sp., con 7 especies cada uno, luego se presentan *Baccharis* sp. y *Bartsia* sp., con 6 especies cada uno, seguidamente tenemos a *Geranium* sp., con 5 especies, *Carex* sp., *Galium* sp., *Plantago* sp., y *Ranunculus* sp., con 4 especies cada uno, y finalmente tenemos la presencia de *Bomarea* sp., *Castilleja* sp., *Diplostephium* sp., *Halenia* sp., *Hypericum* sp., *Loricaria* sp., *Lysipomia* sp., *Monina* sp., *Oritrophium* sp., *Puya* sp. y *Senecio* sp., con 3 especies respectivamente, los demás géneros presentan números inferiores de especies.

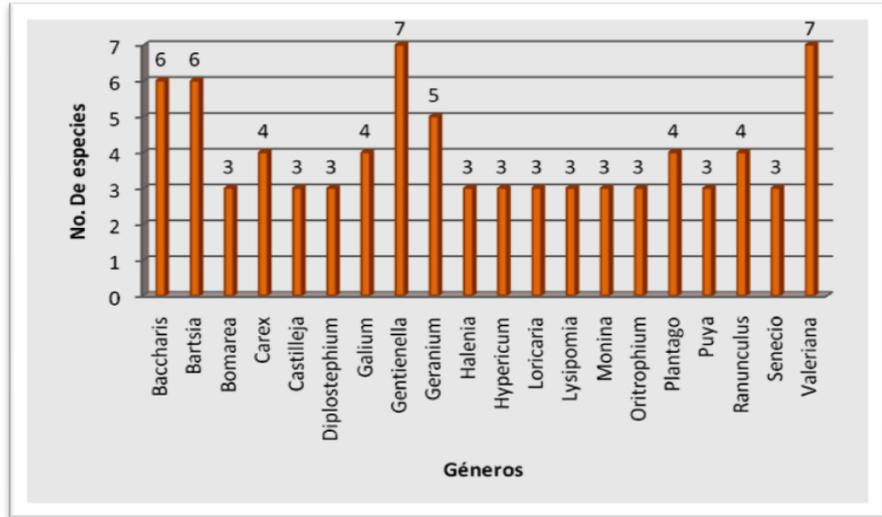


Figura 29. Riqueza de especies por género de plantas

En cuanto a la diversidad, según el índice de Simpson todos los lugares investigados son sitios muy diversos, ya que estos presentan valores siempre superiores a 0,9



Figura 30. A: *Clinopodium nubigenum*, B: *Miconia chionophylla*, C: *Sibtorphia repens* y D: *Gentiana sedifolia*.

En cuanto al endemismo de los páramos de Quimsacocha podemos mencionar que en los 20 sitios de muestreo se encontró un total de 235 especies de plantas, de las cuales 15 son endémicas y representan un 6,38% del total de la flora, de éstas especies endémicas *Gentianella hirculus* y *Lysipomia vitreola* están en peligro según la UICN, *Neurolepis villosa*, *Lysipomia acaulis*, *Brachyotum jamesonii*, *Stachys elliptica*, *Gentianella hyssopifolia* y *Xenophyllum roseum* se presentan como vulnerables a la extinción.

Tabla 3. Listado de especies endémicas registradas

Especie	Categoría
<i>Neurolepis villosa</i> L.G. Clark	VU
<i>Gentianella hirculus</i> (Griseb.) Fabris	EN
<i>Gynoxys miniphylla</i> Cuatrec.	VU
<i>Lysipomia acaulis</i> Kunth	VU
<i>Bomarea glaucescens</i> (Kunth) Baker	NT
<i>Ribes lehmannii</i> Jancz.	NT
<i>Brachyotum jamesonii</i> Triana	VU
<i>Stachys elliptica</i> Kunth	VU
<i>Gentianella hyssopifolia</i> (Kunth) Fabris	VU
<i>Xenophyllum roseum</i> (Hieron.) V.A. Funk	VU
<i>Arcytophyllum vernicosum</i> Standl.	DD
<i>Berberis cf. pindilicensis</i> Hieron.	VU
<i>Lysipomia vitreola</i> McVaugh	EN
<i>Werneria pumila</i> Kunth	LC
<i>Loricaria cinerea</i> D.J.N. Hind.	DD

VU: Vulnerable, EN: En Peligro, NT: Casi Amenazada, DD: Datos insuficientes, LC: Preocupación Menor (Valencia et al. 2000)

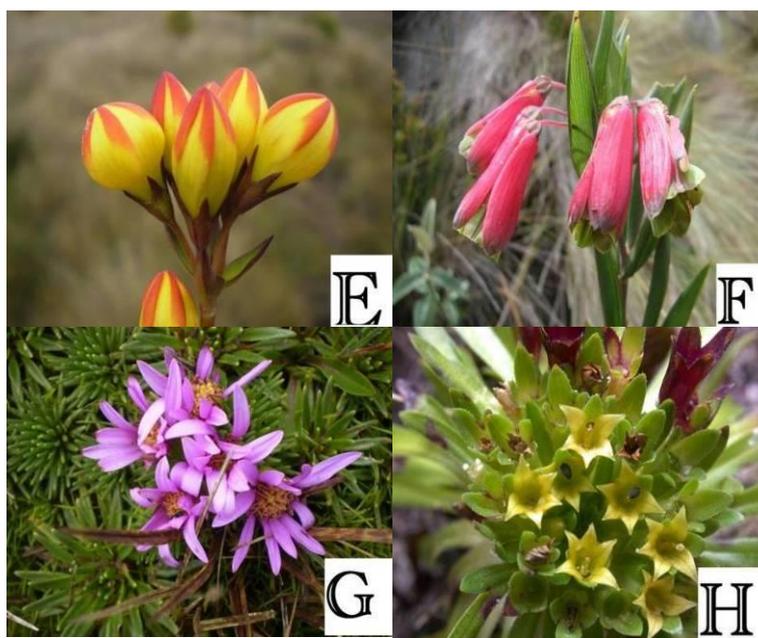


Figura 31. E: *Gentianella hirculus*, F: *Bomarea glaucescens*, G: *Xenophyllum roseum* y H: *Lysipomia acaulis*.

Páramo de almohadillas.

La vegetación de esta comunidad, se encuentra en su mayor parte diseminada y entremezclada con el páramo herbáceo, pero también se encuentra presente, aunque en menor cantidad en áreas denominadas ciénagas o turberas que son lugares inundados, en donde el suelo presenta condiciones anaeróbicas, y se inhibe la descomposición del material vegetal. Constituyen formaciones de gran importancia ecológica, ya que muchos ríos y quebradas andinas encuentran su fuente en éstos sitios (Hofstede, 1998).



Figura 32. Vegetación de Almohadilla

Esta ecosistema de vegetación está muy dispersa en toda el área de pajonal, como ya fue mencionado, frecuentemente en pequeños valles y hondonadas; las especies representativas de esta formación vegetal son: *Plantago rigida*, *Werneria nubigena*, *Werneria pygmaea*, *Xenophyllum roseum* *Oreobolus* sp. y *Carex* sp.

Herbazal lacustre montano.

Esta formación vegetal, está restringida a las riberas de las lagunas y pantanos, posee una flora con alta especificidad, pues aquí se encuentran especies como: *Neurolepis villosa*, *Juncus* sp. y *Scirpus* sp. Fisonómicamente, la vegetación consta de hierbas monocotiledóneas con predominancia de las familias Juncaceae y Cyperaceae que pueden medir hasta 1,50m de altura y,

que tienen sus raíces inmersas en el agua; la especie que generalmente está dominando estos ambientes es *Scirpus rigidus*, acompañados de *Juncus* sp., y de algunas especies del género *Cerex*.



Figura 33. Vegetación en riberas de lagunas y charcos

En pantanos de baja profundidad pueden dominar macrófitas acuáticas, como en el caso de *Myriophyllum quitense*; otras macrófitas registradas en las lagunas son, *Isoetes novo-granadensis*, *Potamogeton paramoanum* y *Ranunculus flagelliformis*. Estas especies podrían constituirse en importantes indicadores del estado de conservación de las lagunas, pues su densidad puede depender de la calidad del agua y de los sedimentos.

Bosque de quinua (Polylepis spp.).

Este hábitat de vegetación, se encuentran diseminado en ciertas áreas específicas de la parte alta de la Microcuenca del Río Zhurucay (sitios con pendientes moderadas y riberas de quebradas). El estrato arbóreo es bajo, entre 8 y 10 m de altura, con árboles retorcidos y muy ramificados cuyos troncos y ramas están cubiertos de musgos. Los taxones leñosos no son muy diversos, debido a que no muchas especies pueden adaptarse a estas alturas (Hosftede, 1998).



Figura 34. Parches de *Polylepis*

En estos fragmentos de bosque están dominados por *Polylepis incana* con muy pocos individuos de *Polylepis reticulata*, además de las especies leñosas, se concentra gran cantidad de helechos y plantas inferiores básicamente musgos que constituyen elementos claves como recurso hábitat,

para especies de aves y micro mamíferos, y además de cumplir una función muy importante como captadores y retenedores de agua.

En los bosques de quinua se ha registrado la presencia de 68 especies de plantas, de las cuales algunas son especies compartidas con el páramo e incluso con los bosques montanos, de estas 68 especies, 11 (16,17%) son Pteridophytas o helechos, y 57 (83,82%) especies son angiospermas o plantas con flores.

Ahora bien, si en los bosques de quinua realizamos un análisis por formas de vida de las plantas registradas podemos encontrar que, en las 68 especies de plantas que se registró tenemos: árboles 10 (14,70%) especies, arbustos 18 (26,47%) especies, sub arbustos 3 (4,41%) especies, herbáceas 34 (50%) especies, lianas y bejucos 3 (4,41%) especies para este estudio.

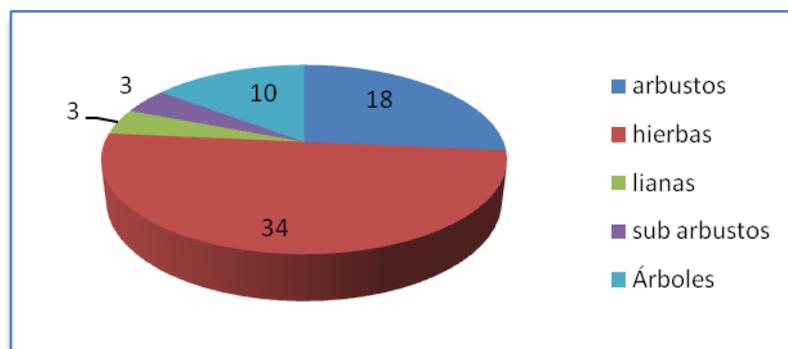


Figura 35. Clases de plantas por forma de vida o hábito en los bosques de quinua.

También se realizó un análisis acerca del origen de las especies presentes en bosques de quinua de Quimsacocha, así tenemos que de las 68 especies de plantas 54 (79,41%) son nativas, 12 (17,64%) son endémicas, 2 (2,94%) son introducidas.

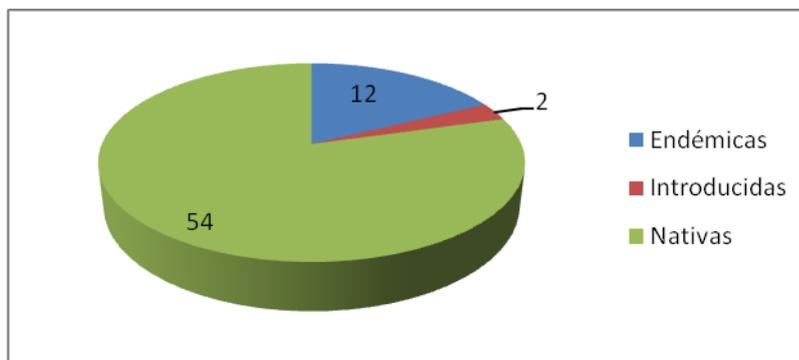


Figura 36. Clases de plantas por su origen en los bosques de quinua.

En cuanto a la composición de plantas podemos mencionar que las 68 especies de plantas registradas en este ecosistema pertenecen a 24 familias y 50 géneros (ver listado de especies en Anexo 2.2); de éstas las familias más diversas son: Asteraceae con 16 especies, seguida por Pteridophyta con 11 especies, luego se encuentran, Rosaceae con 7 especies, Apiaceae con 4 especies y Scrophulariaceae con 3 especies, las demás familias presentan números inferiores de especies.

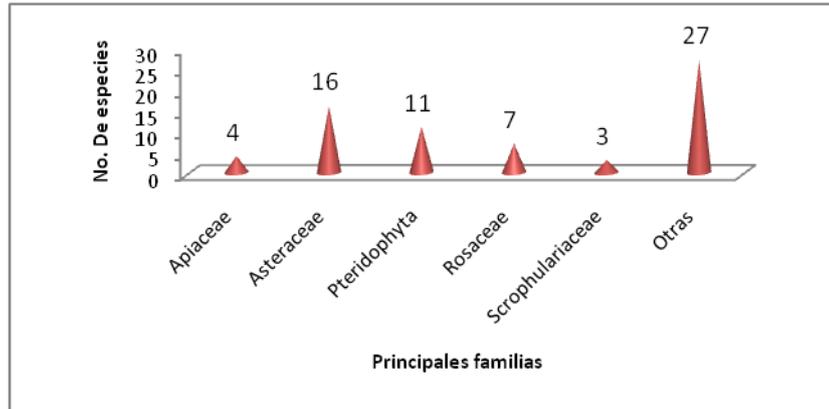


Figura 37. Riqueza de especies por familia de plantas en bosques de quinua

En cuanto a la composición genérica de plantas en los bosques de quinua del Proyecto de Exploración Minera Quimsacocha podemos mencionar que *Gynoxys* sp., *Elaphoglossum* sp. y *Rubus* sp., tienen 3 especies cada uno, luego están: *Bomarea* sp., *Azorella* sp., *Baccharis* sp., *Senecio* sp., *Werneria* sp., *Fuchsia* sp., *Peperomia* sp., *Grammitis* sp., *Polylepis* sp., *Lachemilla* sp., y *Valeriana* sp., con 2 especies cada uno; los demás géneros son mono específicos en este estudio.



Figura 38. I *Symplocos* sp. J: *Bomarea* sp. K: *Aa* sp. y L: *Rubus coriaceus*.

En cuanto al endemismo de los bosques de quinua podemos mencionar que de las 68 especies de plantas registradas para este hábitat 12 son endémicas y representan el 17,64% del total de la flora, de estas 1 se encuentra en la categoría En peligro y 5 se presentan como Vulnerables a la Extinción.

Tabla 4. Listado de especies endémicas en el bosque de quinuas

Género	Espe	Categ
Brachy	confe	LC
Diplost	ericoi	LC
Fuchsi	loxen	LC
Gynox	minip	VU
Gynox	laurifo	VU
Gynox	cuico	NT
Oreopa	andre	NT
Polylep	reticul	VU
Ribes	lehma	VU
Stachy	ellipti	VU
Valeria	secun	EN
Werner	pumil	LC

LC: Preocupación Menor; VU: Vulnerable; EN: En Peligro y NT: Casi Amenazada (Valencia et al. 2000)



Figura 39. M: *Brachyotum confertum*, N: *Polylepis reticulata*, O: *Gynoxys miniphylla* y P: *Ribes lehmannii*,

Bosque montano alto.

Esta comunidad vegetal se encuentra representada en el Área del proyecto de Exploración Minera Quimsacocha por varios remanentes boscosos en el área denominada Cristal, se encuentra rodeado por una matriz de páramo herbáceo y pastos para ganadería, y emplazado en un terreno rocoso con una pendiente de hasta 40°.

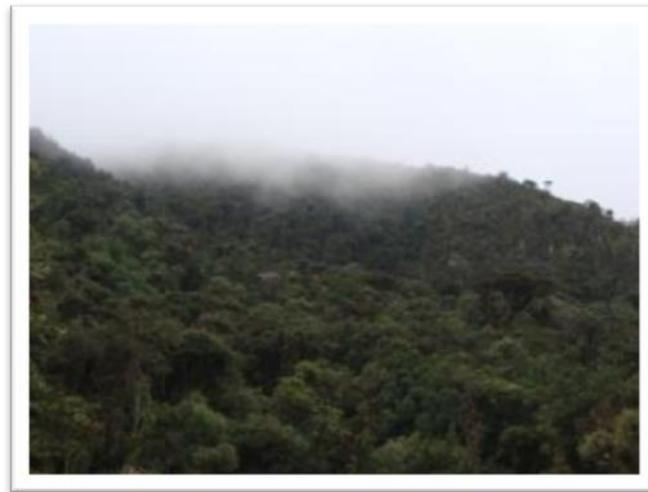


Figura 40. Bosque Montano Alto

De acuerdo con la composición florística, esta comunidad vegetal, está dominada por una asociación de *Hedyosmum cumbalense*, *Hesperomeles ferruginea*, *Myrsine dependens* y *M. andina*, acompañada de *Weinmania fagaroides* y *Oreocallis grandiflora*, todas estas especies pertenecen a un grupo de dominancia de dosel; entre tanto que en el subdosel es característica la presencia de *Brachyotum* sp., *Gynoxys cuicochensis*, *Arracacia elata*, *Macleania rupestris*, *Salvia* sp. y *Calceolaria* spp.

En el bosque montano de Cristal, en 2 sitios muestreados, ambos en el All del Proyecto Quimsacocha, donde única y exclusivamente se tomó datos de riqueza de plantas exclusivas de este hábitat, evitando los ecotonos con el páramo, se ha registrado la presencia de 115 especies de plantas, de las cuales 5 (4,05%) son Pteridophytas o helechos, y 100 (86,95%) especies son angiospermas o plantas con flores.

Si realizamos un análisis de la diversidad de flora del bosque montano de Cristal por hábitos o formas de vida, en este ecosistema en las 115 especies de plantas que se registró tenemos la presencia de: árboles 38 (33,04%) especies, arbustos 33 (31,30%) especies, sub arbustos 2 (1,73%) especies, herbáceas 30 (26,08%) especies, bejucos 1 (0,86%) especies, y lianas 8 (6,95%) especies para este estudio

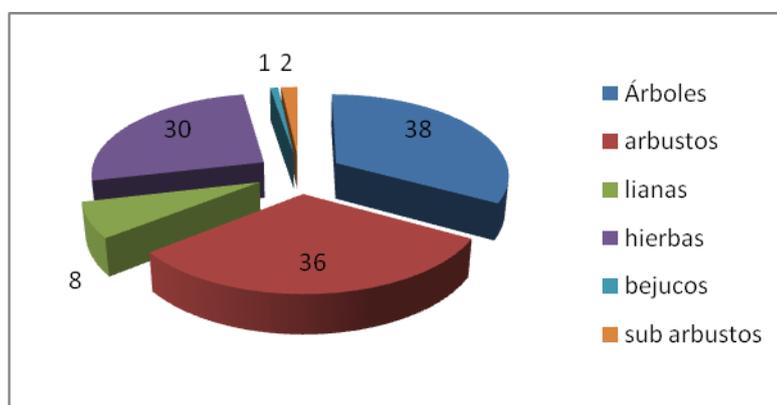


Figura 41. Clases de plantas presentes por forma de vida o hábito.

También si realizamos un análisis acerca del origen de las especies del bosque Cristal del Proyecto Quimsacocha, tenemos que de 115 especies de plantas 102 (88,69%) son nativas, 12 (10,43%) son endémicas, y 1 (0,86%) es introducida.

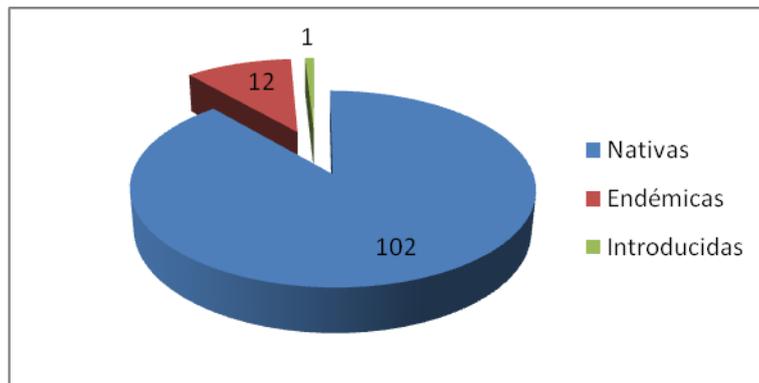


Figura 42. Clases de plantas por su origen

En cuanto a la composición taxonómica del bosque montano de Cristal observamos que las 115 especies de plantas registradas pertenecen a 44 familias y 78 géneros; donde las familias más diversas son: Orchidaceae con 16 especies, seguida por Solanaceae con 8 especies, luego están Asteraceae, Ericaceae y Lamiaceae con 7 especies cada una, Melastomataceae con 6 especies, Calceolariaceae y Pteridophyta (helechos) con 5 especies cada uno, Myrsinaceae con 4 especies y Passifloraceae y Piperaceae con 3 especies cada una (ver Figura 2.13), las demás familias presentan números inferiores de especies.

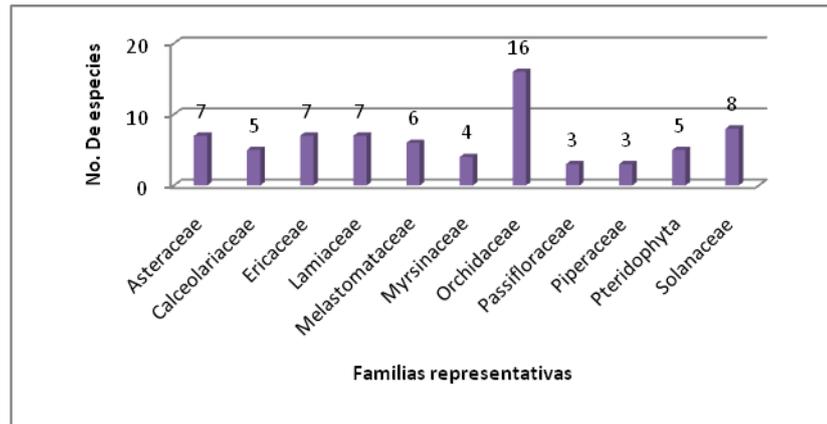


Figura 43. Riqueza de especies por familia de plantas en el bosque montano de Cristal

Si analizamos la composición genérica vemos que los principales géneros presentes son: Solanum sp., con 6 especies, seguido por Calceolaria sp. y Epidendrum sp., con 5 especies cada uno, luego están Miconia sp., Oncidium sp., Passiflora sp., Pleurothallis sp., y Salvia sp., con 3 especies cada uno, Hesperomeles sp., Oreopanax sp. y Peperomia sp., tienen 2 especies cada uno, las **demás especies se caracterizan por ser monoespecíficas para este estudio.**

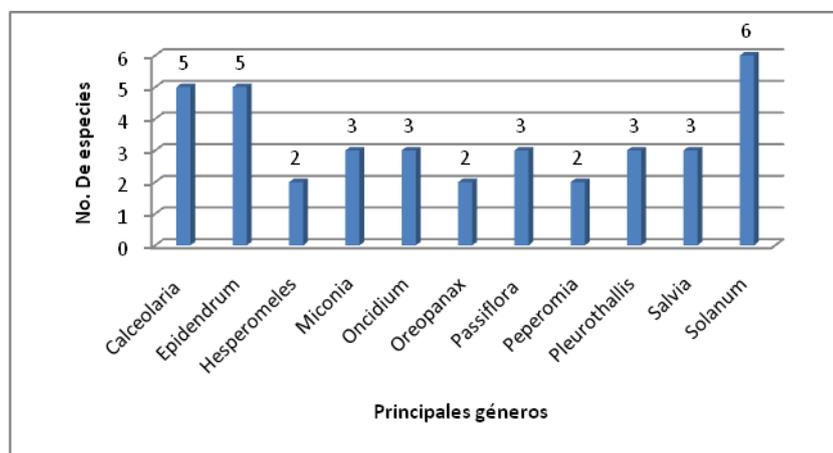


Figura 44. Riqueza de especies por género de plantas en el bosque montano

En cuanto a la diversidad analizada mediante el índice de Simpson con los datos de la parcela de 1000 m² y cuyo resultado arroja 0,835 podemos decir que este es un bosque muy diverso.



Figura 45 . Q: *Alloplectus peruvianus*, R: *Guzmania* sp., S: *Hesperomeles ferruginea* y T: *Bejaria resinosa*, especies de plantas presentes en el bosque montano de Cristal.

Tabla 5. Listado de especies endémicas registradas para el bosque montano.

Género	Especie	Categor
<i>Caiophora</i>	<i>contorta</i> (Desr.) C. Presl	DD
<i>Calceolaria</i>	<i>ericoides</i> Vahl	DD
<i>Calceolaria</i>	<i>rosmarinifolia</i> Lam.	NT
<i>Fuchsia</i>	<i>loxensis</i> Kunth	LC
<i>Geissanthus</i>	<i>vanderwerffii</i> Pipoly	NT
<i>Gynoxys</i>	<i>laurifolia</i> (Kunth) Cass.	VU
<i>Oncidium</i>	<i>cultratum</i> Lindl.	EN
<i>Oreopanax</i>	<i>aviceniifolius</i> (Kunth)	NT
<i>Oreopanax</i>	<i>andreas</i> Marchal	NT
<i>Passiflora</i>	<i>ampullaceae</i> (Mast.)	VU
<i>Telipogon</i>	<i>obovatus</i> Lindl.	NT
<i>Gynoxys</i>	<i>cuicochensis</i> Cuatrec.	NT

DD: Datos insuficientes, NT: Casi amenazada, LC: Preocupación menor,
VU: Vulnerable, Valencia et al. (2000).

