

**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**EVALUACIÓN DE LAS FUENTES HÍDRICAS DEL PROYECTO DE  
RIEGO ALTO BAMBITO, QUEBRADA VALLEJOS Y QUEBRADA LAS  
NUBES, TIERRAS ALTAS, PROVINCIA DE CHIRIQUÍ**

**MICHAEL G IBARRA B.  
4-791-2240**

**DAVID, CHIRIQUÍ  
REPÚBLICA DE PANAMÁ**

**2023**

**EVALUACIÓN DE LAS FUENTES HÍDRICAS DEL PROYECTO DE RIEGO ALTO BAMBITO, QUEBRADA VALLEJOS Y QUEBRADA LAS NUBES, TIERRAS ALTAS, PROVINCIA DE CHIRIQUÍ**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERÍA EN MANEJO DE CUENCAS Y AMBIENTE**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DEBE SER OBTENIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**APROBADO:**

**PROF. NOÉ AGUILAR VALDÉS**

\_\_\_\_\_  
**DIRECTOR**

**PROF. JOSÉ PINEDA**

\_\_\_\_\_  
**ASESOR**

**PROF. CAROLINA GUERRA**

\_\_\_\_\_  
**ASESOR**

**DAVID, CHIRIQUÍ  
REPÚBLICA DE PANAMÁ**

**2023**

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, darte gracias a Dios por darme las fuerzas e iluminarme para mantenerme enfocado de las metas que me propuse cuando tomé la decisión de desarrollar este trabajo de grado y en mi periodo universitario.

Agradecer a mis padres, José y Vielsi por orientarme y apoyarme en todas mis decisiones correctas durante mi carrera universitaria y preparación personal.

A mis hermanas Nini y Cotito, primos (a), tíos (a), sobrinos (a) por su apoyo incondicional y buenos consejos brindados para seguir adelante durante esta etapa. En especial a mi prima Sol que siempre creyó a en mí y me ayudo cuando lo necesite.

A mi novia Brenda Gómez que estuvo siempre conmigo en los momentos buenos y malos y agradecerte por entenderme en mis situaciones de estrés.

Mi agradecimiento al profesor Ing. Noe Aguilar por su colaboración y orientación en el desarrollo de mi trabajo de grado la cual me permitió desarrollarlo satisfactoriamente; agradecerle al señor Adaias por colaborarme con la información sobre el proyecto Alto Bambito y ubicación de áreas de estudio.

A mis compañeros y amistades que de una u otra manera colaboraron en mi preparación universitaria, en especial a mis amigos de convivio durante 4 años (piripicho, blady, Arturo, Edwind, Miguel ficha).

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico a mis padres José Ibarra y Vielsi Barria, a mi hermana Josefani Ibarra, Vielsi Barria y en especial a mis Abuelas Rufina Ibarra y Amalia Boniche (Q.E.P.D) por creer en mí a lo largo de mi vida personal y durante mi etapa universitaria.

Posteriormente, a mis profesores de la carrera que dieron las herramientas necesarias para orientarme en mi trabajo de tesis.

Michael G. Ibarra B.

**EVALUACIÓN DE LAS FUENTES HÍDRICAS DEL PROYECTO DE RIEGO ALTO  
BAMBITO, QUEBRADA VALLEJOS Y QUEBRADA LAS NUBES, TIERRAS  
ALTAS, PROVINCIA DE CHIRIQUÍ.**

Ibarra, M. 2023. Evaluación de las Fuentes Hídricas del Proyecto de Riego Alto Bambito, Quebrada Vallejos y Quebrada Las Nubes, Tierras Altas, Provincia de Chiriquí.

**RESUMEN**

En esta investigación se realizó la delimitación de las microcuencas Quebrada Vallejos y Quebrada Las Nubes mediante técnicas digitales a partir del punto de drenaje y se describen en términos generales las principales características geomorfológicas, hidrológicas y pluviométricas, las cuales pertenecen a la cuenca 102 Río Chiriquí Viejo. Se detalló los parámetros físicos de las microcuencas considerando los siguientes puntos: hidrografía, capacidad agrológica de los suelos, altimetría, cobertura boscosa y otros. Se detalló las principales características climáticas que se registran en la zona de estudio tales como: precipitación y temperatura. El análisis morfométrico se realizó a partir de parámetros generales, parámetros de forma, parámetros de relieve y parámetros de red hidrográfica. En el análisis pluviométrico se describió la precipitación de las microcuencas de estudio. En el análisis hidrológico se determinó la disponibilidad hídrica de las microcuencas mediante aforos puntuales; también se estimó los caudales promedios mensuales utilizando como base el estudio de los caudales mensuales de cuenca alta río Chiriquí Viejo ETESA (2018). Por último, se realizaron balances hídricos del suelo en ambas microcuencas utilizando la fórmula de Holdridge para el cálculo de la evapotranspiración potencial, permitiendo determinar cuáles son los meses que presentan déficit de humedad en el suelo, recargamiento y escorrentía. La estimación de los caudales promedios mensuales mediante los métodos empíricos para la quebrada Vallejos en los meses de déficit fue: enero (148 l/s), febrero (113 l/s), marzo (80 l/s), abril (75 l/s). La estimación de los caudales promedios mensuales mediante los métodos empíricos para la quebrada Las Nubes en los meses de déficit fue: enero (328 l/s), febrero (251 l/s), marzo (175 l/s), abril (166 l/s).

**Palabras Claves:** Microcuencas, Morfometría de Cuenca, Precipitación, Balance Hídrico del Suelo y Caudales

# EVALUATION OF THE WATER SOURCES OF THE ALTO BAMBITO IRRIGATION PROJECT, QUEBRADA VALLEJOS AND QUEBRADA LAS NUBES, TIERRAS ALTAS, PROVINCE OF CHIRIQUÍ.

**Ibarra, M. 2023.** Evaluation of the Water Sources of the Alto Bambito Irrigation Project, Quebrada Vallejos and Quebrada the nubes, Tierras Altas, Province of Chiriquí.

## ABSTRACT

In this research, the delimitation of the Quebrada Vallejos and Quebrada Las Nubes micro-basins was carried out using digital techniques from the drainage point and the main geomorphological, hydrological and rainfall characteristics, which belong to the 102 Rio Chiriquí Viejo basin, are described in general terms. . The physical parameters of the microbasins were detailed considering the following points: hydrography, agrological capacity of the soils, altimetry, forest cover and others. The main climatic characteristics recorded in the study area were detailed, such as: precipitation and temperature. The morphometric analysis was carried out based on general parameters, shape parameters, relief parameters and hydrographic network parameters. In the pluviometric analysis, the precipitation of the study microbasins was described. In the hydrological analysis, the water availability of the micro-basins was determined through specific measurements; the average monthly flows were also estimated using as a basis the study of the monthly flows of the upper basin of the Old Chiriquí River ETESA (2018). Finally, soil water balances were carried out in both micro-basins using the Holdridge formula to calculate potential evapotranspiration, allowing us to determine which months present soil moisture deficit, recharge and runoff. The estimate of the monthly average flows using empirical methods for the Vallejos stream in the deficit months was: January (148 l/s), February (113 l/s), March (80 l/s), and April (75 l/s /s). The estimation of the average monthly flows using empirical methods for the Las Nubes stream in the deficit months was: January (328 l/s), February (251 l/s), March (175 l/s), and April (166 l/s).