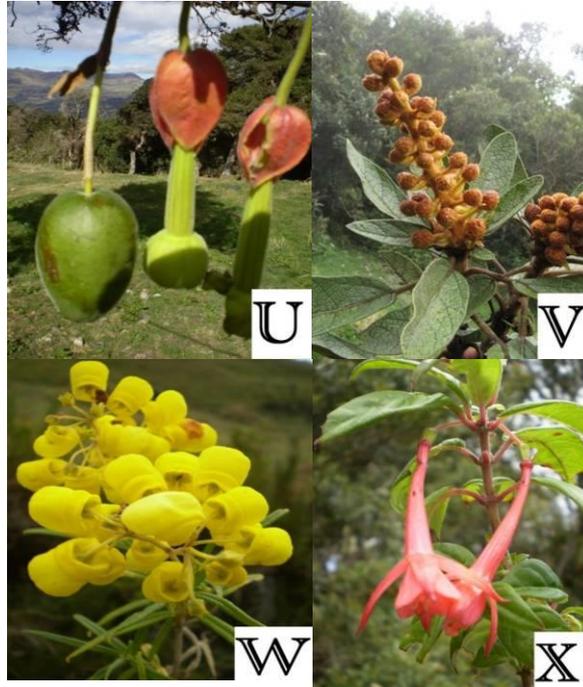


Figura 46. U: *Passiflora ampullaceae*, V: *Oreopanax andreanuss*, W: *Calceolaria rosmarinifolia* y X: *Fuchsia loxensis* especies endémicas registradas para los bosques montanos

Fauna

La información de especies amenazadas se basa en el Libro Rojo de los Mamíferos del Ecuador (Tirira, 2001) y en la Lista Roja de la UICN (2008). Se menciona la categoría en la que se encuentra la especie citada, siendo éstas, en orden de importancia: En Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerable (VU), Casi Amenazada (NT) y Datos Insuficientes (DD). También se incluye

información de las especies que aparecen dentro de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas (CITES, 2008). Las especies de mamíferos que son utilizadas por los habitantes de la zona son comentadas según sea su uso para alimentación, mascota o como objeto ornamental, comercio, uso medicinal o creencias locales. También se indica aquellas especies que tienen algún tipo de interacción con el ser humano lo que motiva su cacería.

Mastofauna.

Durante ese estudio de campo se registró la presencia de 23 especies de mamíferos que corresponden a 21 géneros, 14 familias y ocho órdenes. Esta diversidad representa el 41,8% del total de mamíferos presentes en el piso alto andino y el 6% del total de mamíferos del Ecuador. La mastofauna registrada se distribuye de la siguiente manera: un marsupial (*Didelphimorphia*), un ratón marsupial (*Paucituberculata*), nueve roedores (*Rodentia*), un conejo (*Lagomorpha*), una musaraña (*Soricomorpha*), cuatro murciélagos (*Chiroptera*), cuatro carnívoros (*Carnivora*), y dos venados (*Artiodactyla*).

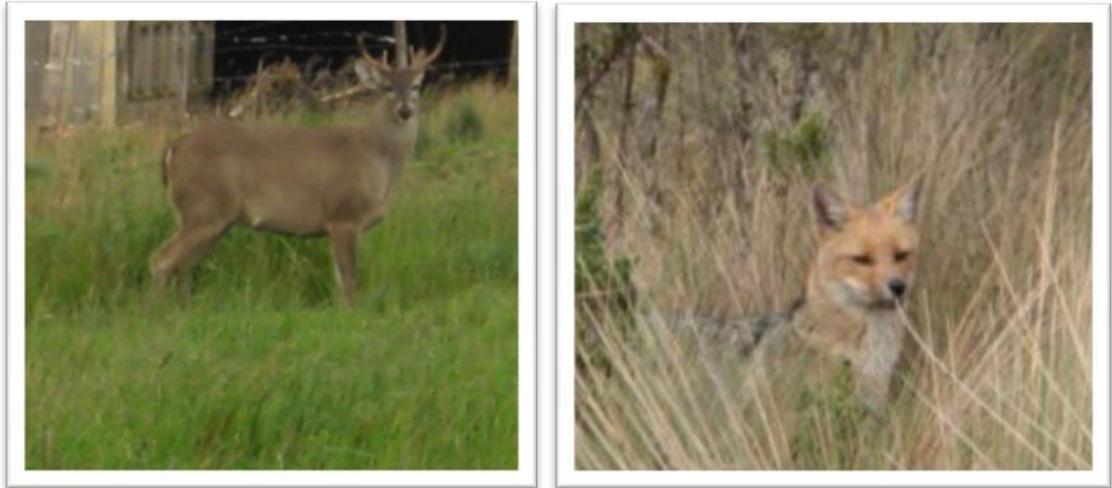


Figura 47. Venados y lobo de paramo

El orden de mamíferos más representativo en cuanto a su diversidad durante el trabajo de campo constituye el grupo de los roedores con nueve especies (39% del total de mamíferos registrados); luego aparecen los carnívoros con cinco especies (21,7%), le siguen los murciélagos con cuatro especies (17,4%); los Artiodáctilos con dos especies (8,7%). Los restantes cuatro órdenes registraron una sola especie, que corresponde al 4,3% del total de mamíferos para cada uno

Tabla 6. Órdenes, familias y especies de mamíferos registrados.

Órdenes	Familias	Géneros	Especies	Porcentaje %
Didelphimorphia	Didelphidae	1	1	4.3
Paucituberculata	Caenolestidae	1	1	4.3
Rodentia	Erethizontidae	1	1	4.3
	Cuniculidae	1	1	4.3
	Cricetidae	5	7	30.4
Lagomorpha	Leporidae	1	1	4.3
Soricomorpha	Soricidae	1	1	4.3
Chiroptera	Vespertilionidae	2	2	8.7
	Phyllostomidae	2	2	8.7
Carnivora	Canidae	1	1	4.3
	Felidae	1	1	4.3
	Mephitidae	1	1	4.3
	Mustelidae	1	1	4.3
Artiodactyla	Cervidae	2	2	8.7
Total	14	21	23	100.0

La familia más representativa en la zona de estudio es Cricetidae con siete especies. Otras familias diversas son Phyllostomidae y Vespertilionidae, y Cervidae con dos especies cada una. Todas las demás familias registradas presentan una sola especie.

Las especies comunes son el conejo silvestre (*Sylvilagus brasiliensis*) y el ratón arrocero altísimo (*Microryzomys altissimus*).

Dentro de las especies frecuentes se registraron tres mamíferos: el venado de cola blanca (*Odocoileus peruvianus*), el ratón campestre delicado (*Akodon mollis*) y el zorrillo (*Conepatus semistriatus*).

Las especies no comunes fueron cinco, en esta categoría se encuentran las siguientes especies: el lobo de páramo, la zarigüeya andina (*Didelphis pernigra*), la musaraña de orejas cortas (*Cryptotis montivaga*), el ratón andino de Thomas (*Thomasomys baeops*), y el ratón arrocero andino (*Phyllotis andium*).

Las especies raras fueron representa el mayor número dentro del presente estudio y son la comadreja andina (*Mustela frenata*), el ratón marsupial sedoso (*Caenolestes fuliginosus*), rata de bosque nublado de Tomes (*Nephelomys albigularis*), el puerco espín quichua (*Coendou quichua*), cuatro especies de murciélagos (*Anoura geoffroyi*, , *Eptesicus andinus*, *Sturnira erythromos* y *Myotis oxyotus*), el ratón andino arborícola (*T. caudivarius*) y el ratón orejón de Haggard (*Phyllotis haggardi*)

Finalmente, se identificaron tres especies de las cuales se desconoce su abundancia relativa, ya que debido a que fueron registradas únicamente en las encuestas a moradores y al estado de conservación de la zona no se puede determinar su abundancia local: se trata de la guanta andina (*Cuniculus taczanowskii*), el puma (*Puma concolor*), y el venado colorado enano (*Mazama rufina*).

El índice de diversidad indica una diversidad de media a baja para toda el área de estudio en su conjunto. El bosque montano tiene el índice más alto

de diversidad (1,906) que equivale a una zona de diversidad media; al igual que el bosque de *Polylepis* que tiene un índice de 1,792. El resto de hábitats evaluados corresponden a sitios de baja diversidad según el índice.

En lo que respecta a la distribución por hábitats sólo dos especies de toda la lista de registros, comparten todos los hábitats (*L. culpaeus* y *S. brasiliensis*), 12 especies son exclusivas del Bosque Montano, y el resto comparten dos de los tres hábitats evaluados.

El hábitat que presento un mayor registro de especies dentro del área del proyecto fue el Bosque Montano con

Tabla 7. Lista de especies registradas por tipo de hábitat.

Tipo de Hábitat	Número de especies (S)	Número de Individuos	Índice de Shannon-Wiener	Interpretación del índice
B. Montano	7	8	1.906	Diversidad media
B. Polylepis	6	6	1.792	Diversidad media
Matorral	4	4	1.386	Diversidad baja
Pajonal	3	3	1.099	Diversidad baja
Pino	1	2	0	Diversidad baja
Almohadilla	1	1	0	Diversidad baja

Se identificaron cuatro especies que se encuentran dentro de alguna lista de mamíferos amenazados o en peligro de extinción que representan el 17,39% del total de especies identificadas y un 1,04% del total de mamíferos presentes en Ecuador.

Según el Libro Rojo de los Mamíferos del Ecuador se incluyen cuatro especies en alguna categoría de amenaza. Vulnerables son el puerco espín andino (*Coendou quichua*) y el puma (*Puma concolor*); Casi Amenazados son la guanta andina (*Cuniculus taczanowskii*), y el venado colorado enano (*Mazama rufina*); finalmente, como especie con Datos Insuficientes, el murciélago vespertino del suroriente (*Eptesicus andinus*)

Según la Lista Roja de la UICN que rige a escala internacional se incluyen dos especies, el venado colorado enano y la guanta andina en la categoría de Casi Amenazado (NT).

Especies que figuran dentro del listado CITES Apéndice II aparecen el puma y el lobo de páramo (*Lycalopex culpaeus*)

Herpetofauna

En el área de influencia directa del proyecto Quimsacocha se encontró un total de cuatro especies de anfibios y tres especies de reptiles.



Atelopus exiguus(UDA).



Gastrotheca pseustes(UDA)



Pristimantis vidua cf.(UDA)



Pristimantis riveti.(UDA)



Stenocercus festae



Pholidobolus macbrydei.

Figura 48. Especies de anfibios y reptiles encontrados en la microcuenca

La composición de especies encontrada en este estudio, es característica de los bosques y páramos alto andinos, cabe resaltar la presencia de *Atelopus exiguus*, especie endémica presente únicamente en la cordillera occidental del sur de los Andes.

Tabla 8. Especies de anfibios presentes en el área de Quimsacocha.

Familia	Especie
Hemiphractidae	<i>Gastrotheca pseustes</i>
Strabomantidae	<i>Pristimantis riveti</i>
Strabomantidae	<i>Pristimantis vidua</i>
Bufonidae	<i>Atelopus exiguus</i>

El mayor número de individuos encontrados pertenecen al género *Pristimantis* y respectivamente a las especies *riveti* y *vidua*, comunes en la zona por su amplia distribución.

Las especies de anfibios presentes en la zona prefieren los hábitats de pajonal y humedal, encontrándose casi todas las especies en los mismos, por otro lado especies en particular como *Gastrotheca pseustes* y *Atelopus exiguus* prefieren situarse en lugares cercanos al agua.

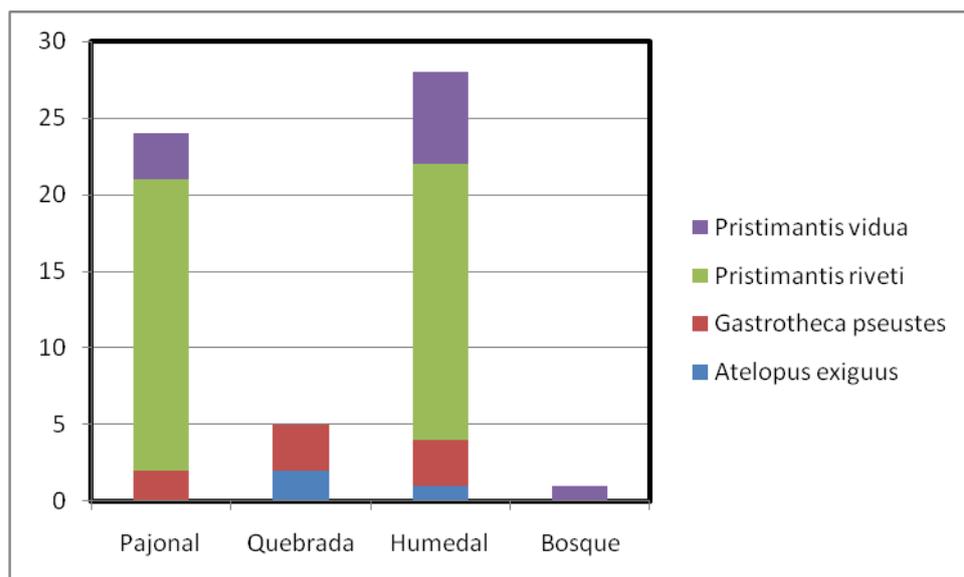


Figura 49. Número de especies de anfibios encontradas

Los valores altos de similaridad nos indican que la zona es bastante homogénea en su composición biológica.

Todas las especies de anfibios presentes en el área de Quimsacocha son endémicas y se encuentran en alguna de las categorías propuestas por la UICN a las especies más susceptibles de extinción y dos de las tres especies de reptiles son endémicas y se encuentran dentro de las categorías de amenaza.

Tabla 9. Categorías de amenaza y endemismo de los anfibios presentes

Familia	Especie	Categoría UICN	Endemismo
Bufoidea	<i>Atelopus exiguus</i>	Peligro Critico	Endemica
Hemiphraetidae	<i>Gastrotheca pseustes</i>	En Peligro	Endemica
Strabomantidae	<i>Pristimantis riveti</i>	Casi Amenazada	Endemica
Strabomantidae	<i>Pristimantis vidua</i>	En Peligro	Endemica

Tabla 10. Categorías de amenaza y endemismo de los reptiles presentes

Familia	Especie	Categoría UICN	Endemismo
Tropiduridae	<i>Stenocercus festae</i>	Casi Amenazada	Endemica
Gymnophthalmidae	<i>Pholidobolus macbrydei</i>	Vulnerable	Endemica
Colubridae	<i>Phylodryas simonsii</i>	En Peligro	No endemica

Avifauna

Las aves son parte integral de los ecosistemas y su presencia o ausencia está ligada directamente con el estado de los hábitat; es así que, este grupo ha sido comúnmente utilizado como un indicador que responde a los efectos del disturbio de hábitat (BirdLife 2004), además gracias a su taxonomía conocida y facilidad de muestreo han sido utilizadas ampliamente para evaluar y monitorear los hábitats en donde se desarrollan (Ralph *et al.*, 1996, Sierra *et al.*, 1999).

Se registraron 58 especies asociadas a 23 familias y ocho órdenes. Los páramos, donde se utilizaron transectos, aportaron con 28 especies. Los puntos de conteo generaron 34 especies, 17 para los fragmentos de bosque de *Polylepis* y 27 para los remanentes de bosque montano. En los bosques de *Polylepis* registramos cuatro especies exclusivas, 11 especies solo en el páramo y 22 especies propias del bosque montano.

En los páramos las especies más frecuentes son *Cinlodes fuscus*, *Asthenes flammulata* y *Agriornis montana*, especies comunes en los páramos andinos (Ridgely & Greenfield 2001). Hay 11 especies dentro del rango menor de frecuencia (Tabla 5.1), dentro de estas destacan *Actitis macularia*, *Asio stygius*, *Chalcostigma herrani*, *Falco femoralis*, *Tringa solitaria*, *Anas georgica* y *Xenodacnis parina* (Tabla 5.1), esta última especie está asociada a bosques de *Polylepis* (Ridgely & Greenfield 2001) pero el registro estuvo dentro de un transecto, ya que la ruta del mismo coincidió con el borde del fragmento de bosque.

Para los fragmentos de bosque de *Polylepis* las detecciones de especies son más frecuentes, no hay observaciones únicas (Tabla 5.1) pero hay registros de especies restringidas a este tipo de hábitat con fuerte presencia, así *Oreomanes fraseri* y *Schizoeaca griseomurina* habitan estos remanentes de bosque, en especial en aquellos que tiene continuidad (Ridgely & Greenfield

2001). Es aquí donde radica la importancia de estos fragmentos de bosque, albergan una importante población de estas especies de distribución restringidas haciéndose prioritarias en el manejo para la conservación.

En la ceja de montaña de bosque montano no hay observaciones únicas, de igual manera hay registros importantes de especies propias de estos hábitat, así *Ampelion rubocristatus*, *Henicorhina leucophrys* y *Mecocerculus*. Este es otro lugar que amerita una categoría especial de manejo, sobre todo porque el hábitat está siendo modificado en su paisaje por la presencia de pastos.

Con respecto a la abundancia local el 76, 47% de los registros en los hábitat evaluados están presentes dentro de las dos mayores categorías (Común y Muy Común), mientras que el 64,70% de los registros en los hábitat evaluados se encuentran en las dos últimas categorías (Raro y Poco Común) en donde destaca el 23,52% ubicados en la categoría de raro . La ceja de bosque montano aporta con el mayor número de especies raras, mientras que la mayor concentración de especies muy comunes está en los páramos, sin embargo es evidente la fuerte presencia de especies raras y poco comunes en todos los hábitats evaluados.

Cuatro especies están dentro de algún grado de amenaza a nivel nacional (Granizo *et al* 2002) y tres especies con niveles de amenaza a la extinción a nivel internacional (BirdLife 2004)

Tabla 11. *Especies amenazadas a la extinción registradas*

Especie	Amenaza Nacional	Amenaza Internacional
<i>Metallura baroni</i>	En Peligro	En Peligro
<i>Oreomanes fraseri</i>	Vulnerable	Casi Amenazada
<i>Vultur gryphus</i>	En Peligro Critico	Casi Amenazada
<i>Xenodacnis parina</i>	En Peligro	Preocupación Menor

En todo el estudio se registraron cuatro especies migratorias boreales (Ridgely & Greenfield 2001), dos transeúntes: *Actitis macularía* gusta de visitar zonas rocosas y arenosas a los márgenes de ríos, largos arroyos y lagunas (Ridgely & Greenfield 2001) y la segunda especie es *Tringa solitaria*

Según Ridgely& Greenfield (2001) hay cinco especies endémicas asociadas a dos centros de endemismo (Estribaciones Interandinas y Tierras altas del suroeste), mientras que para BirdLife (2003) se reconoce tres especies asociadas un centro de endemismo (Páramo de los Andes Centrales) (Tabla 4). *Metallura baroni* es la única especie endémica exclusiva del Ecuador (Ridgely & Greenfield 2001), el hábitat tipo de la especie está en el Parque Nacional Cajas y zonas aledañas sobre los 3200ms.n.m. en donde es frecuente

encontrarlo a mediana altura libando en flores de especies como *Brachyotum* sp., *Berberis* sp., y *Barnadesia* sp. (Tinoco et al 2009).

Tabla 12. Especies endémicas registradas

Especie	Endemismo (Ridgely & Greenfield 2001)		Endemismo (BirdLife 2003)
	Endémico de las estribaciones interandinas	Endémico de tierras altas del suroeste	Endémico del Páramo de los Andes Centrales
<i>Chalcostigma herrani</i>	x		
<i>Metallura baroni</i>		x	x
<i>Phalcoboenus carunculatus</i>	x		x
<i>Schizoeaca griseomurina</i>	x		x
<i>Xenodacnis parina</i>	x		

Hay identificados siete grupos tróficos. El grupo más frecuente es el insectívoro seguido del omnívoro y nectarívoro. Los grupos menos frecuentes están representados por los carroñeros y el rapaz (Ver Fig. 5.4). La comunidad de aves está bien estructurada representando siete niveles tróficos, los pueden agruparse en cuatro grandes niveles de la cadena trófica; a) consumidores primarios (frugívoros, granívoros y nectarívoros) representan el 17% de los registros, b) consumidores secundarios (insectívoros) 48,33%, c) consumidores terciarios (rapaces) 3,66%, d) consumidores carroñeros 0,66%. Los registros de las especies omnívoros que ocupan el 30,33% simultáneamente están representando en varios niveles de la cadena trófica y no representan un eslabón en particular.

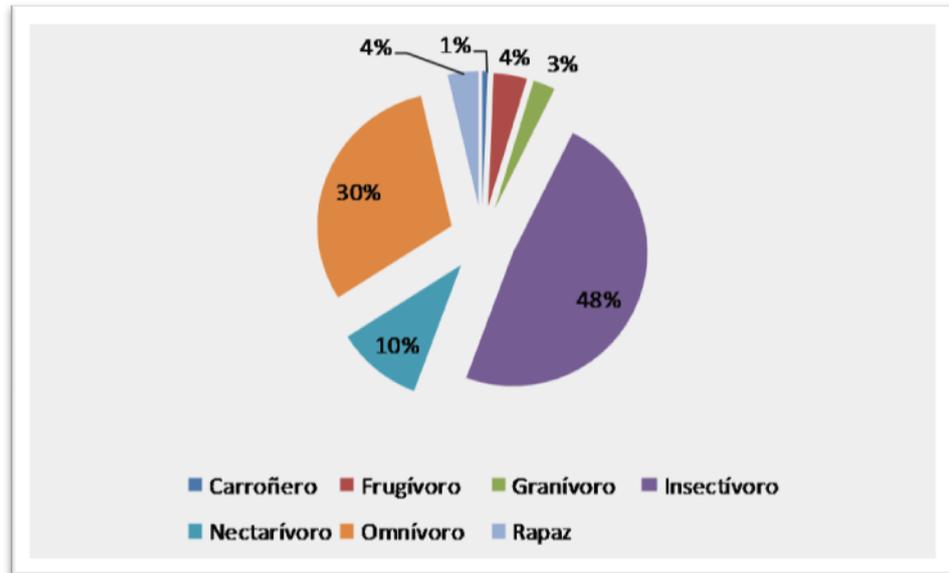


Figura 50. Composición gremial de las especies registradas

Calidad de Agua

El establecimiento de la Línea Base para Información Biológica que se describe en esta sección; corresponde a la caracterización de los componentes biológicos orientados puntualmente en su énfasis a la fauna acuática para así determinar el estado ecosistémico de los cuerpos de agua principales, y datar los organismos presentes en la zona

En contexto y con la primicia de que siendo el objeto de estudio ecosistemas, no se puede excluir el componente vivo de los mismos, se evaluó la biota acuática representada por los macroinvertebrados bentónicos los cuales se describen como una abstracción que incluye a aquellos animales

invertebrados que, por su tamaño relativamente grande, son retenidos por redes de malla de entre 250 y 300 *um*. La gran mayoría de los mismos (alrededor del 80%) corresponde a grupos de artrópodos, y dentro de estos los insectos, y en especial sus formas larvianas son las más abundantes Alba - Tercedor, (1996).

Los macroinvertebrados como bioindicadores para caracterizar la cuerpos de agua presentan la ventaja de reflejar las condiciones existentes tiempo atrás antes de la toma de muestras. Dicho de otro modo mediante el análisis físico - químico del agua tomado en un determinado punto se obtiene una imagen fija (foto) de la situación existente en el momento del muestreo, por el contrario mediante el estudio de los macroinvertebrados se obtiene una visión retrospectiva (película) de lo que sucedió tiempo atrás, Alba - Tercedor, (1994).

Por otro lado, para tener una idea global del estado actual de los cuerpos de agua a ser evaluados, se considera de suma importancia la valoración de componentes abióticos de los ecosistemas, pues afecciones a los mismos inciden de manera directa o indirecta en los parámetros físico – químicos y microbiológicos y por sobre manera en las comunidades bénticas, de tal modo, esta valoración se enfoca en dos objetivos, la vegetación de ribera y la calidad del hábitat fluvial potencialmente colonizable o utilizable por los macrozoobentos, con estos enfoques la caracterización de habitas queda

completada y así el juicio emitido más confiable y representativo de la zona de estudio.

Descripción de estaciones de muestreo para calidad de agua.

Estación “Z1: Zhuruca y Uno” (3656 msnm)

Sistema perenne de origen fangoso y pantanoso dentro de la zona de vida páramo herbáceo. De lecho rocoso de grava y piedras medianas, agua clara y sin olor aparente, con deposición de lodos alrededor de sustratos del lecho. Actualmente es evidente áreas adyacentes a la estación con pajonal quemado, sin embargo no se registra erosión en la cuenca. Las especies abundantes principalmente son herbáceas como *Calamagrostis intermedia*, *Hypericum aciculare* y *Polylepis incana* único representante arbóreo. De cobertura de dosel sombreado y superficie del curso con escasa presencia de algas adheridas, numerosas piscinas y reducida corriente de agua.

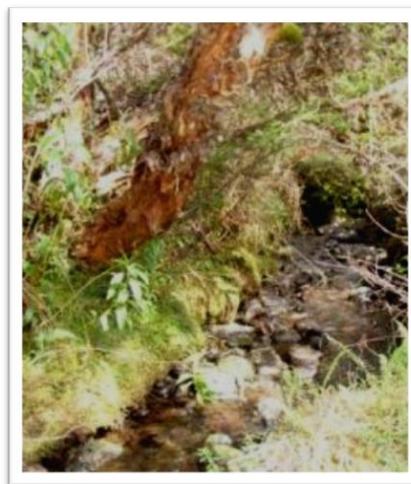


Figura 51. Estación Z1

Estación “Z2: Zhuruca y Dos” (3632 msnm)

Sistema perenne alimentado por un afluente dentro de la zona de vida páramo, en medio de bosque nativo y especies arbóreas introducidas. De lecho rocoso, mezcla de roca firme grande, medianas y piedras, agua clara y sin olor aparente, con deposición menor de lodos alrededor de sustratos.

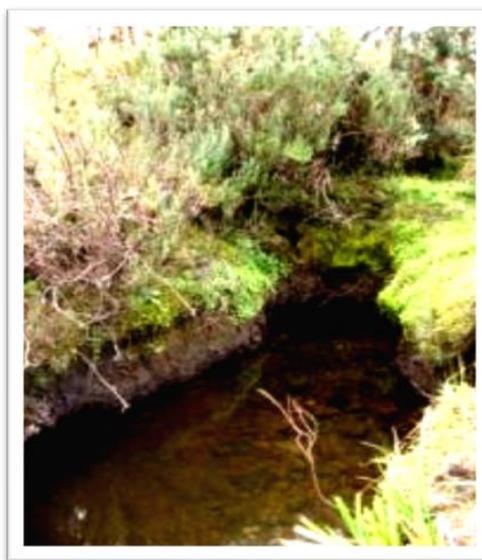


Figura 52. Estación Z2

La cuenca en el área de muestreo presenta erosión moderada, se supone que por el pisoteo y uso del curso hídrico por el ganado disperso alrededor de la zona. Las especies abundantes principalmente son *Polylepis incana*, *Pinus patula*, y *Calamagrostis intermedia*. De cobertura de dosel parcialmente abierto y superficie del curso con escasa presencia de algas adheridas, agua corriente y piscinas aisladas.