**Keywords:** Microbasins, Basin Morphometry, Precipitation, Soil Water Balance and Flows.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	<b>PÁG.</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>iii</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>iv</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	<b>x</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xiii</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	<b>xiv</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Planteamiento del Problema .....	<b>2</b>
1.2 Antecedentes .....	<b>3</b>
1.3 Justificación.....	<b>4</b>
1.4. Objetivos.....	<b>5</b>
1.4.1. Objetivos generales .....	<b>5</b>
1.4.2. Objetivos específicos.....	<b>5</b>
1.5 Hipótesis.....	<b>5</b>
1.6 Alcances y Limitaciones.....	<b>6</b>
1.6.1 Alcances .....	<b>6</b>
1.6.2 Limitaciones .....	<b>6</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>7</b>
2.1 Evaluación Hídrica en Cuencas Hídricas y Necesidad de la Información.....	<b>7</b>
2.2 El Balance Hídrico en Cuencas Hidrográficas .....	<b>7</b>
2.3 Cálculo de la Escorrentía en Cuencas Sin Datos o Sin Registros .....	<b>8</b>

2.3.1	Método para estimar caudales con el balance hídrico y la curva de duración de caudales (CDG) en cuencas sin datos hidrológicos .....	9
2.4	Aforo de Caudal .....	10
3.	MARCO METODOLÓGICO.....	11
3.1	Materiales y Equipos .....	11
3.1.1	Información Hidrometeorológica .....	11
3.2	Metodologías .....	12
3.2.1	Localización y Demarcación de las Áreas de estudios Mediante Técnicas Digitales.....	12
3.2.2	Delimitación de las Microcuencas mediante Técnica Digitales .....	12
3.2.3	Altimetría .....	13
3.2.4	Capacidad Agrologica de los Suelos .....	13
3.2.5	Cobertura Boscosa .....	13
3.2.7	Clima .....	14
3.2.8	Procedimiento para el Desarrollo de estudio.....	14
3.3	Parámetros y Variables a Analizar .....	15
3.3.1	Morfometría de Microcuencas .....	15
3.3.2	Análisis de Precipitación Promedio de las Microcuencas Quebrada Vallejos y Quebrada Las Nubes .....	17
3.3.3	Aforo de caudal .....	18
3.3.4	Cálculo de caudales para cuencas sin datos de escorrentías .....	18
3.3.5	Balance Hídrico .....	21
4.	RESULTADOS .....	25
4.1	Localización y demarcación de las áreas de estudio .....	25

4.2 Descripción general de la microcuenca Quebrada Vallejos y Quebrada Las Nubes .....	25
4.3 Morfometría de Cuencas .....	31
4.3.1 Parámetros de Forma .....	31
4.3.2 Parámetros de Relieve.....	33
4.3.3 Parámetros de la red Hidrográfica .....	36
4.4 Precipitación Promedio Anual.....	43
4.4.1 Microcuencas Quebrada Vallejos y Quebrada Las Nubes. ....	43
4.4.2 Oferta de Agua .....	43
4.4.3 Estimación de los caudales mensuales .....	55
4.4.4 Balance Hídrico.....	62
5. CONCLUSIONES .....	66
6. RECOMENDACIONES.....	67
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68
8. ANEXOS .....	72

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁG
I.	ESTACIONES METEOROLÓGICAS UTILIZADA PARA EL ANÁLISIS DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS DE ESTUDIO.....	12
II.	SUPERFICIE TERRITORIAL DE LA MICROCUENCA QUEBRADA VALLEJOS Y QUEBRADA LAS NUBES.....	28
III.	COBERTURA BOScosa DE QUEBRADA VALLEJOS Y QUEBRADA LAS NUBES.....	29
IV.	PRECIPITACIÓN MENSUALES REGISTRADA EN ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA DE BAJO GRANDE EN LA CUENCA RÍO CHIRIQUÍ VIEJO.....	30
V.	TEMPERATURA MENSUAL REGISTRADA EN ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA DE BAJO GRANDE EN LA CUENCA RÍO CHIRIQUÍ VIEJO.....	30
VI.	FORMAS DE LA CUENCA, SEGÚN EL FACTOR DE FORMA.....	32
VII.	FORMAS DE LA CUENCA, SEGÚN EL COEFICIENTE DE GRAVELIUS.....	33
VIII.	CLASIFICACIÓN ORDINAL DE LA CORRIENTES DE LA QUEBRADA VALLEJOS Y QUEBRADA LAS NUBES.....	39
IX.	LONGITUD TOTAL DE LAS CORRIENTES (Km) DE LA QUEBRADA VALLEJOS Y QUEBRADA LAS NUBES.....	40
X.	VALORES INTERPRETATIVOS DE LA DENSIDAD DE DRENAJE.....	41

XI.	PARAMETROS MORFOMÉTRICO DE LA QUEBRADA VALLEJOS Y QUEBRADA LAS NUBES Y UNIDADES HIDROGRÁFICAS.....	42
XII.	RESULTADOS DEL AFORO EN LA QUEBRADA N°1, VALLEJOS, CERRO PUNTA.....	46
XIII.	RESULTADOS DEL AFORO EN LA QUEBRADA N°2, VALLEJOS, CERRO PUNTA.....	47
XIV.	RESULTADOS DEL AFORO EN LA QUEBRADA N°3, LAS NUBES, CERRO PUNTA.....	48
XV.	RESULTADOS DEL AFORO EN LA QUEBRADA N°4, LAS NUBES, CERRO PUNTA.....	49
XVI.	RESULTADOS DEL AFORO EN LA QUEBRADA N°5, LAS NUBES, CERRO PUNTA.....	50
XVII.	RESULTADOS DEL AFORO EN LA QUEBRADA N°6, LAS NUBES, CERRO PUNTA.....	51
XVIII.	RESULTADOS DEL AFORO EN LA QUEBRADA N°7, LAS NUBES, CERRO PUNTA.....	52
XIX.	RESULTADOS DEL AFORO EN LA QUEBRADA N°8, LAS NUBES, CERRO PUNTA.....	53
XX.	RESULTADOS DE AFOROS REALIZADOS EN LAS MICROCUENCAS QUEBRADA VALLEJOS Y QUEBRADA LAS NUBES.....	54
XXI.	ESTIMACIÓN DE LOS CAUDALES PROMEDIOS DE LAS QUEBRADA VALLEJOS Y QUEBRADA LAS NUBES CON LA FORMULA Q: $Q_b/A_b \cdot A_x$ .....	57
XXII.	ESTIMACIÓN DE LOS CAUDALES PROMEDIOS MENSUALES DE LA QUEBRADA VALLEJOS Y QUEBRADA LAS NUBES CON LA FORMULA $Q=(Q_b)/(A_b) \cdot (A_x) \cdot ((P_{ptx})/(P_{ptb}))$ .....	58

	ESTIMACIÓN DE LOS CAUDALES PROMEDIOS MENSUALES	
	DE LA QUEBRADA VALLEJOS Y QUEBRADA LAS NUBES A	
XXIII.	PARTIR DEL BALANCE HÍDRICO POR EL MÉTODO DE	
	HOLDRIDGE.....	59
	RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DEL CAUDAL MENSUAL	
XXIV.	PROMEDIO (L/S) OBTENIDO DE LA QUEBRADA VALLEJOS	
	CON LOS MÉTODOS EMPÍRICOS APLICADOS.....	60
	RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DEL CAUDAL MENSUAL	
XXV.	PROMEDIO (L/S) OBTENIDO DE LA QUEBRADA LAS NUBES	
	CON LOS MÉTODOS EMPÍRICOS APLICADOS.....	61
XXVI.	BALANCE HIDRICO DEL SUELO, ESTACIÓN PASO ANCHO.....	64
XXVII.	BALANCE HIDRICO DEL SUELO, ESTACIÓN PASO ANCHO.....	65

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁG
1.	PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL DE LA MICROCUENCA QUEBRADA VALLEJOS	35
2.	PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL DE LA MICROCUENCA QUEBRADA LAS NUBES	36
3.	DESIGNACIÓN DEL NUMERO DE CORRIENTES DE LA MICROCUENCA QUEBRADA VALLEJOS	37
4.	DESIGNACIÓN DEL NUMERO DE CORRIENTES DE LA MICROCUENCA QUEBRADA LAS NUBES	37
5.	UBICACIÓN DE LOS AFOROS REALIZADOS EN LA QUEBRADA VALLEJOS Y QUEBRADA LAS NUBES AGUAS ARRIBA DE LA TOMA DEL PROYECTO DE RIEGO ALTO BAMBITO.	45

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁG
A.	CAUDALES PROMEDIO MENSUALES CUENCA ALTA RÍO CHIRIQUÍ VIEJO EN M <sup>3</sup> /S.....	72
B.	MAPA DE COBERTURA BOSQUES Y OTRAS TIERRAS BOSCOSAS DE LA REPUBLICA DE PANAMÁ AÑO 2019.....	73
C.	MAPA DE CAPACIDAD AGROLÓGICA DE LOS SUELOS DE LA CUENCA DEL CHIRIQUÍ VIEJO 102.....	74
D.	MAPA DE ISOYETAS DE LA CUENCA 102 RÍO CHIRIQUÍ VIEJO Y EN MICROCUENCAS EN ESTUDIO.....	75
E.	DELIMITACIÓN DE MICROCUENCAS A PARTIR DEL PUNTO DE TOMA ACTUAL (QUEBRADA LAS NUBES) Y FUENTE AUXILIAR FUTURA (QUEBRADA VALLEJOS).....	76
F.	BOCATOMA DEL PROYECTO DE RIEGO ALTO BAMBITO 2021.....	77
G.	AFORO EN EL ÁREA DE DRENAJE DE LA MICROCUENCA QUEBRADA VALLEJOS 2021, CUENCA 102 RÍO CHIRIQUÍ VIEJO.....	78
H.	AFORO EN EL ÁREA DE DRENAJE DE LA MICROCUENCA QUEBRADA VALLEJOS 2021, CUENCA 102 RÍO CHIRIQUÍ VIEJO.....	79

I.	AFORO 2 EN EL ÁREA DE DRENAJE DE LA MICROCUENCA QUEBRADA LAS NUBES 2021, CUENCA 102 RÍO CHIRIQUÍ VIEJO.....	80
J.	AFORO 2 EN EL AREA DE DRENAJE DE LA MICROCUENCA QUEBRADA LAS NUBES 2021, CUENCA 102 RÍO CHIRIQUÍ VIEJO.....	81
K.	MAPA DE ZONAS DE VIDA DE HOLDRIGE DE LA CUENCA N°102 DEL RÍO CHIRIQUÍ VIEJO.....	82
L.	HOJA CARTOGRÁFICA CERRO PUNTA 3642 I SE.....	83
M.	HOJA CARTOGRÁFICA TOTUMA 3642 I SW.....	84

## **1. INTRODUCCIÓN**

Los problemas actualmente que confrontan los productores de Tierras Altas en la provincia de Chiriquí en la producción hortícola, la falta de disponibilidad de agua específicamente en temporada seca que impide la continuidad de la producción. Actualmente se encuentra un proyecto en proceso 95 por ciento de su totalidad, consiste en abastecer 450 hectáreas de producción hortícola, beneficiando a 110 productores de las áreas: Las Nubes, Las Garita, Altos de Los Guerras, La Amenaza y El Desierto. Adicionalmente está en proceso trámite de concesión de agua para obtención de derecho de uso. Se requiere, para el funcionamiento del proyecto de Riego Alto Bambito, ubicar y caracterizar la producción de agua u otra fuente que garantice el abastecimiento durante la época seca principalmente.

La importancia de este estudio radica en evaluar la capacidad de las fuentes para abastecer la demanda de agua para el sistema de Riego Alto Bambito.

Los datos de precipitación y temperatura se procederán a realizar el balance hídrico mensual además de aforos realizado en punto de tomas de ambas microcuencas. Con estos resultados se calculará la oferta hídrica del sitio de interés (Quebrada Vallejos y Quebrada Las Nubes) y por comparación la demanda hídrica del proyecto.

Existen varios modelos para determinar caudales en cuencas no aforadas, entre los caudales el balance hídrico superficial ofrece la ventaja que involucra variable exclusivamente climática, tales como precipitación y temperatura. Marini y Piccolo (2000).

## **1.1 Planteamiento del Problema**

En el distrito de Tierras Altas, provincia de Chiriquí están en marcha una producción de 450 ha en hortalizas y legumbres de las cuales aportan al producto interno bruto del país, a su vez existe posibilidades de amenazas en pérdidas de producción por la época seca escasez hídrica que inestabiliza los ciclos de producción de los cultivos; esta situación se refleja a diferencia de las tierras bajas chiricanas donde a menudo caen constantes lluvias.

Según Gómez (2017), de acuerdo con los valores en el balance hídrico climático se caracterizó por presentar una precipitación total anual de 1,660 mm, evapotranspiración total anual de 984.9 mm. La evapotranspiración potencial para el año hidrológico climático equivale al 59.33 por ciento de la precipitación total anual, un excedente de 710.5 mm de mayo a diciembre déficit de 150.2 mm de enero a abril.