Estación “Z3: Zhurucay Tres” (3501 msnm)

Sistema perenne alimentado por un afluente entre matorrales andinos aislados y páramo herbáceo. De lecho rocoso, mezcla de roca firme grande, piedras de menor tamaño, arena y grava en menor proporción, agua clara y sin olor aparente. La cuenca en el área de muestreo presenta erosión alta debido al uso antrópico y modificaciones del hábitat original. Las especies abundantes principalmente son *Cortaderia nitida*, *Calceolaria nivalis* y *Otobium mexicanum*. De cobertura de dosel abierto y superficie del curso con escasa presencia de algas adheridas, abundante de agua corriente, rápidos y piscinas aisladas.

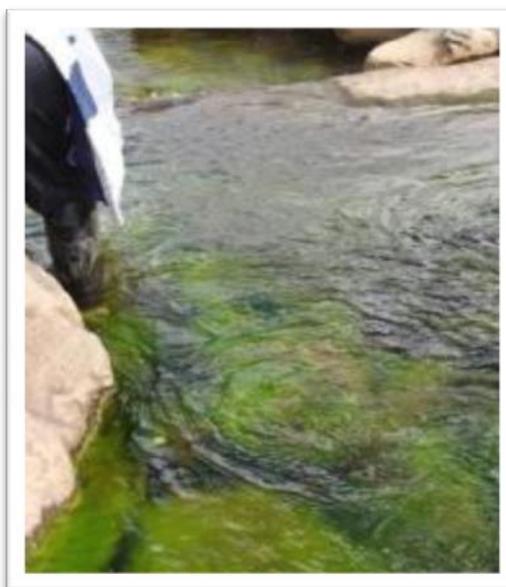


Figura 53. Estación Z3

Estación “Z4: Zhuruca y Cuatro” (2706 msnm)

Sistema perenne alimentado por afluentes dentro de la zona de vida pastizal y matorrales andinos aislados. De lecho rocoso, mezcla de roca firme grande y grava en menor proporción, agua clara y sin olor aparente, con deposición menor de bancos de arena alrededor de los sustratos.

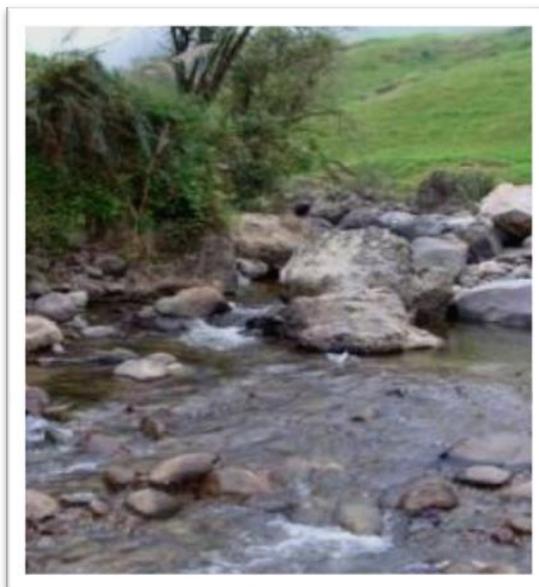


Figura 54. Estación Z4

La cuenca en el área de muestreo presenta erosión moderada, gracias al uso antrópico y modificaciones del hábitat original. Las especies abundantes principalmente son *Diplostephium ericoides*, *Vaccinium floribundium*, *Calceolaria nivalis* y *Otlobium mexicanum* . De cobertura de dosel abierto y

superficie del curso con escasa presencia de algas adheridas, agua corriente, rápidos y piscinas aisladas.

Estación “C1: Cristal Uno” (3580 msnm)

Sistema perenne de origen fangoso y pantanoso dentro de la zona de vida páramo herbáceo. De lecho rocoso grava, arena y piedras medianas, agua clara y olor fuerte aparente a excremento, con deposición de lodos alrededor de sustratos del lecho. La erosión en la cuenca es alta, se observa desgaste de la cobertura vegetal a la orilla de la estación. Las especies más abundantes alrededor de la estación son *Pinus patula*, *Calamagrostis intermedia*, *Puya clava-herculis*, *Hypericum acicalare* y *Chuquiraga jussieui*. De cobertura de dosel abierto y superficie del curso con ausencia de algas adheridas, agua corriente, rápidos y piscinas en menor proporción.

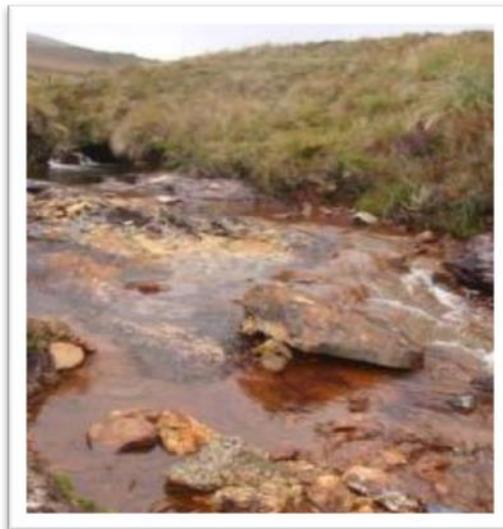


Figura 55. Estación C1

Estación “C2: Cristal Dos” (3529 msnm)

Sistema perenne alimentado por un afluente dentro de la zona de vida páramo herbáceo y bosque introducido. De lecho rocoso, piedras medianas, y arena en pequeñas proporciones, agua clara y olor fuerte aparente a materia orgánica en descomposición, con deposición de lodos alrededor de sustratos del lecho. La erosión en la cuenca es moderada, se observa desgaste de la cobertura vegetal a la orilla de la estación. Las especies más abundantes alrededor de la estación son *Pinus patula*, *Calamagrostis intermedia*, e *Hypericum aciculare*. De cobertura de dosel abierto y superficie del curso con ausencia de algas adheridas, presencia de corriente de agua y rápidos en proporciones medias y piscinas en menor proporción.

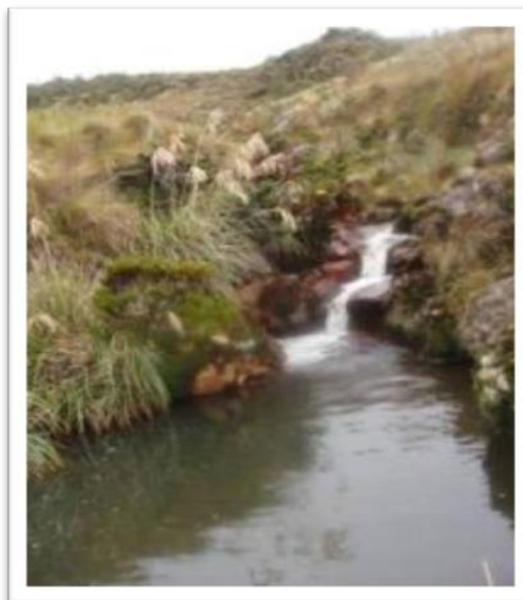


Figura 56. Estación C1

Estación “C3: Cristal Tres” (3282 msnm)

Sistema perenne alimentado por afluentes dentro de la zona de vida bosque montano. De lecho rocoso de grava y piedras medianas, agua clara y sin olor aparente, con deposición de lodos alrededor de sustratos del lecho, No se registra erosión en la cuenca. Las especies abundantes principalmente son herbáceas como *Calceolaria rosmariifolia* y *Solanum sperolanatum* . La cobertura de dosel es parcialmente abierta y superficie del curso con escasa presencia algas adheridas, abundante agua corriente, rápidos eventuales y reducida presencia de piscinas de agua.

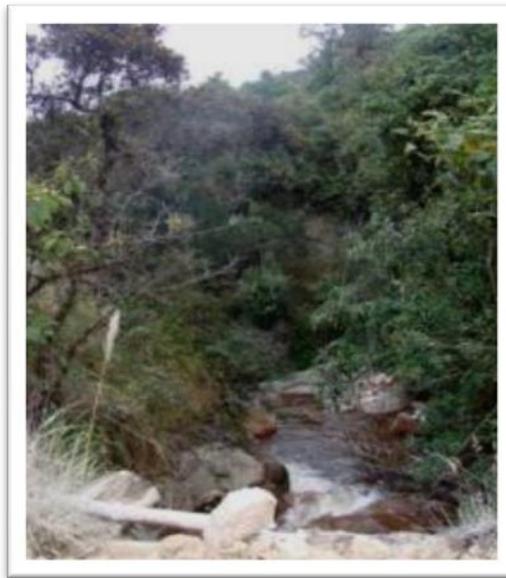


Figura 57. Estación C1.

Resultados de los parámetros físico – químicos y microbiológicos.

Como media general la mayoría de los parámetros físico – químicos de diagnóstico medidos en las diferentes estaciones de monitoreo y en las dos campañas de muestreo consideradas se encuentran dentro de los límites permisibles según el Libro VI Anexo 1 del Texto Unificado de Legislación Ambiental Ecuatoriana, a no ser con las excepciones en la variable pH correspondiente a la zona de la quebrada Cristal, cuyas condiciones geológicas la predisponen para tendencias a la baja del mencionado parámetro recayendo sus valores fuera del rango permisible (máximo 9 y mínimo 6), de tal modo el pH en esta zona guarda una relación más estrecha con condiciones naturales de la zona en sí y los valores obtenidos en campo no son debidos a actividades de tipo contaminante pues estas son inexistentes

Tabla 13. Valores de los parámetros de físico – químicos de diagnóstico

Fases	Estaciones	O2 (ml/L)	EC (mS/cm)	Temperatura	pH
Primera Campaña	Z1	6.2	40	8.6	7.5
	Z2	7.1	40	9.1	7.7
	Z3	7.19	40	9.8	7.46
	Z4	6.952	90	13.8	7.75
	C1	6.90	30	9.4	5.7*
	C2	6.28	20	8.9	4.45*
	C3	6.59	30	10	6.03*
Segunda Campaña	Z1	6.98	35	7.9	7,56
	Z2	6.95	40	8.1	7,30
	Z3	6.6	45	9.3	7,32
	Z4	6.8	40	8.2	7,2
	C1	6.98	30	9.4	5,5*
	C2	6.95	40	9.8	6,5*
	C3	6.6	35	7.5	6,89
	CAL2	6.77	20	7.8	6,78
	CAL3	6.98	10	7.10	6,79

* Valores que exceden la norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua LIBRO VI ANEXO 1 del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario

Macroinvertebrados bentónicos.

Para el presente caso, los artrópodos fueron el phylum más importante en los muestreos realizados, así, entre las familias más representativas se encuentran Beatidae (36.29 %), Leptophlebiae (17.17 %), Chironomidae (21.37 %), y Simuliidae (6.55 %) de un total de 26 colectada.

Tabla 14. Órdenes y sus familias presentes durante el muestreo en el presente estudio con su respectivo grado de tolerancia a la contaminación e incidencia (%)

Órdenes	Familias	Puntaje Asignado - ABI	% de Incidencia en los Muestreos
Ephemeroptera	Beatidae	4	36,29 (1ro)
	Leptohyphid	7	0,03
	Leptophlebi	10	17,17 (2do)
Coleóptera	Elmidae	5	1,20
	Scirtidae	5	0,62
	Psephenida	5	0,12
	Ptilodactylid	5	0,22
Trichoptera	Hydropsychi	5	0,40
	Hydrobiosid	8	2,56
	Philopotami	8	0,93
	Hydroptilida	6	0,06
	Calamocerat	10	0,03
	Glossosoma	7	0,37
	Leptocerida	8	0,40
Diptera	Simuliidae	5	6,55 (4to)
	Tipulidae	5	0,31
	Empididae	4	0,12
	Chironomida	2	21,37 (3ro)
	Ceratopogo	4	0,25
	Tabanidae	4	0,03
	Blepharoceri	10	0,15
Plecóptera	Gripopterygi	10	0,80
	Perlidae	10	1,48
Amphipoda	Gammarida	6	5,81
Oligochaeta	Annelidae	1	1,58
Hirudinea		3	1,08

Tabla 15. Resultados promedio de las dos campañas de monitoreo del Andean Biotic Index (ABI)

E		Categorías
Z		Aguas contaminadas
Z		Evidentes algunos efectos
Z		Evidentes algunos efectos
Z		Aguas muy contaminadas
C		Aguas muy contaminadas
C		Aguas muy contaminadas
C		Aguas muy contaminadas

Tabla 16. Detalla los parámetros bioecológicos determinados durante el muestreo para las diferentes estaciones de muestreo.

Muestreo	Estación	Shannon	Simpson	Dominancia	Uniformidad	Abundancia	Taxas
Primera Campaña	Z	1	0	0,2	0,6865	14	9
	Z	1	0	0,2	0,6737	76	1
	Z	1	0	0,5	0,4445	19	1
	Z	0	0	0,7	0,3028	17	8
	C	0	0	0,5	0,5046	75	4
	C	0	0	0,6	0,4206	97	4
	C	1	0	0,2	1	4	4
Segunda Campaña	Z	1	0	0,3	0,5932	82	9
	Z	1	0	0,2	0,7944	14	1
	Z	1	0	0,4	0,4937	23	9
	Z	0	0	0,7	0,5436	8	2
	C	0	0	0,6	0,5971	14	3
	C	1	0	0,2	0,9122	11	5
	C	0	0	0,4	0,7018	54	3

Z1, Z2, y Z3; son estaciones que corresponden a la zona de Zhuruca, en general, estas no presentan mayor variación entre las dos campañas de monitoreo en los parámetros tanto físico – químicos como biológicos, registran un promedio del ABI de 61.17 girando las categorías del mismo entre II y III, “Evidentes algunos efectos de contaminación” y “Aguas contaminadas” respectivamente. Por otro lado, en la misma área de Zhuruca la estación Z4 indica una categoría menor de IV “Aguas muy contaminadas” manteniéndose al margen de sus predecesoras e intuyéndose que estos resultados son debidos a que Z4 está ubicada aguas abajo de la quebrada principal, por ende recoge mayor superficie de sustrato lavado además de ser más influenciada por potenciales fuentes de estrés ambiental como por ejemplo ganadería, entre otras.

En contexto, C1, C2 y C3 corresponden a la zona de la Quebrada Cristal, y de igual forma la variabilidad para los parámetros medidos en ambos muestreos es relativamente baja a no ser por ciertas excepciones como por ejemplo el caudal el cual es relativamente más bajo en la campaña de monitoreo dos.

El detalle de importancia a considerar es el hecho que todas las categorías del ABI establecidas en esta área recaen en la IV “Aguas muy contaminadas” además de que la incidencia del número de individuos dentro de los taxones igual fue baja, así pues, se sobre entiende que las determinaciones

de pH bajas medidas en campo se correlacionan negativamente con la comunidad de macrozoobentos y esto codifica para la obtención de los resultados obtenidos.

Análisis de los Índices de calidad ecológica (ABI, QBR e IHF).

Un detalle importante en el presente estudio fue el caracterizar los puntos de monitoreo de manera global a través de la obtención de índices que evalúan la vegetación de ribera y el hábitat fluvial además del ABI. De tal modo, como se observa en la Gráfica una tendencia existe entre estos tres parámetros; correlaciones se hacen bastante obvias por sobre manera en las zonas de Zhurucay y Quinuahuayco.

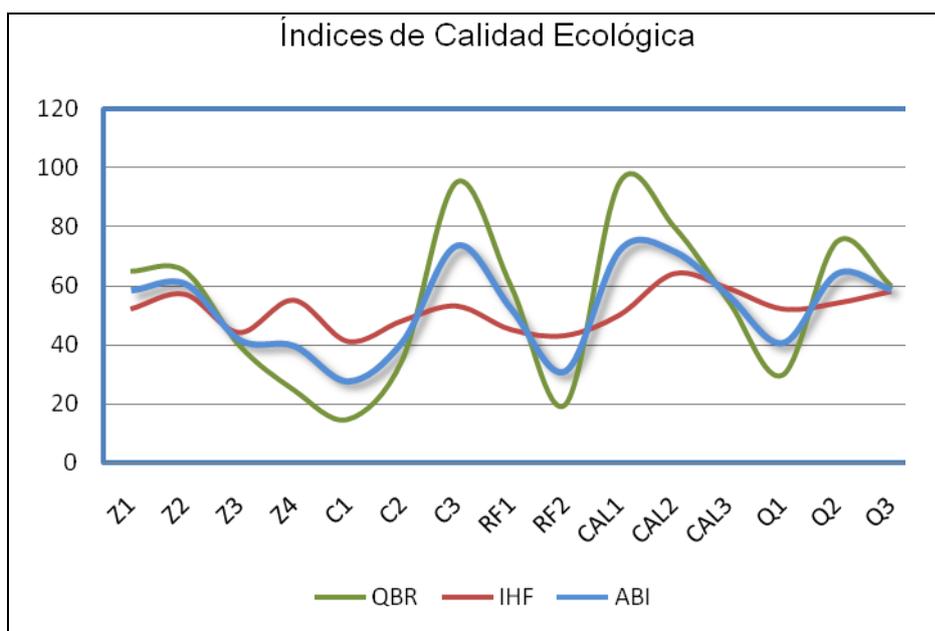


Figura 58. Índices de Calidad Ecológica, ABI (promedio), QBR e IHF

De manera general, ciertas estaciones muestran señales de perturbaciones sobre todo en juicios de calidad de agua como Z4, C1, RF2 y Q1, (Figura 6.1) estas afecciones compaginan con la calidad de sus bosques de ribera y hábitat fluvial, de tal modo, las correlaciones son claras, consecuentemente, se afirma que los macroinvertebrados, como organismos indicadores de calidad de agua, permiten estimar si han sido afectados por cambios físicos o químicos de su hábitat, pero no indica directamente cual es la causa específica que los afecta, lo cual debe ser estimada mediante su asociación con información del hábitat físico como por ejemplo substrato de fondo, y potenciales fuentes de estrés (Bis et al. 2000, Nerbonne & Vondracek 2001, Liljaniemi et al. 2002), a saber, el uso de los índices QBR e IHF soportan y ayudan a entender cuáles son las razones de comunidades de macroinvertebrados afectadas, ahora, y en futuras valoraciones.

Suelos

Los suelos de páramo

A pesar de la compleja geología y topografía, los suelos del páramo son bastante homogéneos. El tipo de suelo y las propiedades son principalmente deterioradas por los factores: (1) el clima, y (2) la existencia de una capa homogénea de ceniza de erupciones del Cuaternario (Berberi et al., 1988; Sauer, 1957; Winckell et al., 1991; Buytaert, et al., 2005; Colmet-Daage et al., 1967; Buytaert, et al., 2004).

Los suelos del páramo son comúnmente originarios de ceniza volcánica clasificados como Andosoles, debido a la gran actividad volcánica y a la deposición de ceniza en la mayoría de los páramos. Sin embargo, han sido reportados Umbrisoles, Histosoles y Regosoles, pero generalmente en pequeñas cantidades y en asociaciones con Andosoles. Las propiedades de estos suelos son muy similares a los Andosoles: alto contenido de materia orgánica, formación de complejos Orametálicos y baja densidad aparente (Buytaert, et al., 2004)

La génesis del suelo en el Austro ecuatoriano está estrechamente relacionada con la altitud. La mayor tendencia principal está relacionada con grandes altitudes incluyendo una menor diferencia en el horizonte A, un aumento en el contenido de la C orgánico, un suelo superficial negro y una mayor estructura granular (FAO, 1964). Dercon, et al. (1988) descubrió una toposecuencia del suelo en el Austro ecuatoriano, en la cual se presentan Umbrisoles alrededor de los 3.000 m.s.n.m, remplazados por Andosoles y últimamente por Histosoles con el incremento de la altitud. Esta toposecuencia está principalmente determinada por acumulación de materia orgánica e interacción con el clima. En la misma aparece Histic Andosols cerca de los 3.800 m. s.n.m.; los mismos que están formados sobre una fina capa de ceniza volcánica provenientes de los volcanes Sangay y Tungurahua, el clima frío y la húmedo de la altitud y la formación de complejos de C orgánico con la Al librado de la meteorización de la ceniza volcánica, induce a la acumulación de

materia orgánica. Estos suelos tienen una gran capacidad de retención de agua y fuertes propiedades hídricas. La meteorización de la ceniza volcánica es rápida, pero el Al y el Fe son retenidos en el perfil del suelo en complejo organometálicos, como se mencionó anteriormente.

A mayores altitudes se registra que la acumulación de materia orgánica es más intensa, y la influencia de la ceniza volcánica es baja. Por tanto, la mayoría de estos suelos son clasificados como Histisoles. Así mismo en esta toposecuencia, descrita por Buytaert (2004), se presentan bajo la franja de los Histic Andosoles, los Pachic Andosoles. Sus propiedades son muy similares a la de los Histic Andosoles, incluyendo un bajo H_p, un color oscuro, alta retención de P y propiedades hídricas.

Sin embargo las mayores temperaturas y la baja elevación inhiben una fuerte acumulación de materia orgánica. Una estructura abierta, friable y con desarrollo de colores negros. Un gradual incremento en el contenido de la materia orgánica, ladera abajo, está reflejada en la transición de Pachic Andosoles a Umbric Andosoles. En las partes más bajas, la meteorización de la ceniza es acelerada debido a la mayor temperatura, la fijación de Al y Fe no ocurre debido al bajo contenido de C orgánico. Por tanto, los criterios para un horizonte Ándico ($A_{lox} + \frac{1}{2} Fe_{ox} > 2\%$) no concuerdan y los suelos son clasificados como Umbrisoles (Buytaert, 2004).

Los suelos de páramo se clasifican como andosoles, los que se desarrollan bajo condiciones climáticas frías y de vegetación tal que favorecen una gran acumulación de materia orgánica y cuyo horizonte orgánico se ha desarrollado a partir de cenizas volcánicas. En áreas muy saturadas por agua o en zonas con menor influencia volcánica, se desarrollan histosoles. En zonas muy empinadas o donde hay afloramientos de roca, son más comunes los regosoles.

Entre los principales servicios ambientales que nos ofrece el suelo del páramo están la regulación hídrica y el almacenamiento de carbono. Respecto al primero de los servicios ambientales (sistemas de riego, agua potable y generación hidroeléctrica) según Buytaert, 2004 se dice que la alta regulación de agua se debe a los suelos del páramo.

Retención de Agua

Los suelos de páramo contienen elevadas cantidades de carbono orgánico, típicamente alrededor de 100 g kg^{-1} , en lugares húmedos ($> 900 \text{ mm año}^{-1}$), el contenido de carbono orgánico es más del 40% pero es poco frecuente, son más comunes los lugares con depósitos de cenizas caracterizadas por suelos más jóvenes con un contenido de carbono de aproximadamente 4-10%.

En las regiones más secas, la acumulación de materia orgánica es más lenta, y se han encontrado contenido orgánico similar, 7% en el páramo del Chimborazo (<600 mm año⁻¹) (Buytaert et al. 2006). Si la temperatura sube la descomposición de la materia orgánica aumenta y los suelos pierden su capacidad de regulación de agua. Un aumento de apenas 0.6 °C producirá que los andosoles que existen en los 3300 m s.n.m. actualmente, existan a los 3400 m s.n.m. (en la cuenca del Paute una reducción de superficie del 14%).

Junto a una alta producción de agua en el páramo (por poca evapotranspiración) la capacidad de regulación de agua es casi legendaria entre agricultores y científicos. El flujo sostenido es atribuido principalmente al clima, la topografía y los suelos. En la literatura, se da el mayor crédito de la alta regulación de agua a los suelos del páramo. La estructura del suelo muy ligera y porosa y la extraordinaria capacidad de almacenamiento de agua confirman la habilidad del suelo para una buena regulación de agua (De Bièvre et al., 2006). Sin embargo, el motor del ecosistema es el clima frío y las lluvias permanentes día a día.

El principal efecto de la agricultura en el páramo es la degradación irreversible de la estructura, principalmente en su contenido de materia orgánica y de los minerales, esto causa una disminución en la retención de agua, aumento de la hidrofobicidad y destrucción de la materia orgánica. El resultado es menos regulación de agua (De Bièvre et al., 2006).

Debido al pastoreo la resistencia mecánica de los andosoles e histosoles es muy baja. Si son pisados se compactan y pierden su gran capacidad de retención de agua. La compactación es menor con camélidos andinos que con ganado vacuno y bovino. El sobrepastoreo le deja al suelo sin protección contra el sol, se seca la parte superficial del suelo en forma irreversible y se vuelve muy vulnerable a la erosión hídrica y eólica.

Conductividad Hidráulica

La información acerca de la conductividad hidráulica y la capacidad de infiltración de los suelos del páramo es escasa. (Sarmiento, 2000; Harden, 2001).

Generalmente, la variabilidad de la conductividad hidráulica es reducida (Buytaert et al., 2005). Su valor es alto en los suelos de páramo debido a su fuerte relación con el alto contenido de C. Los valores de conductividad hidráulica saturada (k_s) reportados para suelos de páramo derivados de cenizas volcánicas están alrededor de 50–60 mm h⁻¹ (Poulenard et al., 2001) y 10–20 mmh⁻¹ (Buytaert et al., 2005). Experimentos de campo revelan una k_s promedio de 14.5 mm/h, variando entre 5 y 35 mm/h. (Buytaert et al., 2003).

Por otro lado, la poca variabilidad de conductividad hidráulica de la que se habló puede cambiar cuando se hace uso del suelo. Varios autores reportan un incremento en la conductividad hidráulica para andosoles después de someter el suelo a cultivo (e.g., Wada, 1985; Nanzyo et al., 1993; Basile and DeMascellis, 1999; Buytaert et al., 2002); además Poulénard et al. (2001) estudió los efectos de la quema y pastoreo en los páramos del norte del Ecuador encontrando una reducción de k_s . (Ochoa)

Parámetros de los Suelos de Páramo

A continuación se presenta una revisión literaria resumida de los tipos de suelos encontrados.

Andosoles

Los Andosoles tienen propiedades ándicas que resultan de meteorización moderada principalmente de depósitos piroclásticos. Sin embargo algunos suelos desarrollan propiedades ándicas a partir de materiales no volcánicos. La presencia de minerales de bajo grado de ordenamiento y/o complejos órgano-metálicos son característicos de las propiedades ándicas. Estos minerales y complejos comúnmente son parte de la secuencia de meteorización en depósitos piroclásticos (material del suelo tétrico-propiedades vítricas-propiedades ándicas) (FAO, 2007).

- **Connotación:** Típicamente, suelos negros de paisajes volcánicos; del japonés an, negro, y do, suelo.

Los andosoles tienen una extraordinaria capacidad para retener agua y una baja densidad aparente, sus características morfológicas y físicas están determinadas principalmente por el estado de meteorización y las condiciones climáticas (Buytaert, 2004). Los horizontes superficiales se caracterizan por una textura franca, estructura de tipo migajosa y granular y un marcado color negro debido a la acumulación de materia orgánica humificada. El humus se encuentra íntimamente mezclado con la parte mineral. Este elevado contenido de materia orgánica y la estructura suelta son responsables de la alta capacidad de retención de agua.

- **Materia parental:** Vidrios y eyecciones volcánicas (principalmente ceniza, pero también tufa, pómez y otros) u otro material rico en silicato.
- **Ambiente:** Ondulado a montañoso, húmedo, y regiones árticas a tropicales con un amplio rango de tipo de vegetación.
- **Desarrollo del perfil:** La meteorización rápida de vidrios o eyecciones volcánicas resulta en la acumulación de complejos órgano-minerales estables o minerales de bajo grado de ordenamiento como alófana,

imogolita y ferrhidrita. La meteorización de otro material rico en silicato en climas húmedos y perhúmedo también lleva a la formación de complejos órganos-minerales estables.

Histosoles

Los histosoles están saturados al menos durante un mes al año y en donde las condiciones (bajas temperaturas, acidez y topografía) favorecen la acumulación de materia orgánica; poseen propiedades físicas, químicas y mecánicas que difieren enormemente de suelos minerales. Pueden contener considerables cantidades de agua, poseen materia orgánica a más de 40 cm de profundidad (PROMAS/IAMGOLD, 2009).

Connotación: Suelos de turba y pantanos; del griego histos, tejido.

Material parental: Restos de vegetales incompletamente descompuestos, con o sin mezcla de arena, limo o arcilla

Ambiente: Los Histosoles ocurren extensivamente en las regiones boreales, árticas y subárticas. En otros lugares están confinados a cuencas y depresiones pobremente drenadas, pantanos y marismas con agua freática somera, áreas de tierras altas con una alta relación precipitación-evapotranspiración.

Desarrollo del perfil: La mineralización es lenta y la transformación de restos vegetales a través de la desintegración bioquímica y formación de sustancias húmicas crea una capa superficial de moho con o sin saturación de agua prolongada. El material orgánico translocado puede acumularse en capas más profundas pero más frecuentemente es lixiviado del suelo (FAO, 2007).

Cambisoles

Connotación: Suelos con por lo menos un principio de diferenciación de horizontes en el subsuelo evidentes por cambios en la estructura, color contenido de arcilla o contenido de carbonato; del italiano cambiare, cambiar.

Material parental: Materiales de textura media a finas derivados de un amplio rango de rocas

Desarrollo de perfil: Los Cambisoles se caracterizan por meteorización ligera a moderada de material parental y por ausencia de cantidades apreciables de arcilla aluvial, materia orgánica, compuestos de Al y/o Fe. Los Cambisoles también abarcan suelos que nos cumplen una o más características de diagnósticos de otros GRS (grupos de suelos de referencia), incluyendo los altamente meteorizados.

Ambiente: Terrenos llenos o montañosos en todos los climas; amplio rango de tipo de vegetación (FAO, 2007).

Regosoles

El término Regosol deriva del vocablo griego rhexos que significa sábana, haciendo alusión al manto de alteración que cubre la tierra.

Los Regosoles se desarrollan sobre materiales no consolidados, alterados y de textura fina. Aparecen en cualquier zona climática sin permafrost y a cualquier altitud; presentan limitación de enraizamiento ya que suelen ser suelos muy superficiales. Son muy comunes en zonas áridas, en los tópicos secos y en las regiones montañosas (www.unex.es/edofo/) (FAO, 1998).

Leptosoles

El término Leptosol proviene del griego leptos que significa delgado. Hace referencia al suelo somero y de escasa evolución y desarrollo.

Se define como suelos naturales, minerales que no están helados de forma permanente y que están limitados por roca continua a menos de 25cm de la superficie, o bien por un material con más del 40% de equivalente en carbonato cálcico. También se consideran como tales a aquellos que en sus primeros 75 cm solo tiene menos de un 10% de componentes menores de 2 mm (www.unex.es/edafo/) (FAO, 1988).

Umbrisoles

Descripción resumida

- **Connotación:** Suelos con suelo superficial oscuro; del latín umbra, sombra.
- **Material parental:** Material meteorizado de rocas silíceas.

Ambiente: Climas húmedos; comunes en regiones montañosas con poco o sin déficit de humedad, principalmente en áreas frescas pero incluyendo montañas tropicales y subtropicales.

Desarrollo del perfil: Horizontes superficial úmbrico (raramente mólico) pardo oscuro, en muchos casos sobre un horizonte superficial cámbico con baja saturación con base (FAO, 2007)

Geología

Geología Regional

La zona de estudio se localiza en el borde sur de la caldera de Quimsacocha. Desde el punto de vista geológico, se localiza dentro del terreno continental Chaucha, el cual está formado principalmente de rocas metamórficas, limitado al noroeste por el sistema de fallas Bulubulu, al Este y Sur por la falla Girón y al Suroeste por la falla Jubones.

Un evento de vulcanismo continental, calco-alcalino, intenso ocurrido en el Eoceno Tardío, depositó potentes paquetes de rocas volcano-clásticas como lavas y tobas de composición andesítica y riolítica correspondientes al Grupo Saraguro, afloramientos típicos se encuentran al norte de la caldera de Quimsacocha y al sur de la falla Girón.

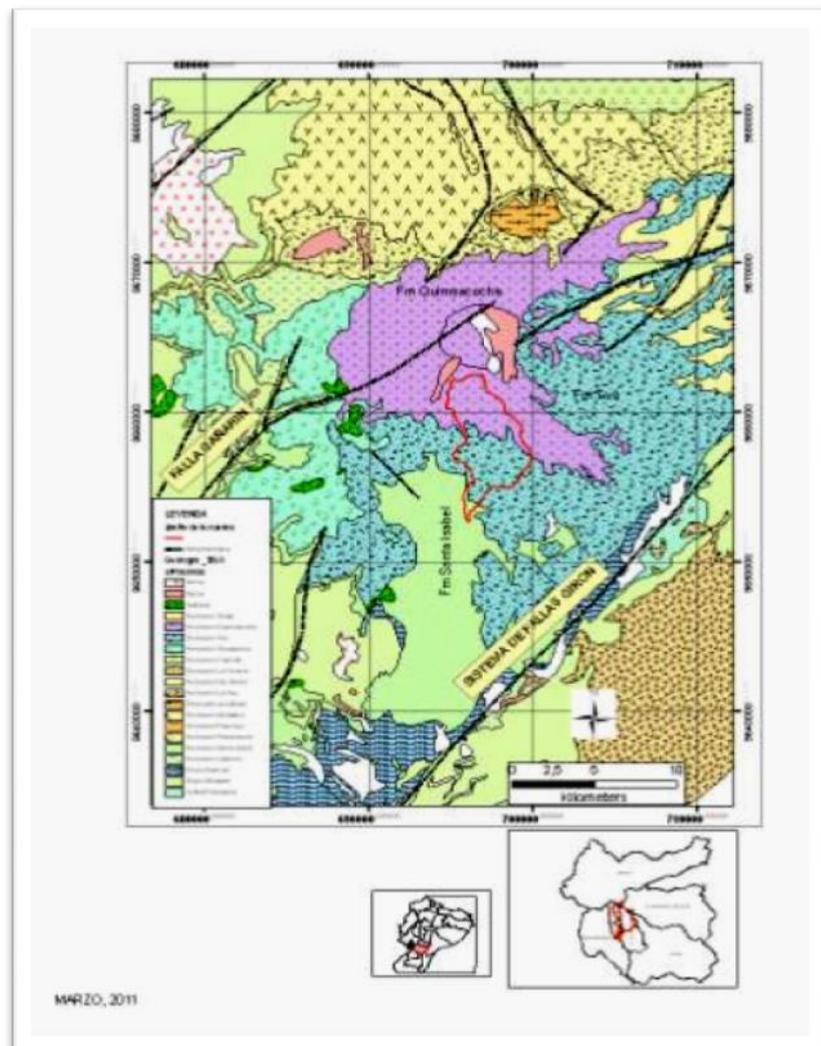


Figura 59. Geología del Páramo de Quimsacocha

Hace aproximadamente 18 Ma, una extensión E-W dio como resultado la sedimentación de la cuenca de Santa Isabel, Girón, Cuenca y Catamayo. En la cuenca de Santa Isabel se encuentran depositadas formaciones volcano-sedimentarias del Mioceno temprano a medio (post-Saraguro) mientras que hacia el norte se depositaron formaciones volcano-clásticas de forma radial a la caldera de Quimsacocha.

La formación Quimsacocha sobre-yace discordantemente al Grupo Saraguro y la Formación Turi. Para la formación Turi se ha indicado una edad del Mioceno Tardío, (8 a 9 Ma) mientras que la edad de la formación Quimsacocha es incierta pero debe ser Mioceno Tardío o más joven.

Geología Local.

En el área de estudio se localiza entre las Fallas Girón al sur y Gañarín al norte de rumbo NE-SW, la litología que se puede identificar en la cuenca alta del Zhurucay son los flujos de lava de la formación Quimsacocha que sobre-yacen a los volcano-sedimentos de la formación Turi, mientras que en la cuenca media y baja tenemos las formaciones Turi y Santa Isabel. Depósitos cuaternarios se ubican generalmente en las zonas de pendiente fuerte y escarpes.

Lito-estratigrafía

Grupo Saraguro.

El grupo Saraguro está definido como una secuencia de rocas volcánicas aéreas a sub-aéreas, calco-alcalinas, intermedias a ácidas, de edad Eoceno Medio Tardía a Mioceno Temprano. (La edad más antigua para este Grupo, es 38 Ma (Eoceno Tardío), En el área de estudio es el sustrato de las rocas volcanoclásticas y volcánicas de las formaciones Turi y Quimsacocha.

Formación Turi (MT).

Está presente al N del Sistema de Fallas Girón y al E del Cinturón Gañarín. Las principales litologías son brechas tobáceas, conglomerados, areniscas ricas en derbis andesítico y unas pocas brechas tobáceas primarias de composición andesítica. La geometría del afloramiento es radial, con buzamientos suaves hacia el S y el E, desde la caldera del Quimsacocha.

Aunque previamente fue considerada de edad Pleistoceno (Bristow & Parodiz, 1982), una datación por trazas de fisión demuestra una edad del Mioceno Tardío (8-9 Ma) (Steinmann, 1997).

Formación Quimsacocha (MT)

La formación sobreyace discordantemente al Grupo Saraguro y la Formación Turi alrededor de la caldera de Quimsacocha, comprende una secuencia de lavas y tobas - brechas de flujo de composición andesítica con buzamientos suaves. Localmente están presentes grandes bloques redondeados con textura de corteza de pan. Como la Formación Turi, el afloramiento es radial, con buzamientos suaves, hacia el exterior de la caldera. La edad es incierta pero debe ser Mioceno Tardío o más joven.

Formación Santa Isabel (MSa)

(Pratt et al., 1997) aflora en el área de Santa Isabel y Girón. Los estratos son principalmente lavas y brechas tobáceas andesíticas con vetas de calcita, que alcanzan un máximo de 400 m, en el Río Rircay (6983, 96430). Una datación por trazas de fisión de 18.4 ± 0.8 Ma, ha establecido una edad de Mioceno Temprano (Hungerbühler, 1997).

Depósitos Cuaternarios.-

Los depósitos cuaternarios representan geoformas que cubren las laderas de las principales microcuencas por debajo de los escarpes rocosos y algunos sectores planos de la zona de estudio, los cuales tienen una gran vulnerabilidad a presentar fenómenos de deslizamientos y remoción en masa

ante la presencia de eventos detonantes como las precipitaciones fuertes y los sismos o terremotos.

Estos depósitos cuaternarios están representados por rocas no consolidadas de origen glaciar, localizados hacia la parte alta del Páramo de Quimsacocha; y los depósitos de tipo coluvial ubicados sobre las laderas de las fuentes de agua abanicos coluviales, cubren la zona de pendientes fuertes y escarpes, estas zonas son proclives a deslizamientos.

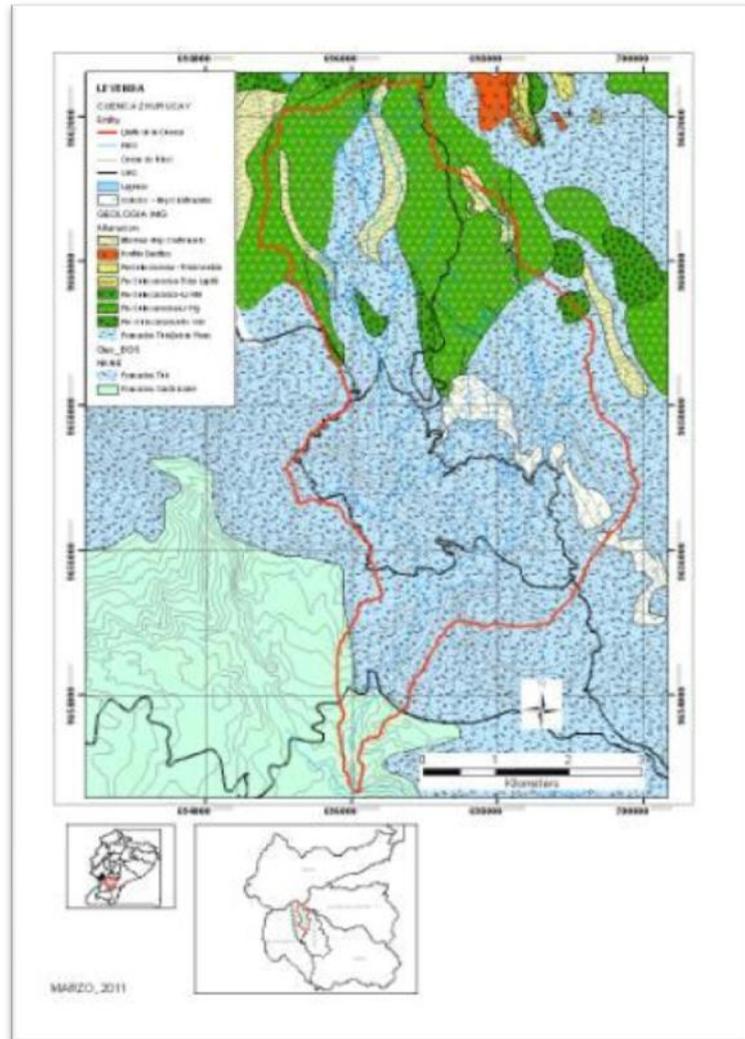


Figura 60. Geología local de la microcuenca Zhurucay

Hidrogeología

La zona alta comprende principalmente un conjunto de pequeñas lagunas de origen glaciar; De manera regional los drenajes se distribuyen de forma radial a la caldera Quimsacocha. El Río Zhurucay nace en el borde sur de la caldera y drena hacia el sur. Por su forma se la puede clasificar como un

drenaje dendrítico y en parte sub-dendrítico en donde se tiene un tributario mayor que fluye en dirección principal norte-sur bien definido, con mayor cantidad de caudal, donde llegan una serie de afluentes pequeños.

Este tipo de drenaje se presenta cuando hay una captura intensa y además existe un control estructural o topográfico. Los tributarios cortos confluyen con los canales mayores formando ángulos aproximadamente rectos, adicionalmente las formas indican un importante control estructural evidenciado en el desarrollo de drenajes sobre zonas de falla o fisuras de la roca volcánica.

Escurrimiento de la Cuenca.

La precipitación drenada por las corrientes de la cuenca hasta su salida. El agua que fluye por las corrientes proviene de diversas fuentes y, con base a ella se considera el escurrimiento superficial, subsuperficial y subterráneo.

- ***El superficial*** es el que proviene de la precipitación no infiltrada y que escurre sobre la superficie del suelo y una red drenada hasta salir de la cuenca. El escurrimiento total es directo y sólo existirá durante una tormenta e inmediatamente después de que esta cese.

- **El escurrimiento subsuperficial** se debe a la precipitación infiltrada en la superficie del suelo, pero no se mueve lateralmente sobre el horizonte superior del mismo.

- **El escurrimiento subterráneo** el cual es recargada por el agua por la parte de la precipitación que se infiltra a través del suelo una vez que se ha saturado. La contribución del escurrimiento subterráneo al total varía muy lentamente con respecto al superficial.

La Infiltración.

Es el proceso por el cual el agua penetra en los estratos de la superficie del suelo y se mueve hacia el manto freático. El agua primero satisface la deficiencia de humedad del suelo y después cualquier proceso pasa a ser parte del agua subterránea. La cantidad máxima de agua que puede absorber un suelo en determinadas condiciones se llama capacidad de infiltración.

La geología y la pendiente de la zona juegan un papel preponderante en la infiltración, almacenamiento y conducción de agua de lluvia.



Figura 61. Sección longitudinal (N-S) muestra el mecanismo de infiltración y conducción de agua

Zonas de alto riesgo geológico (deslizamiento)

Generalidades.

El movimiento de masa afecta aproximadamente 13 Has de zonas de pastizales en terrenos de varios propietarios de la comunidad Cristal-Aguarongos en la Parroquia San Gerardo en el Cantón Girón, Provincia del Azuay. El suelo se encuentra agrietado y la cabeza del deslizamiento muestra un desplazamiento vertical que puede llegar a ser de varios metros. Adicionalmente, el movimiento en masa afectaría un superficie aproximada de 10 has pendiente abajo, en donde se encuentra viviendas.



Figura 62. Zona de deslizamiento

La zona está a una altura entre 3500 y 3600 msnm, el clima es típicamente frío y húmedo la mayor parte del año, la temperatura ambiente oscila entre 5°C y 15°C, la vegetación es de pastizales en la llanura y relictos de bosque húmedo hacia las estribaciones, en el norte, limitando con los pajonales que encuentran en la parte alta o de páramo.

La principal actividad de la zona es la ganadería, los pastizales son regados por inundación mediante el uso de canales que salen de los reservorios construidos cercanos a la zona del deslizamiento.

Los procesos denudacionales, donde el suelo o roca es desplazado a lo largo de la pendiente por fuerzas gravitacionales o deslizamiento es conocido también como “movimientos de masa” y son causados por un complejo campo

de esfuerzos que está activo en una masa de roca o de suelo en la pendiente, principalmente pueden deberse a:

- Un incremento del esfuerzo de corte
- Una disminución en la resistencia del material

Incremento en el esfuerzo de corte:

- Remoción del soporte lateral o de base (erosión, deslizamientos previos, cortes de carreteras y canteras).
- Incremento de carga (peso de la lluvia, rellenos, vegetación)
- Incremento de presiones laterales (presiones hidráulicas, raíces, cristalización, expansión de la arcilla)
- Esfuerzos transitorios (terremotos)
- Inclinación regional (movimientos geológicos)

Reducción de la resistencia del material

- Disminución de la resistencia del material (cambios en el estado de consistencia)

- Cambios en las fuerzas inter-granulares (presión de los poros de agua, disolución)
- Cambios en la estructura (disminución de la resistencia en el plano de falla, fracturamiento debido a “descargas”)

Ambiente Geológico.

La localidad Cristal –Aguarongos se encuentra asentada en rocas de origen volcánico de la formación Turi, que comprende flujos de cenizas y escombros de origen volcánico, la roca predominantemente presenta clastos andesíticos soportados por matriz arcillosa de coloración verde / marrón. La zona está afectada por pequeñas zonas de fallas relacionadas a la Falla Río Falso (N-S).

La zona presenta escarpes que limitan la llanura al norte y sur de la zona llamada Cristal –Aguarongos, la planicie está cortada por drenajes juveniles que forman pequeñas llanuras de inundación en su origen e inmediatamente forman valles profundos de erosión.

El suelo en la zona es potente (0- 3 m) formado principalmente por meteorización de la roca.

Desde el punto de vista morfológico, la zona de planicies y colinas redondeadas, en donde se localiza la comunidad Cristal-Aguarongos se ha formado como resultado de un paleo deslizamiento que inicia en la zona de escarpe, al norte, varios deslizamientos se identifican a lo largo de la vía hasta San Gerardo, al Sureste. En la zona de escarpe varios depósitos de pie de monte son cubiertos por bosque húmedo y varios ojos de agua se identifican en la zona lo que genera varias zonas pantanosas en la planicie constituyendo este una zona de infiltración de agua que alimentaría a toda la zona baja. Ver mapa adjunto

Una evaluación preliminar del movimiento de masa que afecta aproximadamente 13 Has de zonas de pastizales. Se efectuó un contorno con GPS de la cabeza del deslizamiento en donde se observa agrietamientos con aberturas de hasta 50 cm. y varios metros de profundidad, el hundimiento entre bloques oscila entre 50 cm y 2 m.



Figura 63. Grieta de deslizamiento superior

Se pudo observar la existencia de varias fuentes de agua (vertientes) cercanas a la cabeza de deslizamiento, varias de estas han perdido la mayor parte de su caudal, lo que indicaría que existe infiltración y circulación de agua, misma que continuamente erosiona la base del macizo rocoso, disminuye la consistencia del material arcilloso, incrementa la carga (agua) y provoca la expansión de las arcillas que conforman el macizo rocoso. Este hecho es comprobado por la existencia de varias salidas de agua en el pie del deslizamiento.

Causas para el deslizamiento.

Existen factores que contribuyen a que este deslizamiento se desarrolle, siendo algunas de estas:

- **De origen natural:** geológicos, morfológicos y físicos, sobre estos factores poco a nada se puede hacer para modificar, detener o controlar sus efectos.
- **Factores relacionados a la actividad humana:** Sistemas riego de pastizales en forma anti técnica, sobresaturación de suelos y deforestación; el sistema de represamiento de aguas representa un

punto de recarga de agua, ninguno de los reservorios ha sido impermeabilizado.

Sobre estos últimos se deben tomar acciones correctivas para evitar la sobresaturación de suelos y realizar trabajos de remediación y mitigación para lograr la estabilidad del macizo rocoso.

Acciones de remediación y prevención.

- Impermeabilización de todos los reservorios existentes en la zona, mediante la utilización de geomembrana; además se debe mejorar el sistema de conducción de agua por el drenaje lateral en el borde oeste, se deben realizar obras de canalización.
- Cambio de sistema de riego por inundación a uno por presurización, aspersión.
- Impermeabilización de grietas; mediante el relleno con suelo y colocación material impermeable durante la estación invernal
- Construcción de canales de coronación para evitar que el agua de escorrentía llegue a las grietas existentes
- Restauración ecológica del área, siembra de arbustos de rápido crecimiento en sistemas de plataformas en la base de la pendiente.
- Captar el agua de las vertientes naturales y conducir las hasta drenajes impermeabilizados
- Adicionalmente se debe construir muros de hormigón en la base de la pendiente para canalizar los flujos de rocas y lodo.

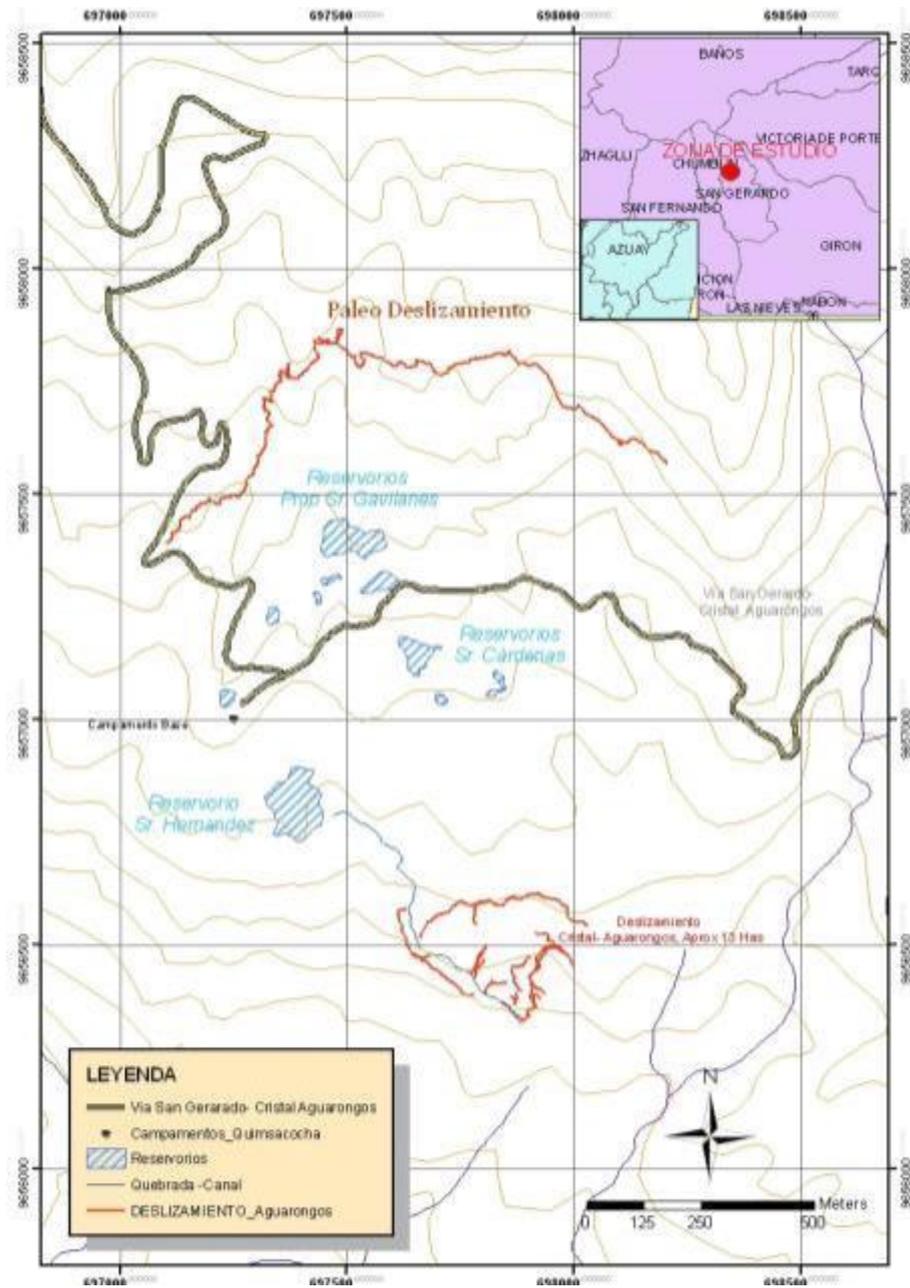


Figura 64. Mapa de ubicación de la zona de riesgo

Geomorfología

Desde el punto de vista morfológico la cuenca alta del río Zhurucay, se la puede dividir en dos zonas debido a sus rasgos geomorfológicos, la zona alta de páramo con pajonales y la zona intermedia de pendiente fuerte con depósitos coluviales de colinas redondeadas y escarpes abruptos.