La condición climatológica trae como consecuencia un desequilibrio en la producción ya que en los meses lluviosos se espera una mayor cantidad de agua. Las mayores causas son dirigidas a los regímenes de lluvia y efectos de la variabilidad climática. Las comunidades ubicadas en la parte Sur de Cerro Punta como Bambito, Nuevo Bambito, Paso Ancho y Nueva Suiza sólo caen leves lloviznas que no abastecen la demanda de agua de los cultivos que en su mayoría pequeños productores no cuentan con sistema de riego en sus parcelas. Durante los meses secos solo los productores que sistema de riego pueden seguir producciones, en cambio otros cuentan con invernaderos con semillas, pero se teme la perdida por escasez de agua y se tiene que esperar hasta los meses de abril, toma como consecuencia amenazas en la seguridad alimentaria del país.

Por otro lado, la explotación ambiental, alta deforestación, degradación de suelos y producción no sostenible aledañas cuencas hidrográficas en tierras altas pone en duda la existencia de disponibilidad de fuentes hídricas y almacenamiento de acuíferos para cubrir demanda de cultivos en sistemas de riego.

En términos generales esto afecta a todos los rubros en la segunda mitad del año; sobre todo al momento de la cosecha que se programa para los meses de diciembre, enero, febrero y marzo.

## **1.2 Antecedentes**

Después de una larga lucha durante años para la implementación de sistemas de riego por parte de una Asociación de productores de 5 bloques surgió la necesidad de establecer un proyecto que beneficie a las comunidades con el principal objetivo enfocado a la economía directa o el sustento diario girado a su entorno a la agricultura, jugando un papel clave en la producción hortícola en los siguientes rubros, principalmente en el cultivo de papa y cebolla con que representan respectivamente el 40 por ciento y el 25 por ciento de la superficie total cultivada por estos productores 455 hectáreas.(MIDA 2015).

La comunidad de productores de Alto Bambito se ha manifestado durante años sobre problemas de pérdida de producción por escasez de agua durante los meses de enero a abril que impide la continuidad de proyectos, disminuyendo la aportación al producto interno bruto del país.

El proyecto de Alto Bambito comprende una asociación de 178 productores de cultivos hortícolas en el corregimiento de Cerro Punta, que comprende las áreas de Las Nubes,

la Garita, El Desierto, Alto Los Guerra y la Amenaza, sin embargo, la intensidad de lluvia en la región varía mucho de un año a otro y de un sitio a otro, donde la mayor preocupación de los productores de hortaliza es la época seca cada año. Gómez (2017).

Se crea una asociación de productores para resolver problemas, dirigidos a los productores y técnicos de las diferentes instituciones gubernamentales del sector agropecuario. El resultado señaló “El conjunto de productores de Cerro Punta, el 61 por ciento tiene agua permanente en sus fincas; el 27 por ciento tiene fuente de agua temporal y un 12 por ciento no tiene fuente de agua. MIDA (2015).

En virtud de que no existía un abastecimiento de agua para irrigación en los lugares mencionados impiden a los agricultores tener limitaciones basados en que las fuentes utilizadas para proyecto carecen del caudal que se necesita para abastecer el proyecto, actualmente se mantiene investigaciones de fuentes hídricas cercanas para reponer el caudal necesario respetando el caudal ecológico.

### **1.3 Justificación**

La realización de este presente estudio se fundamenta en base a la investigación del estudiante Einar Gómez, se destacó la deficiencia de la fuente hídrica para abastecer el proyecto de riego Alto Bambito en época seca, la cual se pide evaluar otras alternativas de diferentes fuentes cercanas para compensar el agua restante para el proyecto. De acuerdo con metodologías aplicadas en otros países se obtendrá información hidrológica y determinar disponibilidad hídrica en las fuentes utilizada en el proyecto de Riego.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivos generales**

Calcular la producción hídrica mensual de la quebrada Las Nubes que abastecen el proyecto Alto Bambito y la quebrada Vallejos utilizada como alternativa

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Delimitar las microcuencas mediante técnica de localización digitales.
- Realizar Aforos puntuales para confirmar la disponibilidad hídrica.
- Localizar las fuentes de potencia elevación y coordenadas en el proyecto de riego Alto Bambito.
- Aplicar metodología para calcular Balances Hídricos y determinar el aporte hídrico mensual de las fuentes Quebrada Vallejos y Quebrada Las Nubes.

## **1.5 Hipótesis**

**Ha:** Las quebradas Las Nubes y Quebrada Vallejos abastecerán 450 ha para el proyecto de Sistema de Riego Alto Bambito.

**Ho:** La producción hídrica de las Quebrada Las Nubes y Quebrada Vallejos no abastecerán 450 ha para el proyecto de Sistema de Riego Alto Bambito.

## **1.6 Alcances y Limitaciones**

### **1.6.1 Alcances**

El alcance del presente estudio es brindar información a administradores inscritos en el proyecto de Riego Alto Bambito, principalmente a los cinco bloques de productores de Tierras Altas (Las Nubes, La amenazas, Las Garita, Altos de Los Guerras y El desierto). Mediante una metodología y aplicación de aforos puntuales que permitan evaluar la disponibilidad de agua. Esta información es requerida para llevar a cabo el proyecto de riego que abastezca de forma equitativa el uso adecuado del agua para la producción agrícola de hortalizas ya que en época seca es necesario la utilización de este recurso para seguir en marcha los ciclos de producción permitiendo un mejor desarrollo a la economía de los productores de esa área.

### **1.6.2 Limitaciones**

Las principales limitaciones de la presente investigación fueron la poca información hidrometeorológica de las estaciones meteorológicas, carencia de datos históricos con periodos amplios.

Durante la toma de datos la ubicación geográfica de puntos de aforo el recorrido al área es inaccesible por carencia de caminos adecuado, ya que se encuentra en medio de bosques vírgenes.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Evaluación Hídrica en Cuencas Hídricas y Necesidad de la Información**

Según Ramiro y Patricio (2014), el diseño de ingeniería de los proyectos de aprovechamiento hídrico requiere de información hidrológica para su adecuado dimensionamiento. Desafortunadamente se dispone únicamente de datos de precipitaciones y muy escasamente, de caudales registrados, en vista de lo cual se dificulta determinar la escurrimiento y evaluar la producción hídrica de las cuencas. Para paliar esta situación, en la práctica, se recurre a modelos empíricos y semi-empíricos desarrollados en otros países, de acuerdo con sus propias condiciones climáticas, que no son necesariamente aplicables al territorio. En la literatura científica son muy conocidas las ecuaciones de Creager, Témez, VerniKing, para la evaluación de caudales de crecida con diferentes períodos de retorno, que no siempre se ajustan a las condiciones climáticas del lugar.

Según Rodríguez y Saborío (1983), en la evaluación de los recursos hidráulicos, especialmente en cuencas pequeñas localizadas en áreas apartadas de los centros más poblados y con mejores recursos de información, es que los registros son muy cortos o discontinuos, o bien, no existen del todo, lo que obliga al hidrólogo a aplicar métodos de transferencia de datos que como tales siempre representan solo una aproximación de la realidad.