Zona alta de Páramo

Esta región alta del Páramo de Quimsacocha se caracteriza porque es el lugar donde se originan las cabeceras de agua que dan lugar al nacimiento de los ríos, las vertientes de agua generalmente convergen en valles en forma de V poco modeladas por la erosión, o en valles en forma de U, los cuales presentan un modelado avanzado de erosión y son de origen glaciar.

La topografía es generalmente ondulada caracterizada con laderas largas y pendientes suaves de menos de 10% en los valles y áreas planas. La vegetación típica de la región está compuesta por páramo de pajonal en un 95%.

Zona Intermedia o de fuertes Pendientes.

El relieve se vuelve más empinado en las colinas con pendientes de hasta 25% en las laderas, mientras que las laderas contiguas a las quebradas pueden alcanzar pendientes hasta de 50%.

La vegetación típica está compuesta de bosque montano, achupallas, bosque de pino y de polylepis. Gran parte de la zona presenta escarpes que pueden alcanzar un salto de más de 200 m. Y los valles tiene la forma de cañones con fuertes pendientes.

En la zona de escarpe varios depósitos de pie de monte constituidos por bloques de lavas provenientes de la zona alta intercalado con material arcilloso y suelo son cubiertos por bosque montano, esta zona se caracteriza por su alta porosidad, los espacios vacíos entre bloques sirven de canales naturales de conducción de agua.

Minería

A dos kilómetros de la cabecera de la microcuenca en dirección Nor-Este se encuentra el Proyecto Minero “Quimsacocha”, operado por una

Empresa Canadiense IAMGOLD ECUADOR S.A. El mencionado Proyecto se encuentra en la etapa de exploración avanzada y está considerado como uno de los cinco proyectos mineros estratégicos de minería a gran escala del Gobierno nacional y que podría ser explotado en los próximos años, extrayendo minerales como oro, plata y cobre

Uso Actual del Suelo

Según información reportada por la Consultora Ambiental AMBIGEST en la línea base del Estudio de Impacto Ambiental EsIA para las áreas mineras Cerro Casco, Río Falso y Cristal y corroborada y actualizada por la observación directa en el campo la utilización de este recurso se la puede definir como una respuesta a todas las variables que constituyen la infraestructura y servicios básicos (vías, luz eléctrica, agua potable, comunicación, etc) y de manera directa y primordial a la tenencia de la tierra. Su aprovechamiento del suelo depende directamente de las características bioclimáticas y su infraestructura.

En los Andes del Ecuador por la década de los años 70 con la ley de Reforma Agraria los colonos tenían el propósito de legalizar la posesión de nuevas tierras; esto hizo que se desarrollará de una manera muy agresiva la tala de extensas zonas de bosque y quema de vegetación para limpiar valles y montañas teniendo como único fin transformar a las mismas en zonas agrícolas y ganaderas.

Hablando directamente de las zonas altas o de páramo y en particular de la parte alta de la microcuenca del Río Zhurucay, se puede indicar que las características hidroclimáticas como el exceso de lluvia, la alta humedad atmosférica, la nubosidad constante, las bajas temperaturas y otros factores secundarios no permiten el uso de suelo en el aprovechamiento agrícola de manera extensiva e intensiva ni siquiera para subsistencia, el uso del suelo con fines de establecimiento de pastizales para producción pecuaria es mínimo. Esta particularidad ha contribuido para que los suelos de los páramos y concretamente en la parte alta de la microcuenca se encuentren con una mínima intervención y mínimamente poblada.



Figura 65. Vista Panorámica de la parte alta

En la parte media de la microcuenca caracterizada por pendientes fuertes se encuentra una ceja de montaña de bosque montano y en donde la

pendiente es menos pronunciada encontramos pastizales para la producción pecuaria principalmente de ganado vacuno.

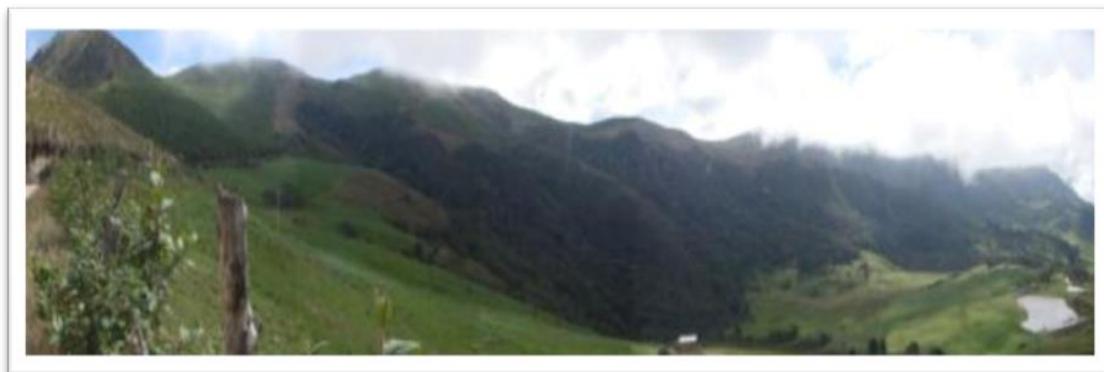


Figura 66. Vista Panorámica de la parte media de la microcuenca

En la parte baja el suelo es ocupado directamente en el establecimiento de pastizales

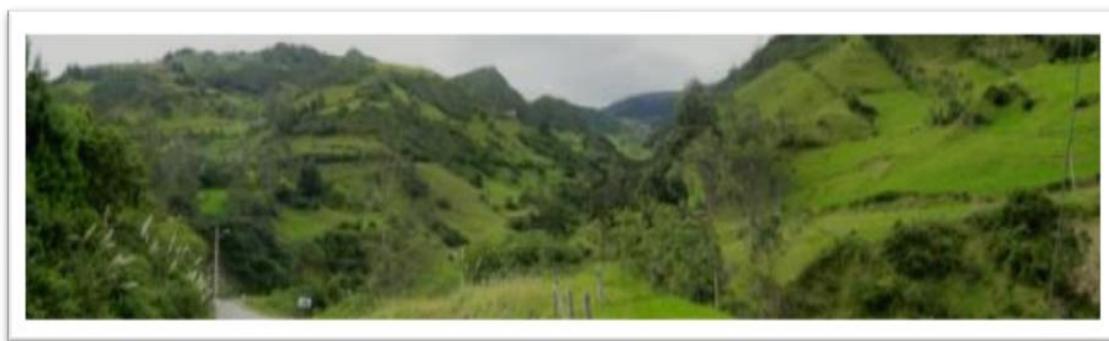


Figura 67. Vista Panorámica de la parte baja

Aspectos Socioeconómicos

La principal actividad económica de la región es la ganadería y la fabricación de productos lácteos (80-85%) y el 15% restante es la agricultura y otros



Figura 68. Ganadería y agricultura en la microcuenca

Vivienda

El tipo de construcción de las 45 viviendas que existen dentro de la microcuenca es de mampostería de bloque y en algunos casos ladrillo debiendo anotar que únicamente 14 familias viven de manera permanente en la zona.



Figura 69. Tipos de vivienda

Servicios básicos

En la microcuenca del Río Zhuruca y se cuenta con un camino vecinal de tercer orden que cruza a toda la microcuenca desde su parte baja hasta su parte alta, se dispone también de electricidad del sistema nacional interconectado, sistema telefónico inalámbrico y una regular señal de telefonía celular en la mayoría de la microcuenca.

CAPITULO IV

CARACTERISTICAS FISICAS Y MORFOMETRICAS DE LA MICROCUENCA

Las características fisiográficas de la microcuenca pueden ser explicadas a partir de ciertos parámetros o constantes que se obtienen del procesamiento de la información cartográfica y conocimiento de la topografía de la zona de estudio. La cuenca como unidad dinámica natural es un sistema hidrológico en el que se reflejan acciones recíprocas entre parámetros y variables. Las variables pueden clasificarse en variables o acciones externas, conocidas como entradas y salidas al sistema, tales como: precipitación, escorrentía directa, evaporación, infiltración, transpiración; y variables de estado, tales como: contenido de humedad del suelo, salinidad, cobertura vegetal, entre otros. Los parámetros en cambio permanecen constantes en el tiempo y permiten explicar las características fisiomorfométricas de la cuenca.

En general, las variables del sistema hidrológico cambian de tormenta a tormenta, en contraste con los parámetros que permanecen invariables. En hidrología superficial existe una relación muy estrecha entre parámetros y variables, relaciones que son muy bien aprovechadas por el ingeniero para solucionar problemas cuando se carece de información hidrológica en la zona de estudio.

La morfología de la cuenca se define mediante tres tipos de parámetros:

- Parámetros de forma
- Parámetros de relieve
- Parámetros relativos a la red hidrográfica

Parámetros de Forma

Delimitación Topográfica de la Microcuenca

Para lograr delimitar la microcuenca se partió con el análisis de información cartográfica como son mapas regionales y locales, así como fotografías aéreas IGM escala 1:50000 y se logró conseguir una fotografía satelital ICONOS 2006 a escala 1:10000, se elaboró un mapa base y posteriormente se comparó y afino con el levantamiento y contorneo de todo el perímetro de la microcuenca con un GPS de alta precisión GARMIN GPS map 60CSx Con los datos obtenidos se pudo utilizar herramientas informáticas como el MAP SOURCE, ARGIS 9.3 y AUTOCAD 2010 para obtener finalmente un mapa de la microcuenca



Figura 70. Delimitación de la Microcuenca

Área (A)

El área de la cuenca es probablemente la característica geomorfológica más importante para el diseño. Está definida como la proyección horizontal de toda el área de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido directa o indirectamente a un mismo cauce natural.

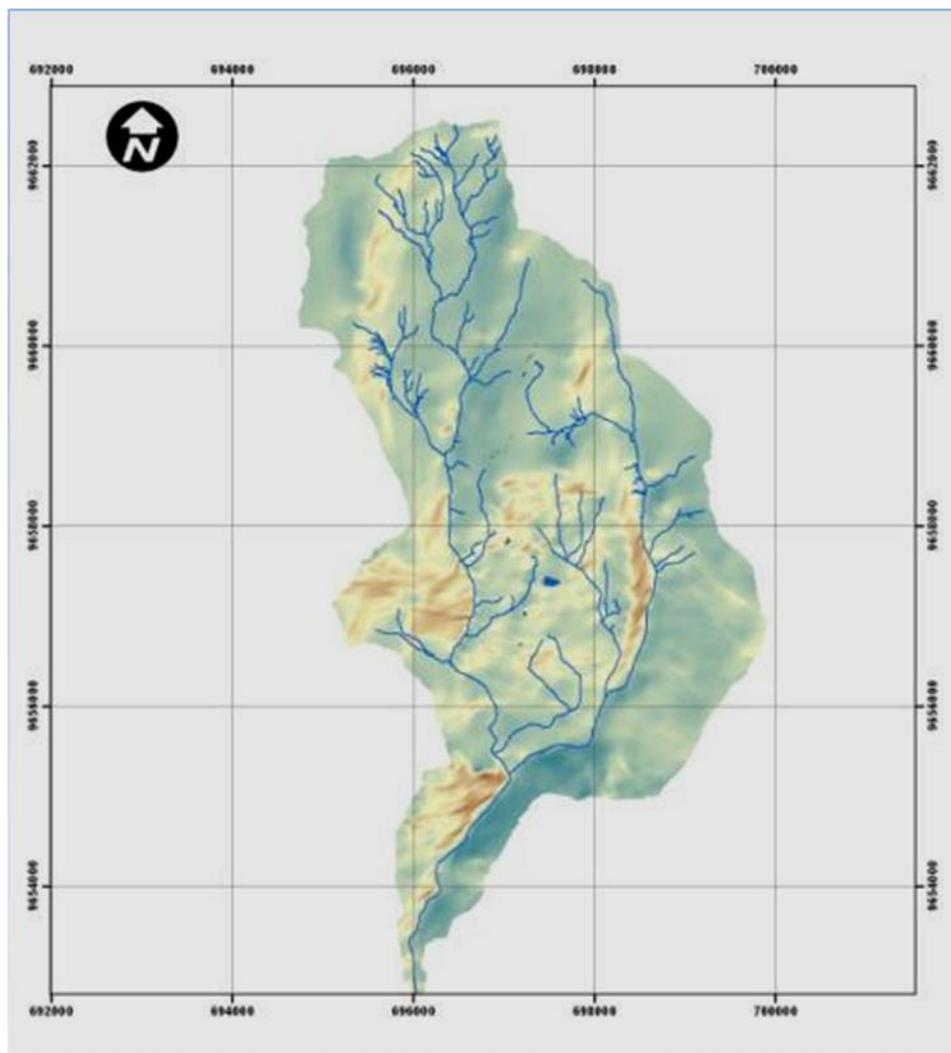


Figura 71. Mapa de la microcuenca del Río Zhurucay

El software (AUTOCAD 2010 y ARC GIS 9.3) nos da un valor directo de la microcuenca comprobado con la sumatoria de cada una de las áreas entre curvas de nivel distanciadas cada 40 m y como resultado tenemos: $A= 2609.8$ ha o 26.10 Km^2

Tabla 17. Área total y áreas entre curvas de nivel.

No.	Elevación	Area (m2)	Area ++	Area+++	total Area (Ha)	Total Area Acumulada (Ha)	Total Area (%)
1	2470	0,0			0,0	0,0	0,0
2	2480	1228,9			0,1	0,1	0,0
3	2520	16100,7			1,6	1,7	0,1
4	2560	41751,1			4,2	5,9	0,2
5	2600	95764,4			9,6	15,5	0,4
6	2640	102888,3			10,3	25,8	0,4
7	2680	143291,0			14,3	40,1	0,5
8	2720	297099,8			29,7	69,8	1,1
9	2760	249076,0			24,9	94,7	1,0
10	2800	235200,9			23,5	118,2	0,9
11	2840	215616,2			21,6	139,8	0,8
12	2880	250526,5			25,1	164,9	1,0
13	2920	510700,2			51,1	215,9	2,0
14	2960	627459,1			62,7	278,7	2,4
15	3000	504115,8	86840,1		59,1	337,8	2,3
16	3040	2919,4	74584,4	687913,4	76,5	414,3	2,9
17	3080	25802,9	117991,8	671483,9	81,5	495,8	3,1
18	3120	647,7	119987,5	599246,0	72,0	567,8	2,8
19	3160	116963,7	645359,7		76,2	644,1	2,9
20	3200	557992,1	116538,5		67,5	711,5	2,6
21	3240	36672,3	608992,3		64,6	776,1	2,5
22	3280	5696,8	680457,4		68,6	844,7	2,6
23	3320	722391,6			72,2	916,9	2,8
24	3360	727615,1			72,8	989,7	2,8
25	3400	727629,2			72,8	1062,5	2,8
26	3440	562984,3			56,3	1118,8	2,2
27	3480	648393,9			64,8	1183,6	2,5
28	3520	717407,7			71,7	1255,3	2,7
29	3560	889888,2			89,0	1344,3	3,4
30	3600	1136764,7			113,7	1458,0	4,4
31	3640	1806695,9			180,7	1638,7	6,9
32	3680	1677990,8	14239,6	109354,8	180,2	1818,8	6,9
33	3720	2048211,0			204,8	2023,6	7,8
34	3760	20415,6	1543773,5		156,4	2180,1	6,0
35	3800	2183347,7			218,3	2398,4	8,4
36	3840	100202,8	1219140,8		131,9	2530,3	5,1
37	3880	65348,5	72123,1	540337,3	67,8	2598,1	2,6
38	3900	107884,7	9367,9		11,7	2609,8	0,4
					2609,8		100,0

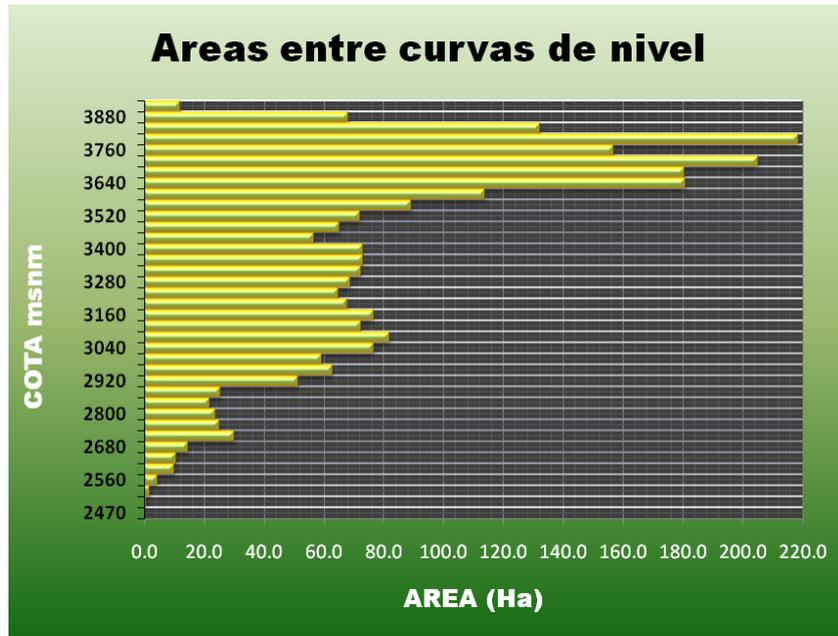


Figura 72. Distribución de las áreas entre curvas de nivel

Para la zonificación de la microcuenca se consideraron características como pendiente, vegetación, clima y algunos aspectos socioeconómicos y a la microcuenca del Río Zhurucay se la dividió en tres partes:

- **Baja** comprendida entre las cotas 2470-3040 msnm y cubre una superficie de 414.3 hectáreas, que representa el 15.9% de la superficie total de la microcuenca.
- **Media** comprendida entre las cotas 3040-3560 msnm y cubre una superficie de 841 hectáreas, que representa el 32.2% de la superficie total de la microcuenca.

- **Alta** comprendida entre las cotas 3560-3900 msnm y cubre una superficie de 1354.5 hectáreas, que representa el 51.9% de la superficie total de la microcuenca.

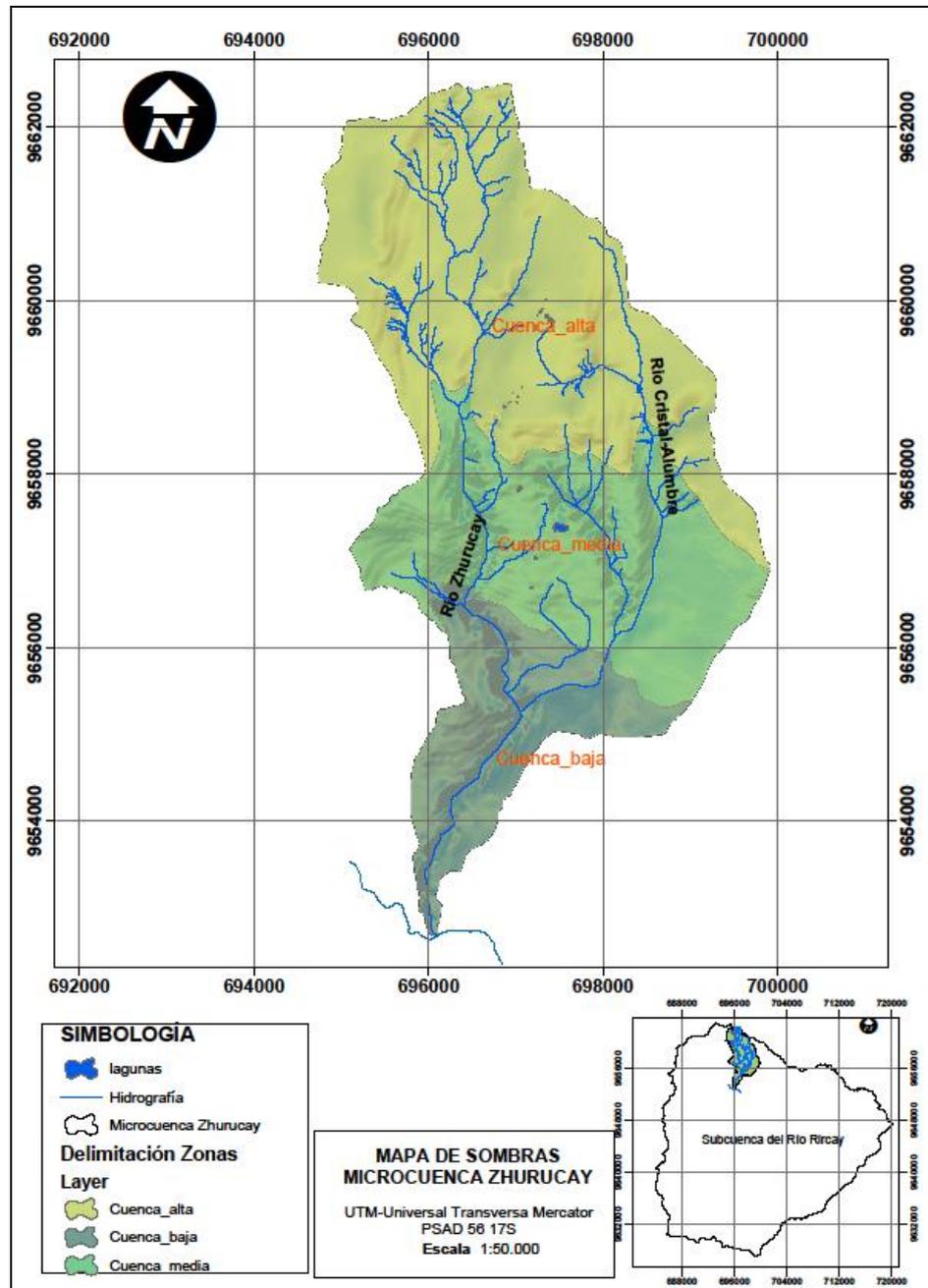


Figura 73. Zonificación de la microcuenca Zhurucay

Perímetro de la Microcuenca (P)

Es la longitud de la línea de divortio aquarum. Se mide mediante el curvómetro o directamente se obtiene del software en sistemas digitalizados. También se puede obtener con el recorrido de un curvómetro sobre la línea que encierra la forma de la cuenca.

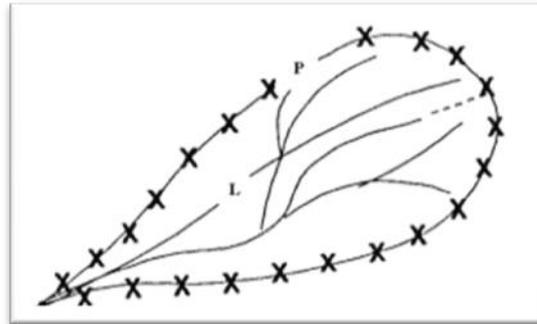


Figura 74. Perímetro de una cuenca

En el presente estudio el valor del perímetro de la microcuenca se lo obtuvo directamente del software (AUTOCAD 2010 y ARC GIS 9.3) y arrojo un valor de 28.5 Km

Coefficiente de Compacidad

Relaciona el perímetro de la cuenca con el perímetro de otra cuenca teórica circular de la misma superficie, es expresa por la siguiente forma:

$$Cg = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} = 0.28 \frac{28.5 \text{ Km}}{\sqrt{26.10 \text{ Km}^2}} = 1.56$$

Donde:

Cg es el coeficiente de Gravelius

P es el perímetro de la cuenca en Kilómetros

A es la superficie de la cuenca en Km²

El valor que toma esta expresión siempre es mayor que 1 y crece con la irregularidad de la forma de la cuenca, estableciéndose la siguiente clasificación:

Tabla 18. . Índices de Compacidad o de Gravelius

Índice Cg	Forma de la cuenca
1.00 a 1.25	Redonda
1.26 a 1.50	Ovalada
1.51 a 1.75	Oblonga a rectangular

También conocido como índice de Gravelius, se define como la relación entre el perímetro de la hoya y la longitud de la circunferencia de área igual al de la cuenca. Cuanto más irregular sea la cuenca, mayor será su coeficiente de compacidad. Una cuenca circular posee el coeficiente mínimo, igual a uno. Según Dingman (2002), hay mayor tendencia a las crecientes en la medida en que este número sea próximo a la unidad es decir que la respuesta hidrológica

es más rápida en cuencas con coeficientes de compacidad cercanos a la unidad

Según la tabla anterior tenemos que la micro cuenca está en la **clasificación oblonga a rectangular o alargada**

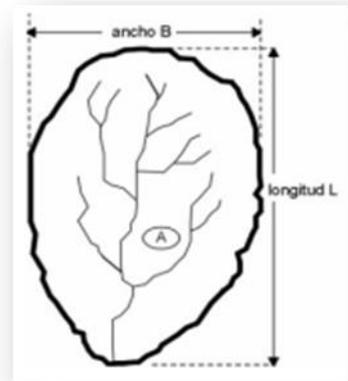
Factor de Forma

Es la relación entre el área A de la cuenca y el cuadrado del máximo recorrido (L). Este parámetro mide la tendencia de la cuenca hacia las crecidas, rápidas y muy intensas a lentas y sostenidas, según que su factor de forma tienda hacia valores extremos grandes o pequeños, respectivamente. Es un parámetro a dimensional que denota la forma redondeada o alargada de la cuenca.

$$F = \frac{\text{ancho}}{\text{longitud}} = \frac{B}{L}$$

También se calcula de la siguiente manera

$$K_f = \frac{A}{L^2} = \frac{26.10 \text{Km}^2}{(11.83 \text{ Km})^2} = 0.18$$



Donde: K_f : Factor de forma

A: Área de la cuenca (km^2)

L: Longitud axial de la cuenca (Km)

Lo que genera $K_f = 0.18$ lo que nos indica que la micro cuenca tiene tendencia a una forma alargada

Parámetros de Relieve

Orientación

La micro cuenca del Cristal se encuentra orientada en sentido **norte-sur**, lo que implica que no recibe insolación uniforme durante el día.