### **2.2 El Balance Hídrico en Cuencas Hidrográficas**

El balance hídrico de una cuenca hidrográfica, una región o una parcela de cultivo representa las ganancias y las pérdidas de agua, como una lámina sobre la superficie total. Para una cuenca cualquiera, se puede realizar la contabilidad de los flujos de

agua, obteniendo el balance hidrológico, balance de escurrimiento o balance hídrico, y el mismo conlleva al concepto de déficit de escurrimiento, el cual no es más que la evapotranspiración real de la cuenca. (Aguilar, 2018).

Se calcula la evapotranspiración potencial por el método de Holdridge y la precipitación efectiva de cada mes y sus valores se aplican a la planilla adjunta, a partir de la información climática disponible.

### **2.3 Cálculo de la Escorrentía en Cuencas Sin Datos o Sin Registros**

Según Ramiro y Patricio (2014), determinación de Caudales Medio, coeficiente de Escorrentía y Modulo Especifico. A partir de una combinación de las ecuaciones de Vosresiensky [1], Zhelezniakov, G. Negovskaya, T. y Ovcharov, E. [2] y Zhivotovsky [3], y considerando un equilibrio de masas, o volúmenes, se propone una ecuación lógica para evaluar los principales parámetros hidrológicos para el diseño de obras de aprovechamiento hídrico.

Según Rodríguez y Saborío (1983), Modelo de Precipitación – Escorrentía. La transferencia de datos que como tales siempre representan solo una aproximación de la realidad. Con el propósito de compensar esta deficiencia, se presenta aquí un método de cálculo del escurrimiento promedio mensual en cuencas con información insuficiente, basado en los diagramas del Dr. Leslie R. Holdridge para la determinación de zonas de vida. Se propone una metodología de evaluación minuciosa de las características climáticas y especialmente de los recursos hidráulicos de una cuenca, y finalmente se incluye un análisis de la variación del escurrimiento a lo largo del año hidrológico, así como una evaluación del potencial hidroeléctrico de una cuenca. (ICE, 1983).

### **2.3.1 Método para estimar caudales con el balance hídrico y la curva de duración de caudales (CDG) en cuencas sin datos hidrológicos**

La determinación de la disponibilidad hídrica se determina por método del balance hídrico propuesto por Thornthwaite & Mather 1957, el cual involucra el conocimiento del ciclo hidrológico además de los cambios del régimen en los ríos (Bohn y Campo, 2008), los componentes principales para su aplicación son la precipitación y temperatura (Marini y Piccolo, 2000). El principio fundamental en que se basa el modelo del balance hídrico es la conservación de masas, o conocido por ecuación de la continuidad, siendo la contabilización mes a mes del ingreso y salida del agua en un recipiente hídrico. Por lo tanto, la ecuación para cualquier intervalo de tiempo, y cualquier masa de agua en su forma más generales (Unesco, 1981):

$$P + QSI + Q Ui - E - QSO - Q uO - \Delta S - v = 0$$

Ecuación (1).

Donde:

P: Precipitación.

QSI + Q Ui: Entradas de corrientes de agua .superficial y subterránea.

E: Evaporación.

QSO - Q uO: Salidas de corrientes de agua superficial y subterránea.

$\Delta S$ : Variación del almacenaje.

La eficacia del cálculo se procede a encontrar el caudal mínimo a través de la Curva de Duración General de una cuenca de referencia con similares características (fisiográficas, cobertura vegetal y comportamiento hidrológico), adoptando como mínimo el 80% de probabilidad de ocurrencia (Villacís y Andrade, 1986; López y Viera,

2014). Al caudal de la cuenca de referencia, se transporta al caudal de la cuenca hidrográfica del río, comparando así los resultados encontrados mediante el balance hídrico y Curva de Duración General. (Ordoñez, 2011).

Ecuación (2)

$$Q_x = (A_x / A_r) * Q_r$$

Dónde:  $Q_x$  = Caudal a estimar en la cuenca X.

$A_x$  = Área de la cuenca X.

$Q_r$  = Caudal registrado en la cuenca de referencia.

$A_r$  = Área en cuenca de referencia.

## **2.4 Aforo de Caudal**

Aforar una corriente de agua es determinar en un momento dado el valor del caudal, esta operación se la llama aforo.

Aforo se denomina a todas las Tareas de Campo y Gabinete que nos permiten determinar el caudal que pasa por una sección. El caudal depende directamente de la superficie (S) de la sección transversal de la corriente de agua y de la velocidad media del agua (V), obteniéndose el caudal o gasto (Q) por medio de la multiplicación de ambos factores. (Nickisch, 2008).

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Materiales y Equipos

Para la realización de este estudio se utilizaron los siguientes materiales y equipos.

- Computadora personal
- Calculadora Científica
- Teléfono celular
- Bolígrafo, lápices y papelería
- Software ofimático: Microsoft Office 365 (Word, Excel y Power Point)
- Molinete Hidráulico o Correntómetro
- Varilla de Vadeo
- Machetes, Cuerda con longitudes, estacas de madera.
- Hojas cartográficas.

##### 3.1.1 Información Hidrometeorológica

La información Hidrometeorológica que se utilizaron para el presente estudio se obtuvo de la base de datos de la Gerencia de Hidrometeorología de la Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. (ETESA).

- **Clima:** la información climática utilizada para describir las variables como precipitación, temperatura en la estación Bajo Grande (102-001), Chiriquí (ver CUADRO I).
- **Precipitación:** la información pluviométrica utilizada en el estudio corresponde a la estación Bajo Grande (102-001).

- **Caudales:** la información hidrométrica utilizada en el estudio corresponde al estudio de Disponibilidad de Agua superficial de la Cuenca Hidrográfica N° 102 Chiriquí Viejo, Panamá. (ver Anexo II).

**CUADRO I. ESTACIÓN METEOROLÓGICA UTILIZADA PARA EL ANALISIS DE LAS VARIABLES CLIMATICAS DE ESTUDIO**

Código	Nombre	Tipo de estación	Elevación m.s.n.m	Latitud	longitud
102-009	Bajo Grande	Pv	2300	8°84'67	82°54'99

Fuente: Elaboración Propia

\*Pv. Pluviométrica

Solo se utilizaron datos de precipitación y temperatura.

### 3.2 Metodologías

#### 3.2.1 Localización y Demarcación de las Áreas de estudios Mediante Técnicas Digitales

- La localización de la microcuenca Quebrada Vallejos se determinó a través de la utilización de la hoja cartográfica: Cerro Punta (No 3642 I SE); a escala 1:25,000 (curvas de nivel a cada 10 metros) Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia”.
- La localización de la microcuenca Quebrada Las Nubes se determinó a través de las hojas cartográficas: Cerro Punta (No 3642 I SE) y Cerro Totuma (No 3642 I SW); a escala 1:25,000 (curvas de nivel cada 10 metros) Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia”.

#### 3.2.2 Delimitación de las Microcuencas mediante Técnica Digitales

Para la delimitación de las microcuencas Quebrada Vallejos y Quebrada Las Nubes se tomaron como referencia las coordenadas geográficas que se captaron en campos en los puntos de aforos para ubicarlos en el Software Google Earth Pro, posteriormente es georreferenciado a ArcGis 10.5 de acuerdo con las hojas cartográficas utilizadas

para la demarcación del área de estudio; Con la herramienta georreferenciación se seleccionaron 4 puntos que estén dentro del área de estudio para interpolar de forma manual las microcuencas. En referencias a las curvas de nivel mostradas en las hojas cartográficas se identificaron los ríos y principalmente los partes aguas para separar las microcuencas.