Perfil de relieve longitudinal del cauce principal

El perfil altimétrico es simplemente el gráfico de altura en función de la longitud a lo largo del río principal. Con base en la forma del perfil altimétrico del río se puede inferir rasgos generales de la respuesta hidrológica de la cuenca en su expresión de la hidrógrafa, o sea, la variación del caudal con el tiempo.

Tabla 19. Longitud del Río principal entre curvas de nivel

Cota	Longitud río (m)	Longitud río acumulada (m)
2470	0	0
2480	48.9503	48.9503
2520	171.7295	220.6798
2560	307.379	528.0588
2600	430.294	958.3528
2640	441.7057	1400.0585
2680	261.3673	1661.4258
2720	383.8061	2045.2319
2760	354.8545	2400.0864
2800	370.5819	2770.6683
2840	237.715	3008.3833
2880	261.6817	3270.065
2920	744.662	4014.727
2960	463.8782	4478.6052
3000	353.6809	4832.2861
3040	134.5796	4966.8657
3080	110.196	5077.0617
3120	87.5961	5164.6578
3160	83.6273	5248.2851
3200	110.1132	5358.3983
3240	86.1377	5444.536
3280	134.7721	5579.3081
3320	175.281	5754.5891
3360	196.3281	5950.9172
3400	208.9371	6159.8543
3440	278.6868	6438.5411
3480	268.3604	6706.9015
3520	342.0364	7048.9379
3560	451.4429	7500.3808
3600	261.6618	7762.0426
3640	398.2074	8160.25
3680	884.0492	9044.2992
3720	1016.9702	10061.2694
3760	919.3945	10980.6639
3800	393.3722	11374.0361
3830	459.3914	11833.4275

Con los datos de la tabla anterior podemos editar la siguiente figura que corresponde al perfil longitudinal del Río Zhurucay

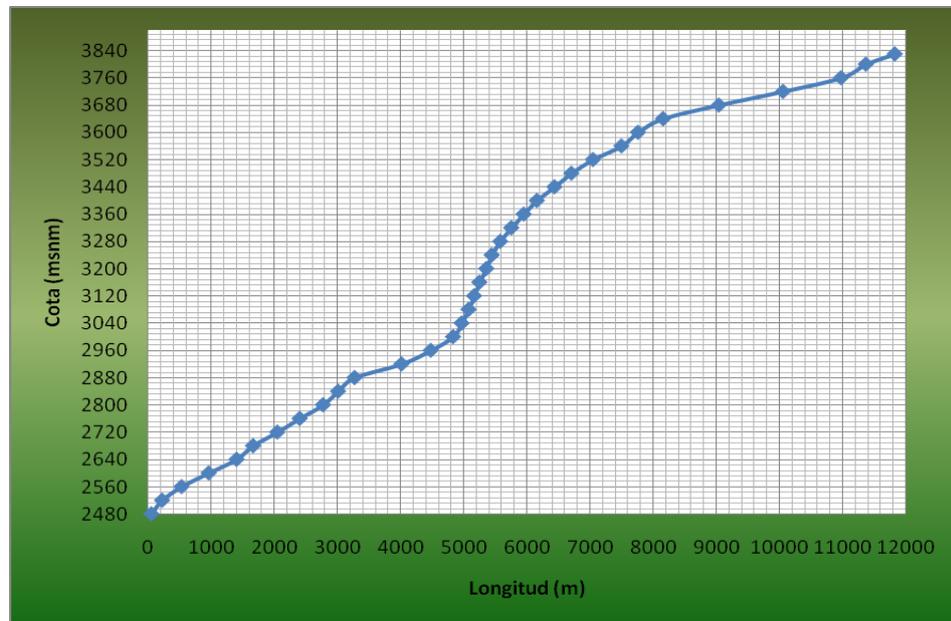


Figura 75. Perfil longitudinal del Río Zhurucay

Elevaciones más sobresalientes

La influencia del relieve sobre el hidrograma es aún más evidente. A una mayor pendiente corresponderá una menor duración de concentración de las aguas de escorrentía en la red de drenaje y afluentes al curso principal, los parámetros más utilizados son:

Como elevaciones extremas en la micro cuenca se tiene la máxima elevación 3900 msnm siendo este punto uno de los más altos de esta zona y la

mínima de 2470 msnm que pertenece a la confluencia de los ríos Zhuruca y Rircay, lo que significa una diferencia en altura de 1430 m en la cuenca.

Altitud media (H)

Es el parámetro ponderado de las altitudes de la cuenca obtenidas en la carta o mapa topográfico. En cuencas andinas o muy accidentadas este parámetro está relacionado con la magnitud de la lámina de precipitación, variación lineal muy importante en estudios regionales donde la información local es escasa. Se calcula como el cociente entre el volumen de la cuenca (que es la superficie comprendida entre la curva hipsométrica y los ejes coordenados)

También es definida por la altura de la cuenca que divide a la superficie de la cuenca en dos partes iguales

Para el presente caso hemos tomado la altitud media constante en el cálculo de la curva hipsométrica es de **3542.28m**

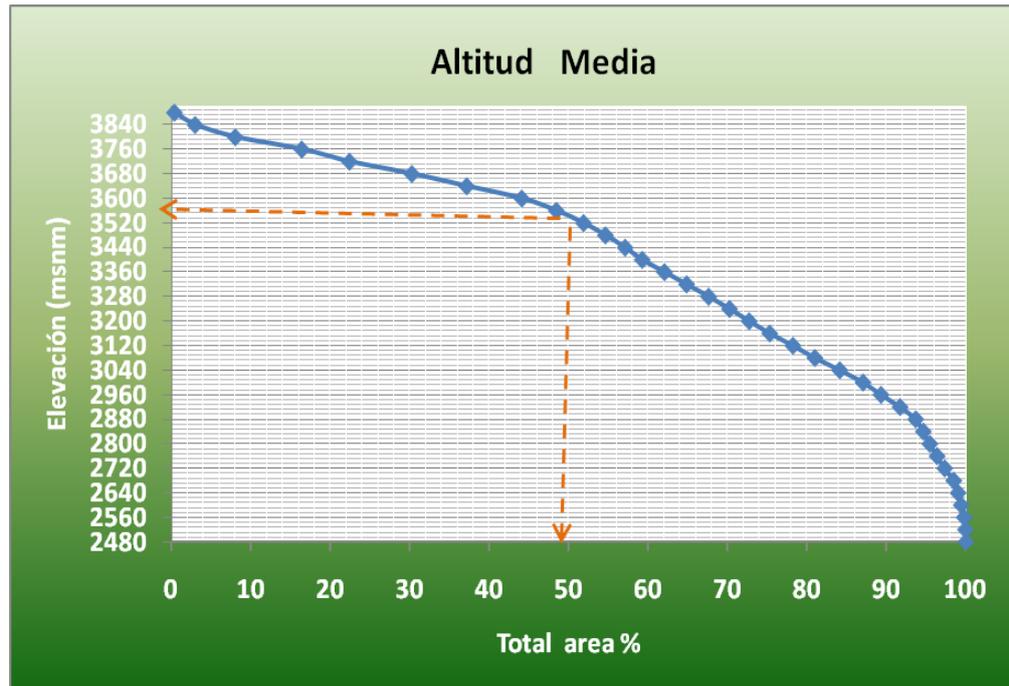


Figura 76. Altitud media utilizando la figura de la curva hipsométrica

Pendiente media (Sm)

También conocido como pendiente de laderas, es el promedio de las pendientes de la cuenca, es un parámetro muy importante que determina el tiempo de concentración y su influencia en las máximas crecidas y en el potencial de degradación de la cuenca, sobre todo en terrenos desprotegidos de cobertura vegetal. Tiene una relación importante y compleja con la infiltración, la escorrentía superficial, la humedad del suelo, y la contribución del agua subterránea a la escorrentía. Lo más importante es que controla el tiempo de escurrimiento y concentración de la lluvia en los canales de drenaje

Existen variadas metodologías, tanto gráficas como analíticas, que permiten estimar la pendiente de la cuenca. La más recomendada por su grado de aproximación es el **Método de HORTON** que se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$S_m = 100 \frac{L_i \times E}{A} = 100 \frac{170.78 \text{Km} \times 0.04 \text{Km}}{26.10 \text{Km}^2} = 26.17\%$$

Donde:

S_m es la pendiente media en %

L_i es la suma de longitudes de las curvas de nivel en Km

E es la equidistancia entre curvas de nivel en Km

A es la superficie de la cuenca en Km²

Aplicando la misma fórmula tenemos que la parte baja tiene una pendiente del 52.98%, la parte media del 37.95% y la parte alta del 10.9%

Mientras que por el **Método de J.W. Alvord** esta se define como el promedio de las pendientes presentes en la cuenca.

La pendiente de una porción del área de la cuenca es:

$$S_i = \frac{D}{W_i}$$

donde:

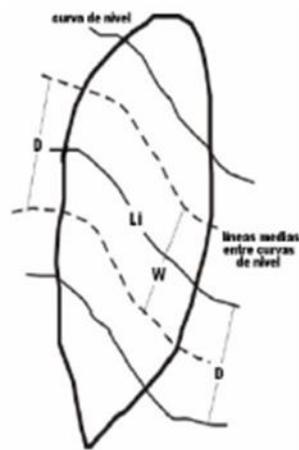
S_i = pendiente media de la faja

D = desnivel entre las líneas medias. Como son líneas intermedias entre curvas de nivel, se puede aceptar que es el desnivel entre dichas curvas

$$W_i = \frac{a_i}{L_i}$$

a_i = área de la faja ($a_i = W_i \times L_i$)

L_i = longitud de la curva de nivel



Luego, la pendiente ponderada de toda la cuenca es:

$$S = \frac{S_1 a_1 + S_2 a_2 + S_3 a_3 + \dots + S_n a_n}{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n} \quad \dots (2.13)$$

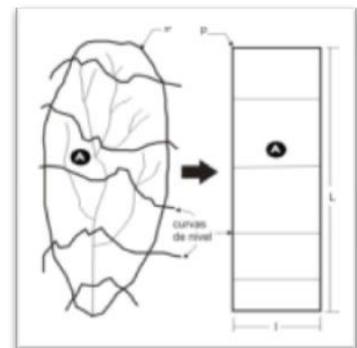
Tabla 20. Calculo de Pendiente Media utilizando el Método de JW Alvord

	Nivel	Afinal	Li	ai	Wi	D	Si	Si x ai
	m	Km2	km	km2	km	km		
	2470	0.000				0.01		
1	2480	0.001	0.076	0.009	0.122	0.04	0.33	0.003
2	2520	0.016	0.195	0.029	0.148	0.04	0.27	0.008
3	2560	0.042	0.523	0.069	0.131	0.04	0.30	0.021
4	2600	0.096	0.722	0.099	0.138	0.04	0.29	0.029
5	2640	0.103	1.166	0.123	0.106	0.04	0.38	0.047
6	2680	0.143	1.362	0.220	0.162	0.04	0.25	0.054
7	2720	0.297	2.039	0.273	0.134	0.04	0.30	0.082
8	2760	0.249	1.945	0.242	0.125	0.04	0.32	0.078
9	2800	0.235	2.381	0.225	0.095	0.04	0.42	0.095
10	2840	0.216	2.646	0.233	0.088	0.04	0.45	0.106
11	2880	0.251	3.072	0.381	0.124	0.04	0.32	0.123
12	2920	0.511	4.368	0.569	0.130	0.04	0.31	0.175
13	2960	0.627	4.510	0.609	0.135	0.04	0.30	0.180
14	3000	0.591	4.947	0.678	0.137	0.04	0.29	0.198
15	3040	0.765	6.832	0.790	0.116	0.04	0.35	0.273
16	3080	0.815	5.747	0.768	0.134	0.04	0.30	0.230
17	3120	0.720	6.137	0.741	0.121	0.04	0.33	0.245
18	3160	0.762	6.327	0.718	0.114	0.04	0.35	0.253
19	3200	0.675	5.730	0.660	0.115	0.04	0.35	0.229
20	3240	0.646	5.729	0.666	0.116	0.04	0.34	0.229
21	3280	0.686	5.671	0.704	0.124	0.04	0.32	0.227
22	3320	0.722	5.778	0.725	0.125	0.04	0.32	0.231
23	3360	0.728	6.036	0.728	0.121	0.04	0.33	0.241
24	3400	0.728	6.151	0.645	0.105	0.04	0.38	0.246
25	3440	0.563	6.072	0.606	0.100	0.04	0.40	0.243
26	3480	0.648	6.197	0.683	0.110	0.04	0.36	0.248
27	3520	0.717	6.580	0.804	0.122	0.04	0.33	0.263
28	3560	0.890	7.521	1.013	0.135	0.04	0.30	0.301
29	3600	1.137	9.177	1.472	0.160	0.04	0.25	0.367
30	3640	1.807	8.651	1.804	0.209	0.04	0.19	0.346
31	3680	1.802	8.091	1.925	0.238	0.04	0.17	0.324
32	3720	2.048	7.131	1.806	0.253	0.04	0.16	0.285
33	3760	1.564	6.912	1.874	0.271	0.04	0.15	0.276
34	3800	2.183	8.012	1.751	0.219	0.04	0.18	0.320
35	3840	1.319	5.027	0.999	0.199	0.04	0.20	0.201
36	3880	0.678	1.316	0.456	0.346	0.04	0.12	0.053
	3900	0.117				0.02		
		26.098		26.098				6.831
			S =	26.17	%			

Rectángulo equivalente

Transformación geométrica, que permite representar a la cuenca, de su forma heterogénea, con la forma de un rectángulo que tiene:

- La misma área y perímetro (y por lo tanto el mismo índice de compacidad o índice de Gravelious)
- Igual distribución de alturas (y por lo tanto igual curva hipsométrica)
- Igual distribución de terreno, en cuanto a sus condiciones de cobertura.
- Las curvas de nivel se convierten en rectas paralelas al lado menor, siendo estos lados, la primera y última curvas de nivel.



Se toma el signo + para L
Se toma el signo - para l

$$L = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K} \right)^2} \right)$$

Area: $A = l \times L$
 Perímetro: $P = 2(l + L)$

$$l = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K} \right)^2} \right)$$

Con los resultados de las ecuaciones anteriores se dibuja un rectángulo de base l y de altura L y después se hallan los cocientes

$$L_1 = \frac{A_1}{l}, L_2 = \frac{A_2}{l}, L_3 = \frac{A_3}{l}, L_4 = \frac{A_4}{l}$$

Y estas magnitudes se llevan en el lado mayor del rectángulo

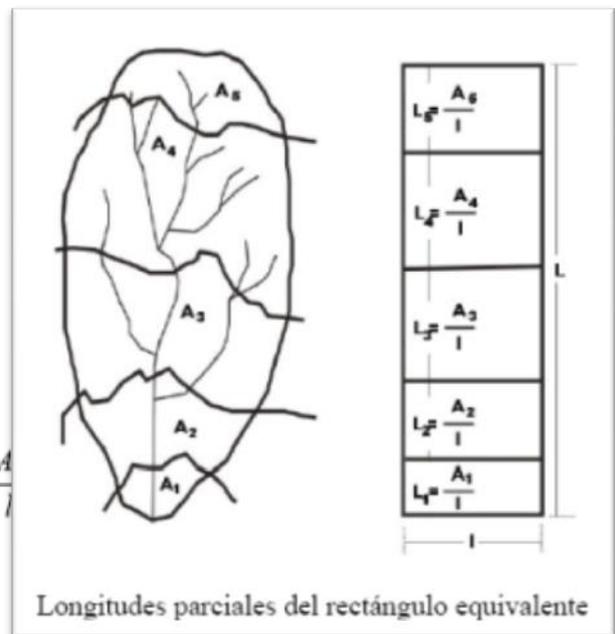


Tabla 21. Cálculo del Rectángulo equivalente

Nivel M	A Ha	A1 Ha	A2 Ha	Afinal Km2	Li km
2470	0.0			0.000	0
2480	1228.9			0.001	0.001
2520	16100.7			0.016	0.007
2560	41751.1			0.042	0.019
2600	95764.4			0.096	0.044
2640	102888.3			0.103	0.048
2680	143291.0			0.143	0.066
2720	297099.8			0.297	0.138
2760	249076.0			0.249	0.115
2800	235200.9			0.235	0.109
2840	215616.2			0.216	0.100
2880	250526.5			0.251	0.116
2920	510700.2			0.511	0.237
2960	627459.1			0.627	0.291
3000	504115.8	86840.1		0.591	0.274
3040	2919.4	74584.4	687913.4	0.765	0.355
3080	25802.9	117991.8	671483.9	0.815	0.378
3120	647.7	119987.5	599246.0	0.720	0.334
3160	116963.7	645359.7		0.762	0.353
3200	557992.1	116538.5		0.675	0.313
3240	36672.3	608992.3		0.646	0.299
3280	5696.8	680457.4		0.686	0.318
3320	722391.6			0.722	0.335
3360	727615.1			0.728	0.337
3400	727629.2			0.728	0.337
3440	562984.3			0.563	0.261
3480	648393.9			0.648	0.300
3520	717407.7			0.717	0.332
3560	889888.2			0.890	0.412
3600	1136764.7			1.137	0.527
3640	1806695.9			1.807	0.837
3680	1677990.8	14239.6	109354.8	1.802	0.835
3720	2048211.0			2.048	0.949
3760	20415.6	1543773.5		1.564	0.725
3800	2183347.7			2.183	1.012
3840	100202.8	1219140.8		1.319	0.611
3880	65348.5	72123.1	540337.3	0.678	0.314
3900	107884.7	9367.9		0.117	0.054
				26.098	12.09

L=12.09km l=2.16

H=1430m

Curva hipsométrica

Es la representación gráfica del relieve de la cuenca, se logra por medio de las cotas del terreno en función de las superficies correspondientes. Para su representación se utiliza un gráfico similar a un perfil topográfico (en las ordenadas las alturas y en las abscisas las superficies). La curva hipsométrica permite caracterizar el relieve, una pendiente fuerte en el origen hacia cotas inferiores indica llanuras o zonas planas, si la pendiente es muy fuerte hay peligro de inundaciones. Una pendiente muy débil en el origen revela un valle encajonado, y una pendiente fuerte hacia la parte media significa una meseta.

Esta curva representa el área drenada variando con la elevación de la superficie de la cuenca, de igual manera se puede ver la variación media de la cuenca. También se la puede asociar con la edad del río, siendo las comparaciones las siguientes curvas:

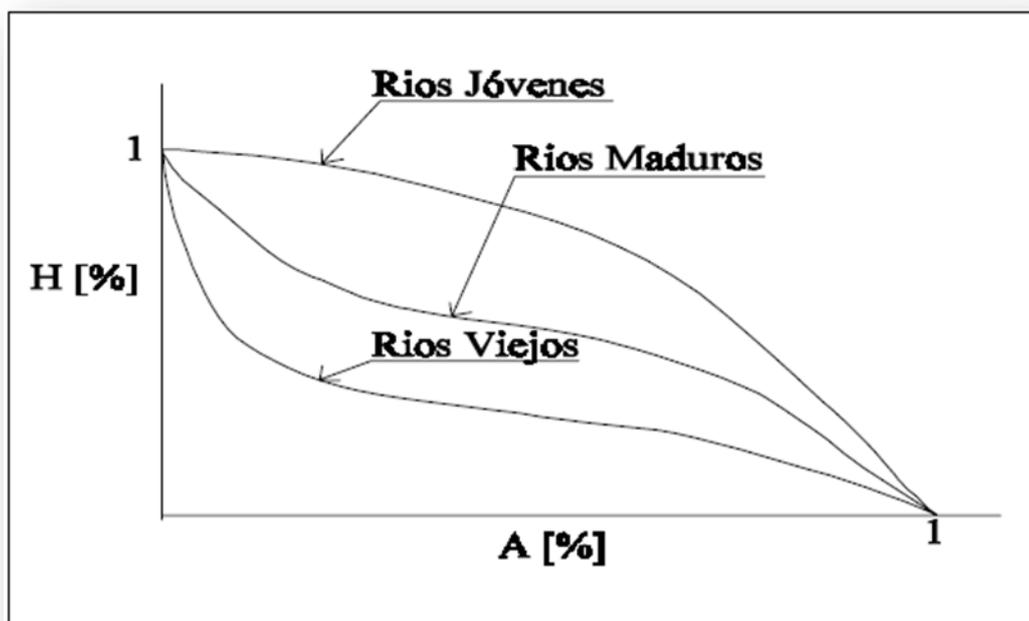


Figura 77. Curvas hipsométricas características.

Tabla 22. Datos necesarios para la Curva Hipsométrica

No.	Elevación	total Area (Ha)	Total Area Acumulada (Ha)	Areas que quedan sobre las altitudes	% De Area del Total	% Del Total que queda sobre la altitud
1	2470	0,0	0,0	2609,8	0,0	100,0
2	2480	0,1	0,1	2609,7	0,0	100,0
3	2520	1,6	1,7	2608,1	0,1	99,9
4	2560	4,2	5,9	2603,9	0,2	99,8
5	2600	9,6	15,5	2594,3	0,4	99,4
6	2640	10,3	25,8	2584,0	0,4	99,0
7	2680	14,3	40,1	2569,7	0,5	98,5
8	2720	29,7	69,8	2540,0	1,1	97,3
9	2760	24,9	94,7	2515,1	1,0	96,4
10	2800	23,5	118,2	2491,6	0,9	95,5
11	2840	21,6	139,8	2470,0	0,8	94,6
12	2880	25,1	164,9	2444,9	1,0	93,7
13	2920	51,1	216,0	2393,8	2,0	91,7
14	2960	62,7	278,7	2331,1	2,4	89,3
15	3000	59,1	337,8	2272,0	2,3	87,1
16	3040	76,5	414,3	2195,5	2,9	84,1
17	3080	81,5	495,8	2114,0	3,1	81,0
18	3120	72,0	567,8	2042,0	2,8	78,2
19	3160	76,2	644,0	1965,8	2,9	75,3
20	3200	67,5	711,5	1898,3	2,6	72,7
21	3240	64,6	776,1	1833,7	2,5	70,3
22	3280	68,6	844,7	1765,1	2,6	67,6
23	3320	72,2	916,9	1692,9	2,8	64,9
24	3360	72,8	989,7	1620,1	2,8	62,1
25	3400	72,8	1062,5	1547,3	2,8	59,3
26	3440	56,3	1118,8	1491,0	2,2	57,1
27	3480	64,8	1183,6	1426,2	2,5	54,6
28	3520	71,7	1255,3	1354,5	2,7	51,9
29	3560	89,0	1344,3	1265,5	3,4	48,5
30	3600	113,7	1458,0	1151,8	4,4	44,1
31	3640	180,7	1638,7	971,1	6,9	37,2
32	3680	180,2	1818,9	790,9	6,9	30,3
33	3720	204,8	2023,7	586,1	7,8	22,5
34	3760	156,4	2180,1	429,7	6,0	16,5
35	3800	218,3	2398,4	211,4	8,4	8,1
36	3840	131,9	2530,3	79,5	5,1	3,0
37	3880	67,8	2598,1	11,7	2,6	0,4
38	3900	11,7	2609,8	0,0	0,4	0,0

2609,8

100,0

Como se indica en el gráfico de la curva hipsométrica, se puede catalogar a la microcuenca del Río Zhurucay como un Río joven. La pendiente en la parte inicial superior nos indica que podría generarse peligro de inundación, ya que la pendiente tiende a ser pronunciada en esta parte; la parte media de la curva mantiene una pendiente fuerte lo que significa que hay cambios bruscos en el relieve lo que confirma el valor obtenido para la pendiente media. También de esta curva podemos obtener la elevación media, valor que corresponde que se obtiene entrando por el eje de las abscisas con el valor del 50 % del área, lo que da para nuestro caso un valor de elevación media de 3542.28 msnm.

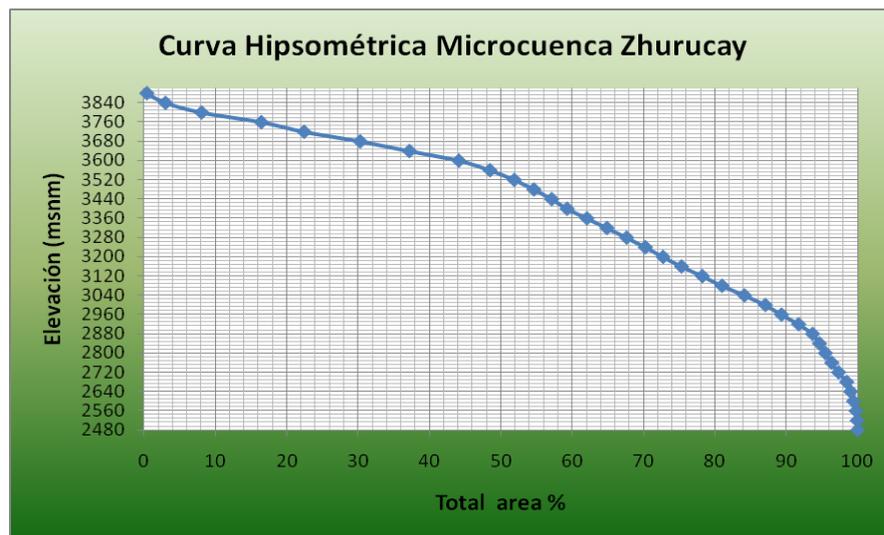


Figura 78. Gráfico de la curva hipsométrica

De esta misma curva se puede obtener **la relación hipsométrica**, la misma que es un indicador del estado de equilibrio dinámico de la cuenca, dice que si esta relación da como resultado 1, la cuenca se encuentra en equilibrio morfológico; ésta relación se expresa mediante:

$$Rh = \frac{As}{Ai} = \frac{1219.3}{2512.7} = 0.49$$

En donde:

Rh: Relación hipsométrica

As: Área sobre la curva

Ai: Área bajo la curva

Parámetros Relativos a la Red Hidrográfica

Densidad de Drenaje

En la microcuenca del Río Zhurucay se realizó un levantamiento de todos los ríos y quebradas y se pudo obtener los datos constantes en la siguiente tabla.

Tabl 23. Número y Longitud de los Drenajes de la Microcuenca Zhurucay

	Nº DE RIOS	LONGITUD
Minicuenca Zhurucay	73	29.12
Minicuenca Cristal	33	20.27
Río Principal	1	11.83
TOTAL	107	61.22

Por lo general la densidad de drenaje se considera como un indicador de la dinámica, del tipo de escorrentía de superficie y de la estabilidad de la red hidrográfica de la cuenca. Esta densidad de drenaje depende de las condiciones climáticas; como pueden ser la precipitación anual media o de la intensidad de lluvia. La densidad de drenaje es un indicador de la respuesta de la cuenca ante un aguacero, y, por tanto, condiciona la forma del hidrograma resultante en el desagüe de la cuenca. A mayor densidad de drenaje, más dominante es el flujo en el cauce frente al flujo en ladera, lo que se traduce en un menor tiempo de respuesta de la cuenca. Según Horton la densidad de drenaje se puede cuantificar con la siguiente relación:

$$Dd = \frac{Lt}{A} = \frac{61.22Km}{26.10Km^2} = 2.35 Km/Km^2$$

En donde:

Dd: Densidad de drenaje.

Lt: Longitud total de drenajes

A: área de la cuenca

También se lograron encontrar dos afloramientos (ojos de agua), uno ubicado en la parte media UTM 698781 9657037,32 y otro en la parte baja UTM 696218, 9653947, 2656.



Figura 79. Afloramientos de agua

Pendiente media de un cauce (Pc)

Representa la inclinación promedio de un cauce parcial o del cauce principal de la cuenca. Existen varios métodos:

Pendiente uniforme

Considera la pendiente del cauce como, la relación entre el desnivel que hay entre los extremos del cauce y la proyección horizontal de su longitud.

$$P_c = \frac{\text{Haltura Máxima} - \text{Haltura Mínima}}{\text{Longitud del Cauce Principal}} = \frac{3830m - 2470m}{11833.4m} = 0.11$$

$$P_c = 11\%$$

Donde: H máxima es la altura (cota) máxima del cauce.

H mínima es la altura (cota) Mínima del cauce.

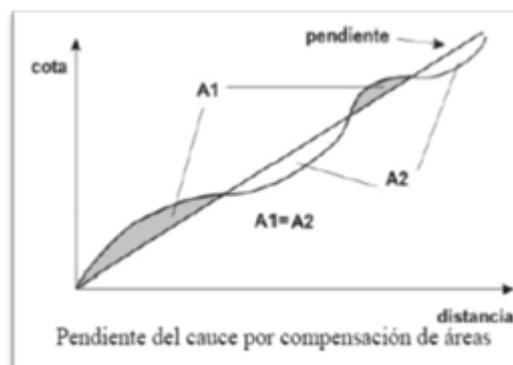
L Longitu del cauce

Compensación de Áreas

Consiste en elegir la pendiente de una línea que se apoya en el extremo final del tramo por estudiar, y que tiene la propiedad de contener la misma área (abajo y arriba) respecto al perfil del cauce.

El proceso para su cálculo es como sigue:

1. Trazar el perfil longitudinal del cauce
2. Trazar una línea apoyada en el extremo final y que divida el perfil longitudinal en áreas por encima y por debajo de ella



3. Calcular las áreas por encima (A1) y por debajo (A2)
4. Si estas áreas son aproximadamente iguales $A1 = A2$ la línea trazada representa la pendiente del cauce

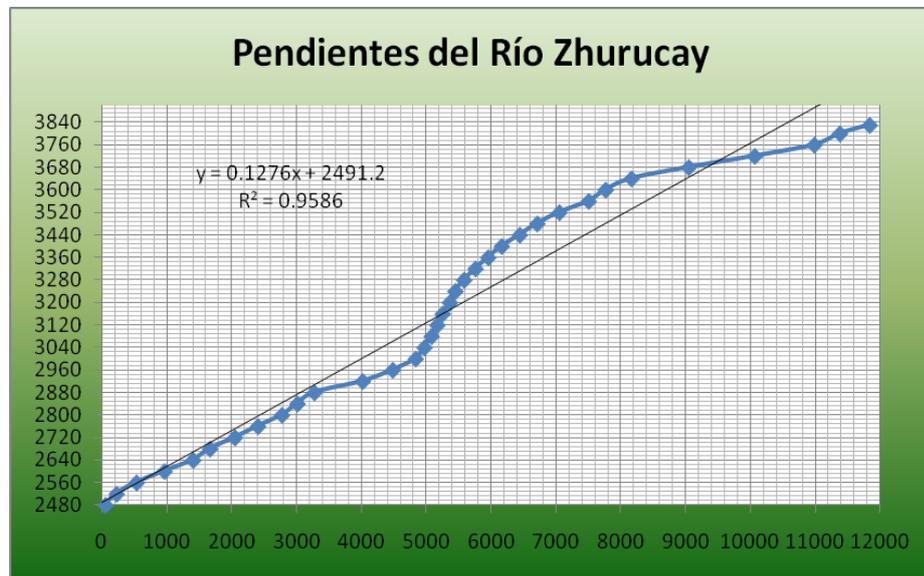


Figura 80. Pendiente del cauce por compensación de áreas

Sistema de drenaje (Número de orden de la cuenca)

El sistema más utilizado para esta clasificación es el llamado “**Horton-Strahler**”, el mismo establece que: las redes de drenaje pueden ser representadas como árboles, los cuales están conformados por un conjunto de nodos conectados unos a otros por segmentos de recta de manera que cada nodo tiene solo una ruta hacia la salida. Los nodos que se conectan a un solo segmento son llamados fuentes y los que conectan a más de uno son llamados

uniones. Además los segmentos que se conectan a una fuente y a una unión se los denomina tramos exteriores o externos y a aquellos que se conectan a dos uniones se les denomina tramos interiores o internos. Se considera que la cuenca tiene una única salida o punto de desagüe; Los puntos en los que se unen dos segmentos de canal son los nudos internos; Los nudos externos son aquellos a partir de los cuales se origina un segmento de canal (es decir, la cabecera de todos los tributarios de la cuenca); Según Strahler una corriente puede tener uno o más segmentos. Un canal es una unión arbitraria de segmentos (e.j. canal principal). Strahler ordena las corrientes de acuerdo los siguientes criterios:

Los segmentos que se originan en un nudo externo son definidos como tramos de primer orden. Los segmentos que están unidos a una fuente (los que no tienen tributarios), son definidos como de primer orden.

Cuando dos segmentos del mismo orden, i , se unen en un nudo interior dan lugar a un segmento de orden superior, 2 aguas abajo. Cuando se unen dos corrientes de orden 2 crean una corriente de orden 3 , etc..

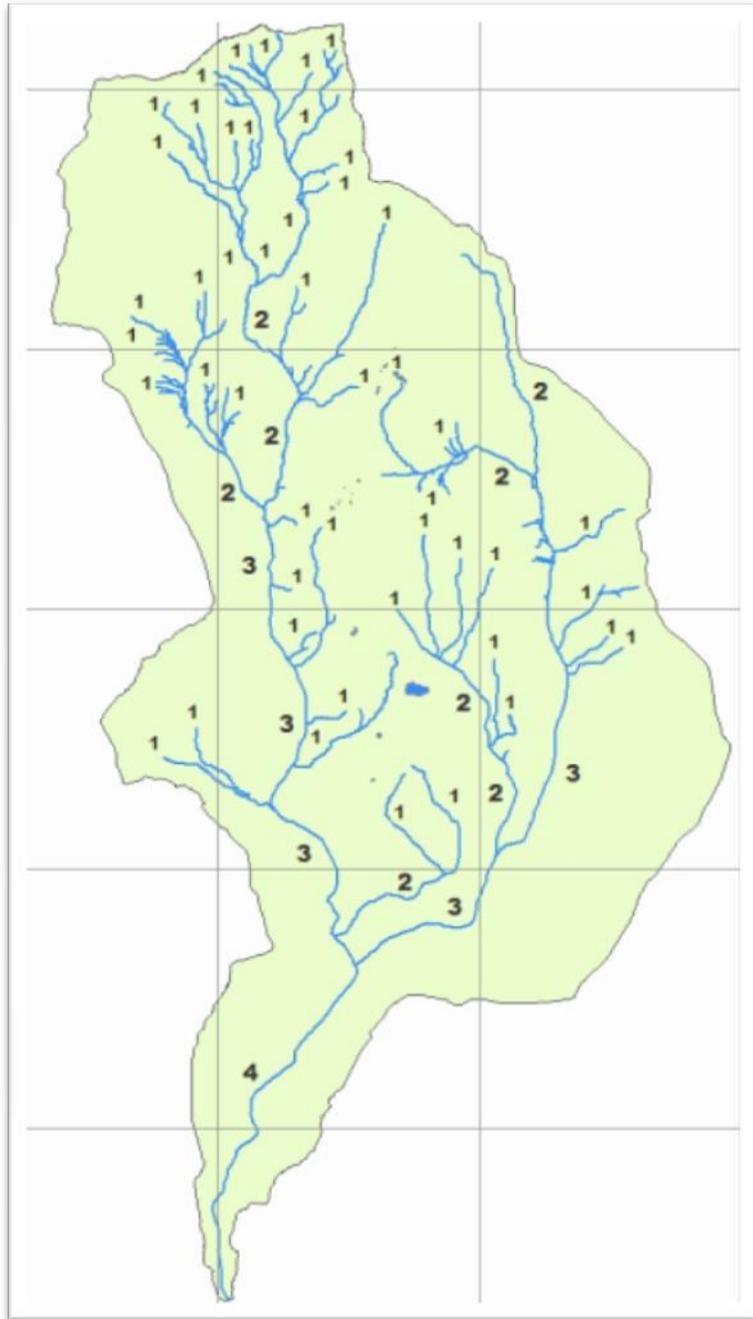


Figura 81. Densidad de drenaje de la microcuenca Zhuruqay.

Cuando se unen dos tramos de distinto orden en un nudo interior dan lugar a un tramo que conserva el mayor de los órdenes. Cuando se unen dos tramos de distinto orden el orden del segmento resultante es el máximo orden

de los segmentos que la preceden. Cuando a una corriente se le une otra de menor orden, la primera continúa y conserva su número de orden.

El orden de la cuenca, es el de la corriente de mayor orden y para nuestro caso es del orden 4

Tiempo de concentración

También denominado tiempo de respuesta o de equilibrio, LLamas (1993) lo define como el tiempo requerido para que, durante una lluvia uniforme, se alcance el estado estacionario; es decir, el tiempo necesario para que todo el sistema (toda la cuenca) contribuya eficazmente a la generación de flujo en el desagüe. Se atribuye muy comúnmente el tiempo de concentración al tiempo que tarda una partícula de agua caída en el punto de la cuenca más alejado (según el recorrido de drenaje) del desagüe en llegar a éste. Esto no se corresponde con el fenómeno real, pues puede haber puntos de la cuenca en los que el agua caída tarde más en llegar al desagüe que el más alejado. Además, debe tenerse claro que el tiempo de concentración de una cuenca no es constante; depende, como indican Marco y Reyes (1992), de la intensidad de la lluvia, aunque muy ligeramente. Por tener el concepto de tiempo de concentración una cierta base física, han sido numerosos los autores que han obtenido formulaciones del mismo, a partir de características morfológicas y

geométricas de la cuenca. **Kirpich** plantea la siguiente expresión para determinar el tiempo de concentración:

$$T_c = 0.01947 (L)^{0.77} (S)^{-0.385}$$

$$T_c = 0.01947 (11833.43m)^{0.77} (0.11m/m)^{-0.385}$$

$$T_c = 61.29 \text{ min}$$

En donde:

Tc: Tiempo de concentración (min)

L: Longitud del cauce principal (m)

S: Pendiente promedio del recorrido principal (m/m).

Extensión media del escurrimiento superficial

Es la distancia media en donde el agua tendrá que escurrirse sobre los terrenos de la cuenca, suponiendo que la escorrentía se diese en línea recta desde donde la lluvia cayó hasta el punto más próximo al lecho de una corriente cualquiera de la cuenca. La expresión matemática que permite su cálculo es:

$$l = \frac{A}{4L} = \frac{26.10Km^2}{4(49.39km)} = 0.13Km$$

Donde:

I: extensión media del escurrimiento superficial (Km)

L: longitud de las corrientes de agua en la cuenca hidrográfica (Km)

A: Área de drenaje total de la cuenca (Km²)

Remplazando los datos de nuestra micro cuenca se tiene que la extensión media del escurrimiento superficial es de 0.13 Km

CAPITULO V

RECURSOS HIDRICOS DE LA MICROCUENCA

Sistema Hidrográfico Regional

La Microcuenca del Río Zhurucay está considerada como una microcuenca alta que drena en sentido norte sur y se la puede considerar como un afluente principal de la Subcuenca del Río Rircay, mismo que aguas abajo se une con el Río Girón y posteriormente con el Río León para formar el Río Jubones nombre con el cual llega hasta el océano Pacífico.

Según la información cartográfica del IGM, se define el inicio del río Jubones a partir de la unión del río León con el río Rircay, en la cota 960 m s.n.m junto a la población denominada como Jubones.

La cuenca del río Jubones está ubicada en la vertiente occidental de la Cordillera de los Andes con una orientación Este – Oeste. Sus aguas drenan en una cuenca de 4.362 km² desde la Cordillera Occidental al oeste de Nudo del Portete, en el cerro denominado Fierro (4.137 m s.n.m.) hasta su desembocadura en el Océano Pacífico. Presenta una longitud de cauce de 180 km, constituyéndose la sexta cuenca más grande de la vertiente Occidental y la décima segunda a nivel nacional.



Figura 82. Ubicación geográfica a nivel nacional

La cuenca del Río Jubones se encuentra integrada por 10 subcuencas, 79 microcuencas que integran a 99 Ríos principales.

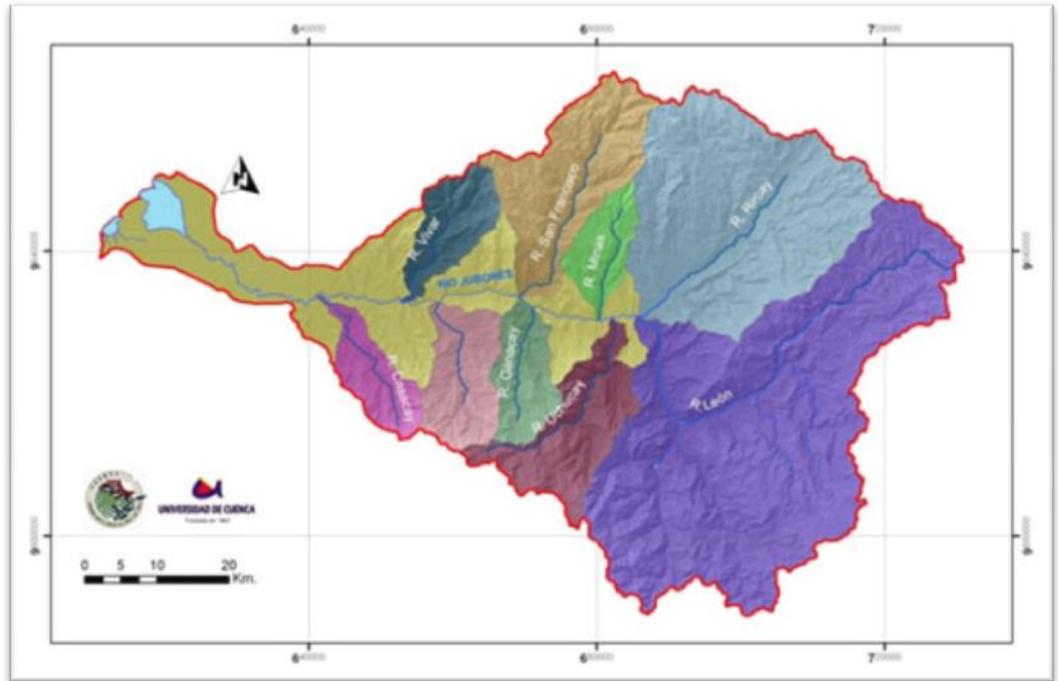


Figura 83. Ubicación geográfica por subcuencas

La cuenca hidrográfica del Río Jubones cubre jurisdiccionalmente a cuarenta y siete parroquias y doce cantones en las provincias de Azuay, Loja y El Oro.

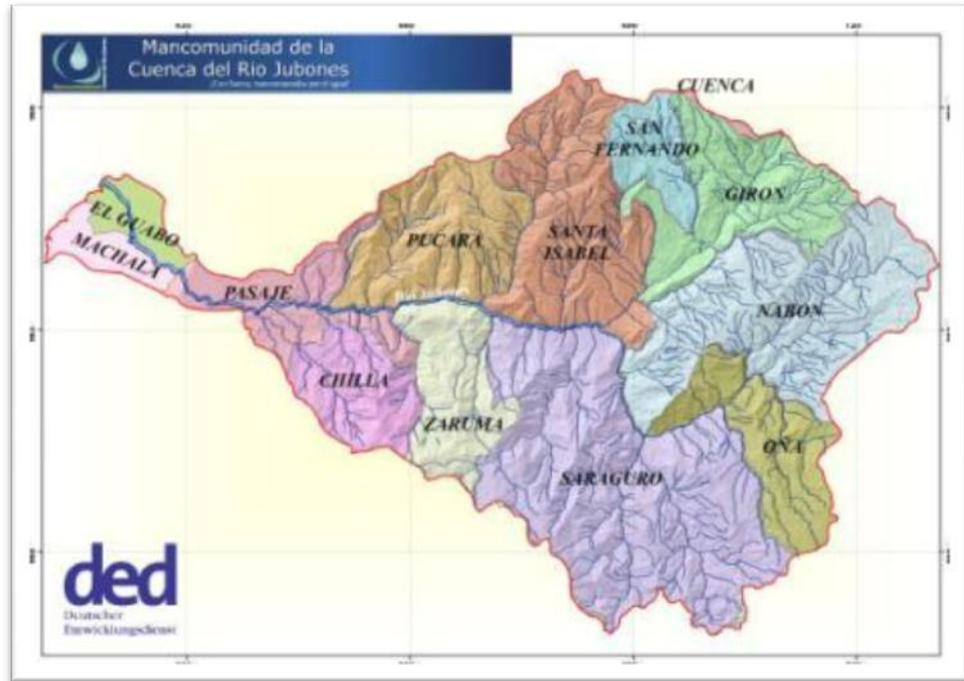


Figura 84. Ubicación geográfica a nivel de cuenca y cantones

Sistema Hidrográfico de la Microcuenca Zhurucay

La Microcuenca del Río Zhurucay está conformada por dos afluentes principales como son la quebrada Cristal-Alumbre y la Quebrada Zhurucay, esta última conformada por las quebradas Quinuas y el Chorro respectivamente.

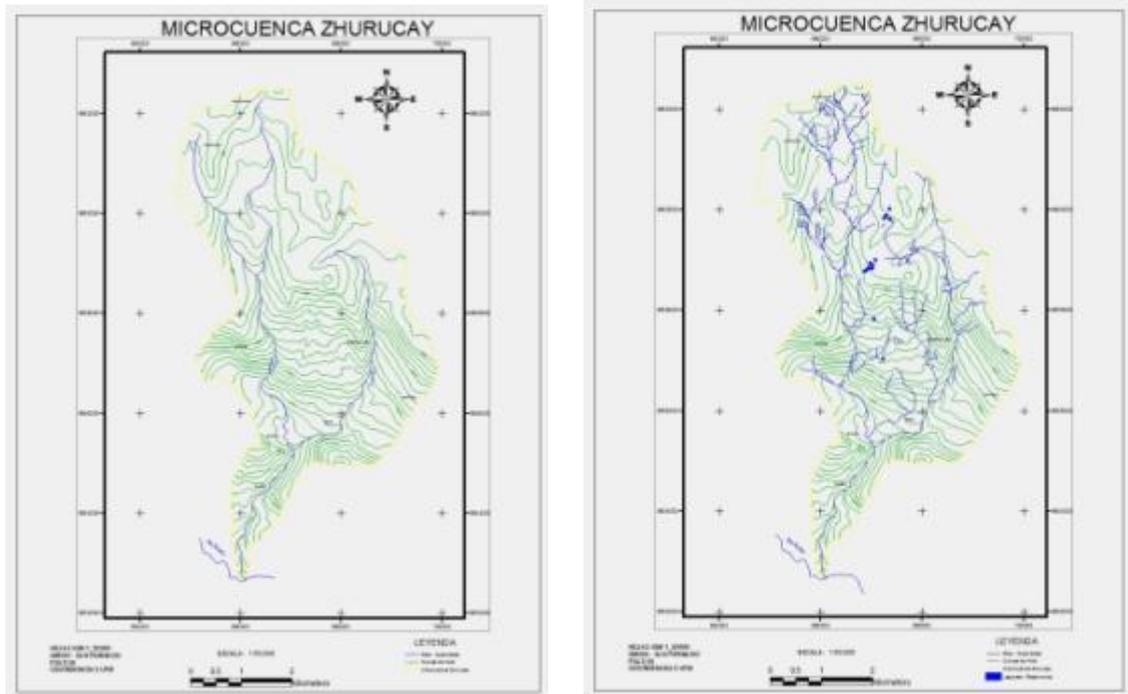


Figura 85. Comparación de la información hidrográfica antes y después del estudio

A los dos Ríos principales los alimentan 105 quebradas distribuidas 73 en el Río Zhurucay y 32 en el Cristal-Alumbre

Vertederos y secciones de medición

Para determinar el caudal que se genera en las diferentes vertientes que conforman la microcuenca fue necesario construir 9 vertederos de cresta delgada ubicados en puntos estratégicos 8 de los cuales son vertederos V (90°) y 1 es un vertedero rectangular,

El diseño fue proporcionado por los Técnicos del Grupo de Ciencias de la Tierra y Ambiente de la Universidad de Cuenca quienes son los ejecutores del Proyecto Cuantificación de los Servicios Hidrológicos de cuencas hidrográficas alto andinas SENACYT PIC-08-460.

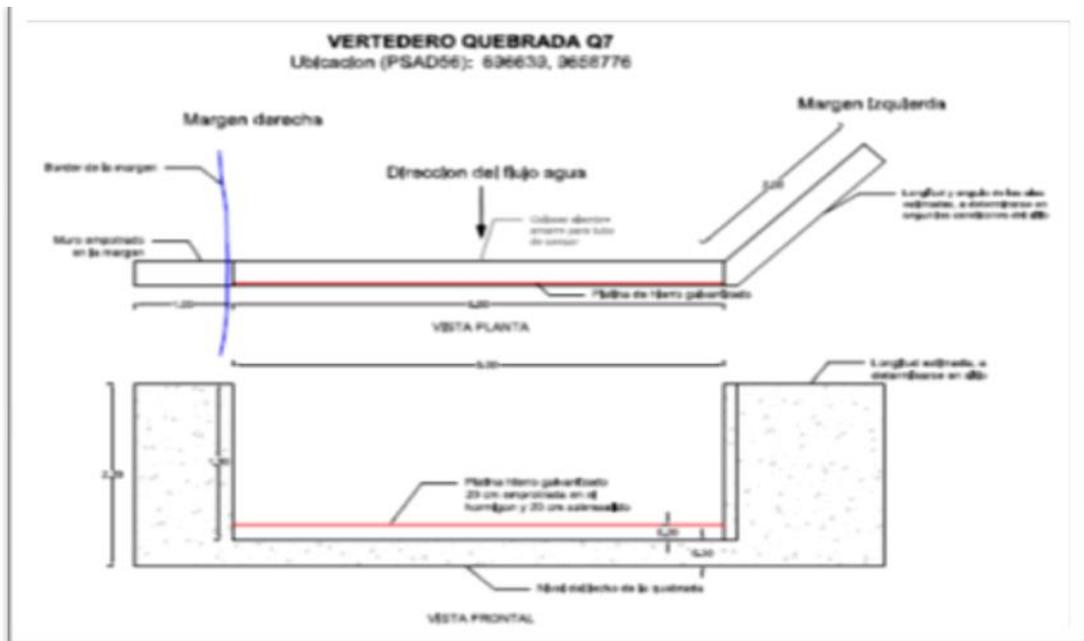


Figura 86. Diseño de vertedero horizontal



Figura 87. Construcción de vertederos



Figura 88. Diseño de vertedero de cresta delgada V



Figura 89. Construcción de vertederos

Realizando la medición de caudales se obtuvieron una secuencia de aforos diaria en cada vertedero construido.