### **3.2.3 Altimetría**

Para la descripción altimétrica (elevación) de la microcuenca Quebrada Vallejos y Quebrada las Nubes se utilizaron las hojas cartográfica escala 1:25000 del Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia” las cuales permitieron determinar los puntos de elevación más notables en la cuenca con curvas de nivel equidistancia de 10 metros entre curvas de nivel. Adicionalmente se utilizó el software Google Earth Pro, mediante las coordenadas geográficas tomadas para identificar en campo los puntos de drenajes y áreas de la cuenca permitiendo llevar documentos a ArcGIS 10.5 para delimitar las cuencas.

### **3.2.4 Capacidad Agrologica de los Suelos**

Para la descripción de la capacidad agrológica de los suelos se utilizaron en el mapa de la capacidad agrológica de los suelos con base en información del mapa de CATAPAN 1970 y el estudio de Disponibilidad de Agua Superficial de la Cuenca Hidrográfica 102 Rio Chiriquí Viejo, elaborado por MIAMBIENTE y el Instituto Mexicano Tecnología del Agua (2018).

### **3.2.5 Cobertura Boscosa**

Para la descripción de la cobertura Boscosa de la tierra que se utilizaron en el mapa de Cobertura Bosques y otras tierras Boscosas República de Panamá (2019) a escala

de 1:600.000 y el mapa de la cuenca del río Chiriquí Viejo ANAM (2012) y el estudio de Disponibilidad de Agua Superficial de la Cuenca Hidrográfica 102 Río Chiriquí Viejo, elaborado por MIAMBIENTE y el Instituto Mexicano Tecnología del Agua (2018).

### **3.2.7 Clima**

La descripción general de las variables climáticas se realizó utilizando los registros de la esta meteorológicas de Bajo Grande (102-09). Dichas estaciones fueron seleccionadas de acuerdo con la cercanía del área de estudio y por presentar registros de 52 años datos de precipitación y temperatura datos de ETESA (2023) para describir el balance hídrico de la Quebrada Vallejos y Quebrada Las Nubes.

### **3.2.8 Procedimiento para el Desarrollo de estudio**

Previo antes de cumplir objetivos y metas trazadas para el desarrollo de estudio se implantaron las siguientes etapas:

#### **Visitas a Campo**

- **Parámetros Generales:** se tomaron apuntes de las características más relevantes como: cobertura vegetal, uso de suelo entre otras en las fuentes hídricas.
- **Estaciones meteorológicas:** se pudo identificar la estación más cercana al área de estudio para obtención de datos.
- **Proyecto en las fuentes hídricas de estudio:** en la quebrada las Nubes actualmente existe una toma de agua para abastecer el Sistema de Riego Alto Bambito.

#### **Recolección de información disponible**

- **Estudios realizados anteriormente:** se pudo obtener información de interés mediante instituciones públicas y privada resaltando estudio de hidrológicos,

dotación de agua para riego en esa región y conservación de suelo a fines con interés de aprovechamiento de fuentes hídricas.

- Proyecto en las fuentes hídricas de estudio: en la quebrada las Nubes actualmente existe una toma de agua para abastecer el Sistema de Riego Alto Bambito.
- Bibliografía utilizada: mediante literaturas bibliográficas consultadas se seleccionaron las metodologías adecuadas para la recolección de datos y cálculos a fines de afrontar el proyecto de investigación incluyendo parámetros meteorológicos.
- Mapas Cartográficos: mapas topográficos (impreso/digital), a escala 1:25000, georreferenciado al elipsoide WSG 84 se obtuvieron a través del Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia” (IGNTG).

### **Trabajo de Gabinete**

- Delimitación u zonificación: se efectuó la delimitación de ambas cuencas hidrográficas mediante el uso de hojas cartográficas, utilizando el software ArcGIS 10.5 como herramienta digital.
- Digitalización de la información: mediante los datos de aforo tomados se produjo la manipulación e inclusión al trabajo de investigación para proseguir con la recopilación de datos hidrometeorológicos.
- Características morfométricas: se calculó los parámetros más importantes.

## **3.3 Parámetros y Variables a Analizar**

### **3.3.1 Morfometría de Microcuencas**

La información de carácter morfométrico se determinó mediante la utilización de información cartográfica a escala 1:25000; se interpoló al software Google Earth para

la ubicación del lugar de estudio y cálculos correspondientes, los cuales se dividieron en cuatro grupos: (1) parámetros generales, (2) parámetros de Forma, (3) parámetros de relieve, (4) parámetros de la red hidrográfica. Posteriormente se delimitaron las microcuencas Quebrada Vallejos y Quebrada Las Nubes mediante el software ArcGis 10.5, la cual minimizó el tiempo de trabajo durante el proceso de cálculos y aumentó el grado de precisión permitiendo obtener resultados coherentes.

### **3.3.1.1 Parámetros Generales de las Microcuencas**

Según Ortega (2017) El análisis o caracterización morfométrica de una cuenca hidrográfica debe iniciarse con la determinación de ciertos parámetros básicos e indispensables para el cálculo posterior de otros índices morfométricos. Dichos parámetros permiten establecer en primera instancia la magnitud, naturaleza y comportamiento de la unidad hidrográfica a analizar. Los parámetros calculados en el presente estudio fueron: (1) área total de las microcuencas, (2) perímetro, (3) longitud del cauce principal, (4) longitud de máximo recorrido, (5) longitud axial, (6) elevación máxima (7) elevación mínima, (8) desnivel total de las microcuencas.

### **3.3.1.2 Parámetros de Forma de las Microcuencas**

Los parámetros de forma evaluados en las presentes áreas de estudios que determinan la uniformidad de ambas microcuencas presentes a continuación: (1) ancho medio, (2) factor forma, (3) índice compacidad o coeficiente de Gravelius.

### **3.3.1.3 Parámetros de Relieve de las Microcuencas**

Los parámetros de relieve utilizados para determinar la parte topográfica de las microcuencas son las siguientes: (1) pendiente media de la microcuenca, (2) pendiente del cauce principal, (3) altitud media de las Microcuencas.

#### **3.3.1.4 Parámetros de la Red Hidrográfica de las Microcuencas**

Según Ortega (2017) Los parámetros e índices de la red hidrográfica utilizados para evaluar la respuesta hidrológica de la cuenca ante un evento de precipitación a través de la red de canales o corrientes, se presentan a continuación. (1) Densidad de drenaje, (2) frecuencia de ríos.

#### **3.3.2 Análisis de Precipitación Promedio de las Microcuencas Quebrada Vallejos y Quebrada Las Nubes**

Para la estimación de la precipitación promedio anual utilizada para el estudio fue el mapa de zonificación agroecológica de la cuenca Rio Chiriquí Viejo 102 (ver en el anexo D).