Tabla 24. Coordenadas de ubicación de los vertederos

ID	Name	Longitud	Latitud
1	Q01	696476	9661330
2	Q02	696214	9661337
3	Q03	695951	9659805
4	Q04	696155	9661238
5	Q05	695407	9660219
6	Q06	695505	9659447
7	Q07	696506	9659908
8	Q08	696409	9659302
9	Q09	696639	9658776

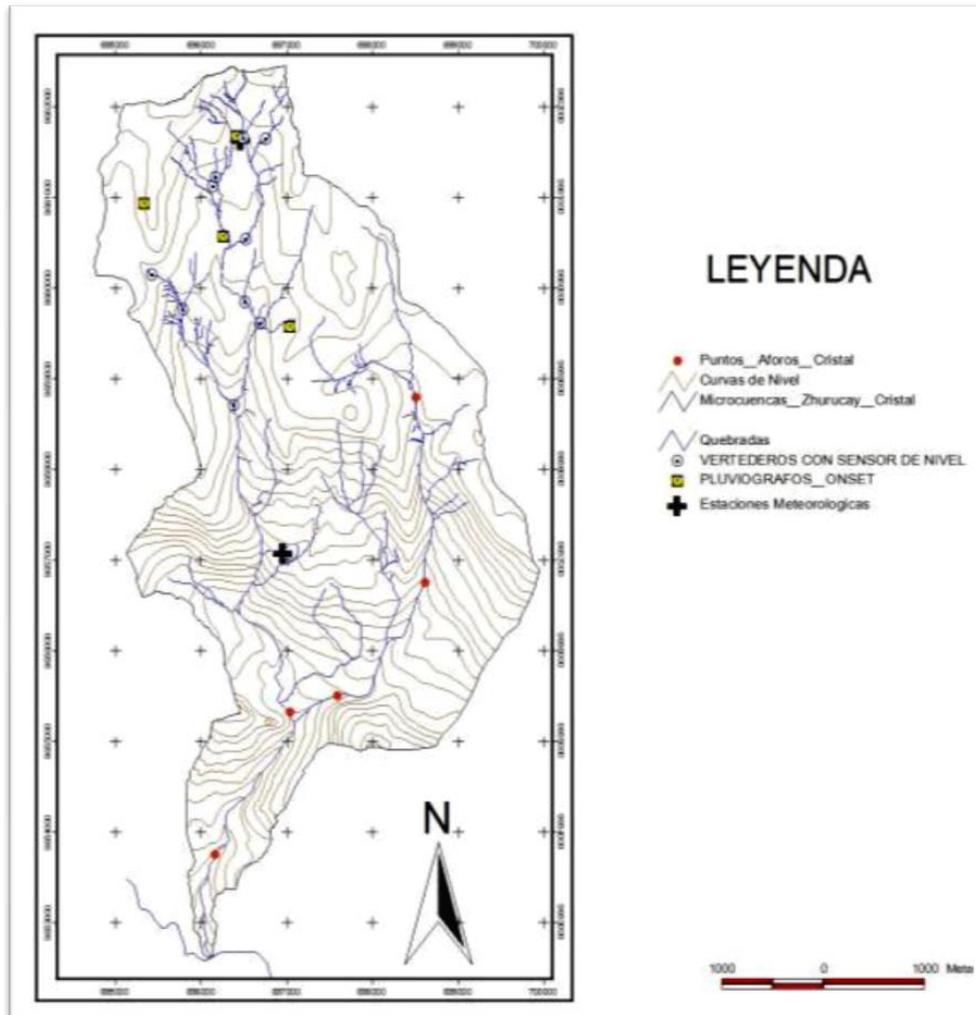


Figura 90. Ubicación de vertederos e instrumentos instalados

Instrumentos hidrométricos instalados

Para poder determinar el nivel de agua en cada uno de los vertederos construidos fue necesario instalar transductores de presión (DIVER-BARO). Todos los datos registrados por estos equipos, pueden ser descargados por el programa DIVER OFFICE de la marca Schlumberger. La relación Kindsvater-Shen (EE.UU. Bureau of Reclamation, 2001) se utiliza para convertir el nivel del agua en caudal.



Figura 91. Sensores de nivel instalados en los vertederos

Aforos

El aforo de caudales se lo estableció en cinco puntos estratégicos de la microcuenca dos en la parte alta dos en la parte media y uno en la parte baja y

se lo realizó de manera manual utilizando para ello un flujómetro con microprocesador de hélices (MINIATURE CURRENT METER MODEL OSS-PCI), en secciones bien definidas; únicamente en un punto (vertedero construido en la confluencia de las quebradas chorro y quinuas) está colocado un sensor de nivel de agua (transductores de presión absoluta) A futuro la idea es automatizar la toma de datos mediante la instalación de sensores de nivel de agua en cada uno de los vertederos.



Figura 92. Aforos en los diferentes puntos de control

Con la información generada se puede caracterizar la dinámica de la respuesta hidrológica respecto a eventos de lluvia en la microcuenca y de

manera particular de las dos minicuenas que conforman esta, nos referimos a la Quebrada Zhurucay y Cristal Alumbre.

Con los datos obtenidos de los caudales (Anexo 1) de los aforos realizados desde el mes de septiembre del 2010 hasta el 31 de mayo del año 2011 en los 5 puntos estratégicos se pudo analizar, comparar y resumir sus resultados en los siguientes hidrogramas

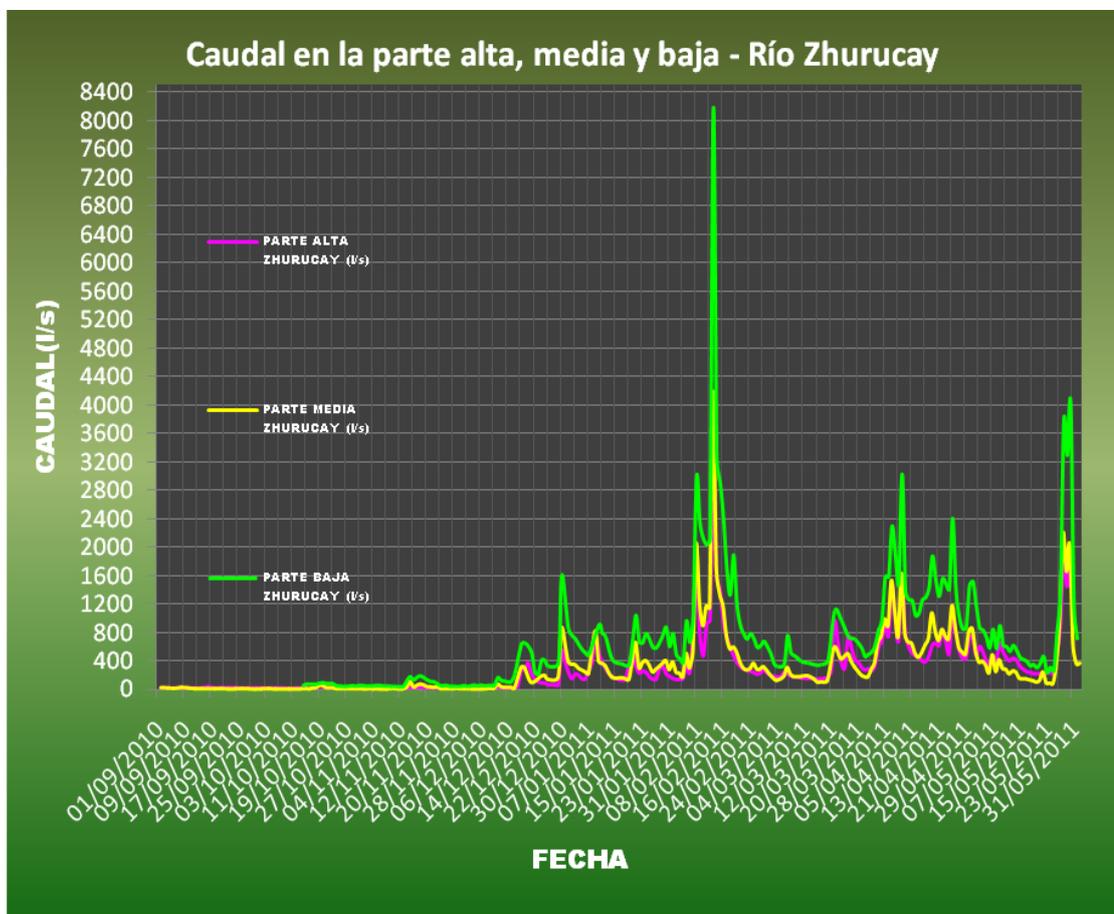


Figura 93. Hidrograma del Río Zhurucay

Tomando en cuenta el punto de control a la salida de la microcuenca con fecha 13 de febrero del 2011 se registró el caudal máximo de 8176.63 l/s mientras que el mínimo fue de 33.56 l/s el 12 de noviembre del 2010.

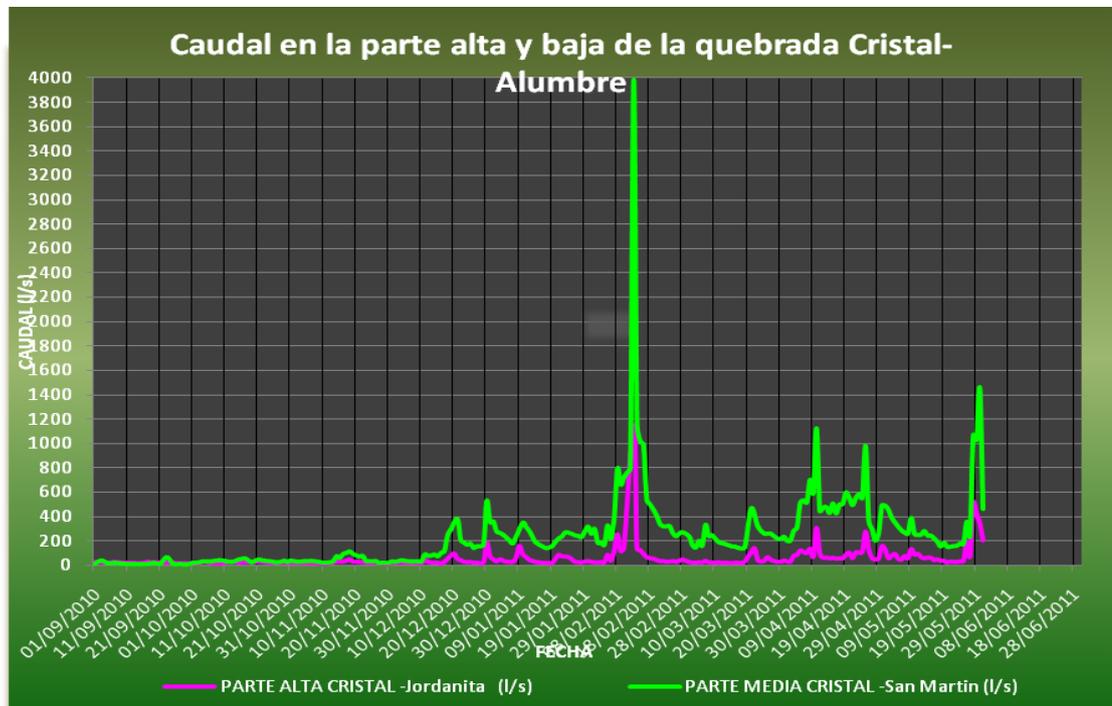


Figura 94. Hidrograma de la Quebrada Cristal Alumbre

Con los datos obtenidos durante el periodo de estudio y que corresponde a los meses de septiembre del año 2010 hasta mayo del 2011 se puede indicar que la época con menos caudal corresponde a los meses de septiembre, octubre, noviembre y mitad del mes de diciembre y a partir de esta época se inicia el incremento de caudal hasta finales del mes de mayo.



Figura 95. Caudal del Río en las épocas de invierno y verano.

Inventario de uso

Es importante contar con información sobre los usuarios y el uso del agua en la micro cuenca, para lo cual se procedió a levantar información en campo como un inventario de usuarios y sustentarla con la información del organismo competente (SENAGUA- Demarcación hidrográfica del Río Jubones).

Tabla 25. *Tabla resumen de los sistemas comunitarios de Riego existentes*

	Nombre del Sistema	C	Número de
	Sistema Comunitario "Aguarongos"	1	20
	Canal Alumbre	1	18
	Canal San Martín	2	23
	Canal Arrozpamba	2	20
	Canal Quinuas	2.	19
	Canal Tasqui	1	62
	Canal Rodeo	3.	20
	Canal		
	Canal		
	TOTAL		

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Existe una alta variabilidad espacial de la precipitación, como se pudo observar en la figura 3.9. Siendo la altitud la principal variable que afecta la cantidad de lluvia medida.

- La precipitación es la variable dominante en la generación espacial y temporal de caudal en los ríos de la cuenca de estudio durante los periodos húmedos. Mientras durante épocas secas las propiedades de los suelos existentes, principalmente Andosoles e Histosoles, son los responsables de la magnífica regulación de agua que se traduce en un alto flujo base.
- De acuerdo, al valor estimado para el tiempo de concentración basado en las características fisiográficas de la cuenca de alrededor de 61min, la cuenca responde rápidamente ante un evento de precipitación. Esto debido a que: en la zona la precipitación es constante durante el año, la gran cantidad de pequeñas vertientes aportantes al cauce principal que

drenan la cuenca, la humedad del suelo cercana a saturación la mayor parte del año y las zonas saturadas, comúnmente Histosoles, que producen flujo rápido directo hacia los cauces.

- De acuerdo al factor de forma la cuenca de estudio no es propensa a crecidas, pero esto puede ser contradictorio, debido principalmente a la precipitación constante durante el año y las razones expuestas anteriormente, hacen que la cuenca responda rápidamente frente a eventos extremos haciéndola propensa a crecidas.

- De la información recolectada y las observaciones de campo se han identificado dos principales tipos de escurrimiento, superficial o directo en zonas saturadas generalmente ubicadas en el fondo de valle con pendiente baja, en donde el principal tipo de suelo es el Histosol, y subsuperficial en zonas donde la pendiente es mayor o laderas, siendo en estos lugares los Andosoles los suelos dominantes, adicionalmente no existe evidencia de flujo Hortoniano en las laderas de acuerdo a las visitas de campo. Esto coincide con la literatura consultada.

- Desde el punto de vista geológico el régimen hidrológico de la cuenca es el resultado de la interacción del régimen de precipitaciones y temperaturas en la región con las características topográficas y

morfológicas de las cuencas, los tipos de suelos y su cobertura vegetal. El agua que fluye por las corrientes proviene de diversas fuentes y, con base a ella se considera el escurrimiento superficial, subsuperficial y subterráneo. Lo que hace que un río tenga mayor caudal en la zona baja o de salida que en la parte alta o de nacimiento.

- La parte media y alta de la microcuenca del Río Zhurucay a pesar de tener una larga historia de uso y perturbación por los distintos usos que se le ha dado, se mantiene todavía como un ecosistema con buena salud por su diversidad, endemismo y la presencia de especies indicadoras de buen estado de conservación.

- En cuanto a diversidad se refiere, Quimsacocha en su área de páramo con 235 especies de plantas registradas hasta el momento representa el 14,99% de la flora de páramos del Ecuador que tiene aproximadamente entre 1500 y 1524 especies (León – Yáñez 2000, Sklenar et al. 2005).

- En resumen, los ecosistemas presentes en la microcuenca presentan sitios alterados y sitios en buen estado de conservación, pero en general son ecosistemas diversos y conservados, en cuanto a su composición riqueza y endemismo son sitios muy interesantes y en varios casos

como ya lo analizamos superiores a otros sitios con características similares.

- Un grupo consultor de la Escuela de Biología del Medio Ambiente de la Universidad del Azuay realizó un estudio de calidad de agua en microcuencas colindantes y determinó que la microcuenca del Río Zhuruca y se constituye como la zona con mejor calidad ecológica de agua, mostrando valores de ABI promediado relativamente superiores con respecto a las áreas restantes.

- La zona de riesgo geológico (deslizamiento) constituye un peligro permanente para los propietarios de los terrenos que realizan sus labores diarias en dicha zona y sus alrededores

- Existe una mala distribución (permisos de uso de agua) del recurso hídrico de la microcuenca.

Recomendaciones

- Al término del presente proyecto, creo necesario que las instituciones dedicadas a la investigación y que se encuentran en la zona como es el caso del Grupo de Ciencias de la Tierra y el Ambiente y el Programa de Manejo de Agua y Suelo de la Universidad de Cuenca así como otras instituciones gubernamentales como la SENAGUA, amplíen este tipo de investigaciones y/o la complementen, a fin de que su información sirva para la toma de decisiones en proyectos encaminados a la protección, conservación y aprovechamiento equilibrado del recurso hídrico.
- Debe existir mayor interés y apoyo por parte de las autoridades de los gobiernos locales y organismos de control en la ejecución de proyectos de éste tipo, aún más tomando en cuenta la trascendencia que tiene el recurso hídrico en sus diferentes usos.
- Se hace necesario el diseño e implementación de un sistema que permita la gestión y acceso a información hidrometeorológica, generada en éste y otros proyectos, con el fin de conocer la realidad de cada zona en estudio

- Varios estudios relacionados con el presente tema, ahora si pueden desarrollarse a partir de los productos generados en este proyecto. Por ejemplo:
 - Lograr determinar un balance hídrico de la microcuenca y en función del mismo proceder con los permisos de uso y aprovechamiento del recurso hídrico
 - Plan de ordenamiento territorial con una propuesta de manejo de los recursos naturales
- Es necesario emprender en procesos permanentes de monitoreo de la vegetación de páramos, principalmente

BIBLIOGRAFIA

APARICIO, M. F. 1992. Fundamentos de Hidrología de Superficie. Editorial limusa s.a de c.v primera edición 1989, primera reimpresión 1992 méxico

Asamblea Nacional Constituyente. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Recuperado de

http://www.asambleanacional.gov.ec/documentos/constitucion_de_bolsillo

-

BACUILIMA, F. L., J. C. BACUILIMA, y W. A. BERMEO (1999), Caracterización de clima por microcuencas en el Austro Ecuatoriano. Master thesis, 120pp, Facultad de Ingeniería, Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.

Baquero, F., Sierra, R., L. Ordóñez, M. Tipán, L. Espinosa, M. B. Rivera y P. Soria. 2004. La Vegetación de los Andes del Ecuador. Memoria explicativa de los mapas de vegetación: potencial y remanente a escala 1:250.000 y del modelamiento predictivo con especies indicadoras. EcoCiencia/CELSA/Corporación EcoPar/MAG SIGAGRO/CDC – Jatun Sacha/División Geográfica IGM. Quito.

Barrenechea, A (2010). *Aspectos físico químicos de la calidad de agua*. Recuperado de

<http://cdam.minam.gob.pe:8080/bitstream/123456789/109/2/CDAM0000012-2.pdf>

Borja, P. y J. Garrido (2003), Análisis de las Características Hidrofísicas de los Andosoles y la Influencia del Uso del Suelo en su Capacidad de Retención de Agua. Tesis Pregrado. PROMAS- Universidad de Cuenca

- Buytaert, W. (2004), The properties of the soils of the south Ecuadorian páramo and the impact of land use changes on their hydrology, Ph.D. dissertation, 228pp, Katholieke Universiteit Leuven, Leuven, Belgium.
- Buytaert, W., B. De Bievre, G. Wyseure, y J. Deckers (2005), The effect of land use changes on the hydrological behaviour of Histic Andosols in south Ecuador, Hydrol. Proc., 19(20), 3985-3997.
- Buytaert, W., R. Celleri, B. De Bievre, F. Cisneros (2004), Hidrología del Páramo Andino: Propiedades, Importancia y Vulnerabilidad. Publicación Digital en la página Web de Wouter Buytaert <http://www.paramo.be/pubs/ES/Hidroparamo2.pdf> Búsqueda realizada el 15 de septiembre del 2010.
- Buytaert, W., V. Iñiguez, y B. De Bievre (2007), The effects of afforestation and cultivation on water yield in the Andean páramo, Forest Ecol. Manag., 251, 22-30.
- Cajamarca, D. y G. Tenorio (2009), Estudio Geomorfológico y de Suelos del Paramo de Quimsacocha. Tesis Pregrado. PROMAS- Universidad de Cuenca
- Castaño, C. (2002), Páramos y ecosistemas alto andinos de Colombia en condición hotspot y global climatic tensor, Open file Rep., 65pp., IDEAM, Bogotá, Colombia
- CATIE. (2006). Curso de especialización en Gestión integral de cuencas hidrográficas, Turrialba Costa Rica
- CELEC. (2012). Descripción general de la Cuenca del Río Paute. Recuperado de <http://www.celec.com.ec/hidropaute/index.php/es/cuenca-del-rio-paute>

- Chang, J. (2010).ESPOL. *Calidad del Agua*. Recuperado de <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6145/2/Calidad%20de%20Agua%20Unidad%201,2,3.pdf>
- Cierjacks, A.; Wesche, K. & Hensen, I. 2007. Potential lateral expansion of Polylepis forest fragments in Central Ecuador. En: *Forest Ecology and Management*. 242: 477 – 486.
- Colegio de Ingenieros del Perú. (2011). Características y Diagnóstico de una Cuenca Hidrográfica para alcanzar el Desarrollo Sostenible <http://www.rtvciplima.com/2010/06/23/caracteristicas-y-diagnostico-de-na-cuenca-hidrografica-para-alcanzar-el-desarrollo-sostenible/>
- Crespo, P., R. Celleri, W. Buytaert, V. Iñiguez, P. Borja, B. De Biebre, F. Cisneros y J. Feyen (2009), Land use change impacts on the hidrology of Andean páramo ecosystems. In: a. herrmann and S. Shumann (eds), extended abstracts of the international EWorkshop on Status and Perspectives of Hidrology in Samall Basins, 30 March – 2 Abril, Goslar – Hahnenklee, Republic of Germany, J. of Landschaftsokologie und Umwltforschung, 306pp.
- De Biebre, B., V. Iñiguez y W. Buytaert (2006), Hidrología del Páramo: Importancia, propiedades y vulnerabilidad. Conocer para conservar. Publicación digital en la página web de Wouter Buytaert. <http://www.paramo.be/pubs/ES/Hidroparamo.pdf> Búsqueda realizada el 15 de julio del 2010.
- Dlforpa. 2001. Diversidad Forestal de la Cuenca del Río Paute. Proyecto BID – FUNDACYT.
- FAO/ISRIC/ISSS (1998), World Reference Base for Soil Resources. World Soil Resources Report 84, 88pp., FAO, Rome.

Herramienta para la Caracterización Geomorfológica de Cuencas Hidrográficas. José Guadalupe Valtierra, Dr. Miguel Ángel Domínguez, Centro Queretano de Recursos Naturales Universidad Autónoma de Querétaro.

Holdridge, L. R. 1947. Determination of World Plant Formations from Simple Climatic Data. Science Vol 105 No. 2727: 367-368

IAMGOLD (2006), Reporte de exploración. IAMGOLD Ecuador S.A., Tech. Rep., 120pp, IAMGOLD Ecuador S.A., Cuenca, Ecuador.

IAMGOLD (2010), Levantamiento de línea base ambiental (componente biótico realizado por Decanato de investigaciones de la Universidad del Azuay), IAMGOLD Ecuador S.A., Cuenca, Ecuador.

León Yáñez S. 2000 La flora de los páramos Ecuatorianos. Serie Páramo (Biodiversidad) 7: 5-21

Londoño, C. (2010) Bases conceptuales de Cuencas Hidrográficas. Recuperado de <http://ingenieriaforestalut.blogspot.com/2010/08/libro-cuencas-hidrograficas-bases.html>

Luteyn, J. L. 1992. Páramos: Why study them? En: Páramo: an Andean ecosystem under human influence. (H. Balslev y J. L. Luteyn, eds.) London Academic Press p. 1 -14. andes/par/veg.

Mena, P. y G. Medina (2001), La Biodiversidad de los Páramos en el Ecuador. En : Mena V., P., G. Medina Y R. Hofstede (Eds). 2001. "Los Páramos del Ecuador. Particularidades, Problemas y Perspectivas". Editorial Abya Yala. Quito-Ecuador.

Minga, D. & verdugo, A. 2007. Flora del parque Nacional Cajas. Informe técnico no publicado.

Ministerio de Ambiente (2002). *Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ecuador TULAS*. Recuperado de <http://www.quitoambiente.gob.ec>

Obolog. (2009). Delimitación de una cuenca Hidrográfica. Recuperado de <http://franklinmc.obolog.com/delimitacion-cuenca-hidrografica-233721>

ORGANIZACIÓN METEOROLOGICA MUNDIAL OMM. Guía de Practicas Hidrológicas. Adquisicion y proceso de datos. Análisis, predicción y otras aplicaciones Quinta edición 1994

Prat, W. T., J. F. Figueroa, y B. G. Flores (1997), Geology and mineralization of the area between 3 and 48S, Western Cordillera, Ecuador. Open File Report, WCr97r28, British Geological Survey.

PROMAS/IAMGOLD (2009), Elaboración de la línea base en hidrología de los páramos de Quimsacocha y su área de influencia. Tech. Rep., 68 pp., Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.

Rodríguez, M (2011). *Estudio de la diversidad florística a diversas altitudes en el páramo de almohadillas de la comunidad Yatzaputzán, cantón Ambato.* (Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo) Recuperado de <http://rapi.epn.edu.ec/?page=record&op=view&path%5B%5D=45830>

Sierra, R., 1999. Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental. Proyecto INEFAN / GDF – BIRF y EcoCiencia. Quito, Ecuador.

Tapia, M. (2012) Conceptos sobre cuencas hidrográficas. Recuperado de http://www.cepes.org.pe/pdf/OCR/Partidos/manejo_integral_microcuencas/manejo_integral_microcuencas2.pdf

Tobón, C. (2009). *Los bosques andinos y el agua*. (Serie investigación y sistematización #4). Quito: Programa Regional ECOBONA – INTERCOOPERATION, CONDESAN.

UDA. (2012) Geomática – División Política. Recuperado de http://gis.uazuay.edu.ec/atlas_jubones/canton.html

Ulloa, C., S. Alvarez, P. Jorgensen, y D. Minga (2005), Cien Plantas Silvestres del Páramo, Parque Nacional Cajas, Azuay Ecuador. ETAPA. Cuenca, Ecuador. Publicación digital en la página web del Missouri Botanical Garden (USA)

Valcarcel, L. Alberro, N. y Frías, D. (2010). El índice de calidad de agua como herramienta para la gestión de los recursos hídricos. *Medio ambiente y desarrollo: Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente Cuba*.

Yungán, J. (2010). *Estudio de la calidad de agua en los afluentes de la microcuenca del río Blanco para determinar las causas de la degradación y alternativas de manejo*. (Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo) Recuperado de <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/579>