- **Primero:** se utilizó el mapa base de zonificación agroecológica de la cuenca Rio Chiriquí Viejo 102, Provincia de Chiriquí el cual mantenía información en general sobre la distribución de la lluvia por el método de Isoyetas.
- **Segundo:** con el software Arcgis 10.5 se marcó la ubicación de las microcuencas de estudios dentro del mapa base mencionada, verificando la precipitación estimada la precipitación registrada por uno de los pluviométricos en la estación meteorológica (ETESA).
- **Tercero:** se ubicó el perímetro de las microcuencas de interés para proceder sobre el mapa base los valores puntuales de precipitación, interpolando a las áreas de interés, para tener como resultado de precipitación media y tener datos exactos para metodología de estimación de caudales mensuales.

### **3.3.3 Aforo de caudal**

Para el cálculo de aforo de la quebrada se utilizó la metodología por el método de molinete hidráulico según Aguilar (2018). Seleccionar una sección del río libre de obstáculo que sea lo más simétrica posible, que tenga un grado mínimo de turbulencia y que la dirección de la corriente sea normal. Dividir la sección transversal en número de secciones verticales, dependiendo del ancho del río, empezando de una orilla, en cada sección medir la profundidad del agua en  $h$ , medir las revoluciones durante un periodo de 40 segundos y anotar los valores.

La velocidad media en la vertical ( $V_i$ ) se obtiene del promedio de las velocidades obtenidas a 0.2  $h$  y 0.8  $h$ ; El cálculo del caudal en la corriente se obtiene de la sumatoria de los caudales parciales que se obtienen en cada sección ( $Q_i$ ).

### **3.3.4 Cálculo de caudales para cuencas sin datos de escorrentías**

#### **3.3.4.1 Estimación de los caudales promedios mensuales según Aguilar (2001)**

La estimación de los caudales promedios mensuales se realizó utilizando información de cálculo de superficie aledañas al área de interés incorporando datos de precipitaciones sugerido por Aguilar (2001). Es evidente que la información obtenida en esta forma es muy aproximada y no es aceptable para el diseño de obras hidráulicas. Para aplicar este método es necesario que las cuencas que se comparan tengan 56 características similares; ubicación, orografía, forma, altura, vegetación y otros Ortega (2017). Las ecuaciones empericas utilizas son:

$$Q: Qb * \frac{A}{Ab}$$

Donde

$Q$ : Caudal en la estación en estudio, en m<sup>3</sup> /s.

$Q_b$ : Caudal en la estación base, en m<sup>3</sup> /s.

$A$ : Área de la cuenca de la estación en estudio, en Km<sup>2</sup>.

$A_b$ : Área de la cuenca de la estación base, En Km<sup>2</sup>.

$$Q: Q_b * \frac{A}{A_b} * \frac{P_{pt}}{P_{ptb}}$$

Donde:

$Q$ : Caudal en la estación en estudio, en m<sup>3</sup> /s.

$Q_b$ : Caudal en la estación base, en m<sup>3</sup> /s.

$A$ : Área de la cuenca de la estación en estudio, en Km<sup>2</sup>.

$A_b$ : Área de la cuenca de la estación base, en Km<sup>2</sup>

$P_{pt}$ : Precipitación promedio sobre la cuenca de la estación en estudio, en mm.

$P_{ptb}$ : Precipitación promedio sobre la cuenca de la estación base, en mm.

### **3.3.4.2 Estimación de los caudales promedios mensuales de la quebrada Vallejos y quebrada Las Nubes a partir del balance hídrico por el método de Holdridge**

El análisis de la estimación de caudales se realizó mediante los registros pluviométricos con de la estación de Bajo Grande periodo (1971-2023). Esta

metodología permite estimar los caudales mensuales en que se puede presentar en un sitio determinado para distintos meses realizando los siguientes pasos:

- Se delimita y se mide el área de drenaje de la microcuenca hasta el sitio de interés, en Km<sup>2</sup>.
- Se determina la elevación media del área de estudio (m.s.n.m).
- Se determina la precipitación media (mm) anual de las áreas de estudio.
- Se estima la biotemperatura anual (° C) a partir de la elevación media de la estación base de Bajo Grande.
- Se calcula la evapotranspiración potencial anual (mm) por el método Holdridge  $ETP=58.93 * T_{bio} (°C)$ .
- Se calcula el factor sobre la relación de evapotranspiración potencial entre la precipitación en el gráfico de zonas de vida de Holdridge, ver el **Anexo K**.
- Se calculó la escorrentía anual (mm) mediante la resta de la evapotranspiración (mm) menos la precipitación anual (mm); recordado que mm= l/s.
- Se realiza la transformación de la escorrentía anual a (m<sup>3</sup>/s).
- Para expresar ese valor en términos de caudal promedio mensual (l/s), se puede recurrir a transformar la escorrentía mensual por medio del balance hídrico de Holdridge, tomando como área las microcuencas de estudios.
- Se utilizó los datos de caudal mensual (m<sup>3</sup>/s) de la estación de Volcán Paso Ancho (102-01-01) suspendida en 2012.
- Se calculó el porcentaje de escorrentía mensual a partir de los datos de caudal de la estación de Volcán Paso Ancho (102-01-01).

- Para expresar el caudal promedio mensual para las áreas de estudio se multiplico el porcentaje de escorrentía por la escorrentía promedio anual (m<sup>3</sup>/s).
- Se trasformó los resultados de caudal promedio mensual (m<sup>3</sup>/s) a caudal promedio mensual expresado en (l/s).

$$Qx\ mensual = \frac{Qx\ anual * \%Escorr * N^{\circ}\ diA\tilde{n}}{100 \quad N^{\circ}\ di\ Me}$$

Donde

Qx mensual: caudal promedio mensual en (l/s).

Qx Anual: caudal promedio anual en (l/s).

% Escorr: porcentaje de escorrentía mensual (%).

NºdiAñ: número de días del año.

NºdiMe: número de días del mes.

### **3.3.5 Balance Hídrico**

El balance hídrico del suelo tiene como objetivo proporcionar información de manera aproximada referente a las disponibilidades de agua en un lugar o finca, país y en una cuenca hidrográfica. Además, permite conocer las deficiencias y excesos de agua, para definir la hidrología y clasificar climáticamente a una zona. A partir del conocimiento de las precipitaciones promedios mensuales y de la evapotranspiración potencial promedio mensual, se puede determinar el balance climático del agua en el suelo a lo largo de un año (Ortega, 2017).

- EPT (Evapotranspiración potencial): para el cálculo de la evapotranspiración potencial se realizó mediante la fórmula de Holdridge. Con la fórmula

$$ETP = 58.93 * BioT (^{\circ}C)$$

Donde:

ETP: evapotranspiración potencial (mm)

BioT: biotemperatura ( $^{\circ}C$ ).

Se realiza una diferencia de la elevación del área de estudio y la estación base con la formula.

$$\text{Dif Elev: (ElevaciónX – ElevaciónB).} \quad (1)$$

Donde:

Dif Elev: diferencia de elevación (m.s.n.m).

ElevacionB: elevación de la estación base (m.s.n.m).

ElevacionX: elevación del área de estudio (m.s.n.m).

Se calculó la biotemperatura ( $^{\circ}C$ ) a partir de la temperatura promedio mensual (t), utilizando el factor de corrección (0.56) consiste en que la temperatura disminuye 1  $^{\circ}C$  por cada 100 metros de desnivel:

$$BioT \ddot{x}: 0.56 * Dif El/100 - Temp \ddot{x} \quad (2)$$

Donde:

BioT  $\ddot{x}$ : Biotemperatura promedio mensual en ( $^{\circ}C$ ).

Dif El: diferencia de elevación en (m.s.n.m).

Temp  $\bar{x}$ : temperatura promedio mensual (°C).

- PPT (Precipitación): la precipitación promedio mensual multianual se obtuvo a partir de los registros de las estaciones pluviométricas de Bajo Grande (102-09) al periodo correspondiente a partir de 1970 hasta la actualidad.
- PPT (Precipitación efectiva): Se calcula la precipitación efectiva mensual mediante el siguiente criterio:

$$P_{ef} = 0.6 * P - 10 \quad \text{para } P_{\text{mensual}} \leq 70 \text{ mm}$$

$$P_{ef} = 0.8 * P - 24 \quad \text{para } P_{\text{mensual}} > 70 \text{ mm}$$

Se multiplica por 0.6 la precipitación promedio mensual cuando sobrepasa de 70 mm.

Se multiplica por 0.8 la precipitación promedio mensual cuando está por debajo de 70 mm.

- Sobrante de agua: se calcula restando la PPT de la ETP, cuando la PPT es mayor que la ETP, de no ser el caso, no habrá sobrante de agua ni mucho menos escorrentía total.
- Se determinó la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo en función a la textura y profundidad de este, este dato se selecciona en la literatura a partir de las condiciones de suelo y vegetación del lugar.
- Sobrante de agua, se obtiene de la diferencia entre la precipitación efectiva y la evapotranspiración potencial, se anota los valores en la planilla.
- ETR (evapotranspiración real): la ETR será igual a la ETP cada vez que exista sobrante de agua, cuando no hay sobrante de agua, este valor se satisface total

o parcialmente con el agua almacenada en el suelo (restado del suelo) o la precipitación efectiva.

- Recargamiento del suelo: solo ocurre cuando hay sobrante de agua en un mes y el suelo no está recargado al 100 por ciento en ese mes.
- Consumo total del agua en el suelo: solo ocurre cuando no hay sobrante de agua en el suelo, la precipitación no satisface la evapotranspiración potencial.
- Agua almacenada en el suelo: Se calcula a partir de la suma de la diferencia entre la PPT menos la ETP, con el saldo de agua dejado en el suelo en el mes anterior (PPT-ETP).
- Escorrentía total: es igual al sobrante de agua, una vez que el suelo este recargado 100 por ciento, esto es el agua almacenada en el suelo al final del mes igual a la capacidad de almacenamiento.
- El déficit de agua en el suelo: es la humedad que le hace falta al suelo para estar recargado al 100 por ciento. se calcula a partir de la diferencia entre la retención del suelo y el agua almacenada en el suelo al final del mes.
- Déficit total de Humedad: se calcula a través de la diferencia entre ETP-ETP.

## **4. RESULTADOS**

### **4.1 Localización y demarcación de las áreas de estudio**

#### **4.1.1 Localización y ubicación**

La microcuenca Quebrada Vallejo se encuentra en la parte alta de la Cuenca 102 Río Chiriquí viejo. Se encuentra al Noroeste de la Comunidad de las Nubes, Provincia de Chiriquí y al Sur con Cerro Punta, se ubica geográficamente al Norte del Ecuador y en la zona occidental del meridiano de Greenwich, entre las Siguiete Latitud y Longitud: Latitud norte: 8°53' 50" – 82° 35' 41".

#### **4.1.2 Demarcación hidrográfica**

La microcuenca Quebrada Vallejos hidrográficamente tiene los siguientes límites:

- Por el norte: Río Changuinola N°93.
- Por el sur: Quebrada Las Gonzales, Cuenca Río Chiriquí Viejo N°102.
- Por este: Quebrada Monte Azul, Cuenca Río Chiriquí Viejo N°102.
- Por el oeste: Quebrada Las Nubes, Cuenca Río Chiriquí Viejo N°102.

### **4.2 Descripción general de la microcuenca Quebrada Vallejos y Quebrada Las Nubes**

#### **4.2.1 Generalidades**

La microcuenca Quebrada Vallejos perteneciente a la parte alta de la Cuenca N° 102 Río Chiriquí Viejo tiene una superficie de 168 hectáreas equivalente a 1.68 km<sup>2</sup>, con perímetro de 5.79 km y una orientación al noroeste según su cauce principal, que aportan aguas superficiales en los periodos lluviosos y de infiltración acumulada para los meses y de infiltración acumulada para los periodos secos.

La microcuenca Las Nubes a la parte alta de la Cuenca N° 102 Río Chiriquí Viejo tiene una superficie de 398 hectáreas equivalente a 3.98 km<sup>2</sup>, con perímetro de 12.93 km que aportan aguas superficiales en los periodos lluviosos y de infiltración acumulada para los meses y de infiltración acumulada para los periodos secos.

Las microcuencas Quebrada Vallejos y Quebrada Las Nubes pertenecen al área protegida Parque Nacional la Amistad de acuerdo con la clasificación según su elevación.

#### **4.2.2 Delimitación de las microcuencas mediante técnica digitales**

Para la delimitación de las microcuencas Quebrada Vallejos y Quebrada Las Nubes se tomaron como referencia las coordenadas geográficas que se captaron en campos en los puntos de aforos para ubicarlos en el Software Google Earth Pro, posteriormente es georreferenciado a ArcGis 10.5 de acuerdo con las hojas cartográficas utilizadas para la demarcación del área de estudio; Con la herramienta georreferenciación se seleccionaron 4 puntos que estén dentro del área de estudio para interpolar de forma manual las microcuencas. En referencias a las curvas de nivel mostradas en las hojas cartográficas se identificaron los ríos y principalmente los partes aguas para separar las microcuencas.

La delimitación de la quebrada Vallejos y Quebrada Las Nubes se inició ubicando las coordenadas UTM en el software Google Earth Pro de acuerdo con los puntos de aforo como interés de aprovechamiento hídrico captados en campo. Tomando en cuenta que la quebrada Vallejos se ubica a las siguientes coordenadas 324642 E 983778 N a una altitud de 2124 m.s.n.m y la quebrada Las Nubes 3229004 E 983415 N a una altitud 2143 m.s.n.m. Con referencia a las hojas cartográficas utilizadas para este

estudio se procedió a incluirlas al software ArcGis 10.5 para georreferenciar el mapa e interpolar el área de drenaje, ríos y líneas divisorias de agua y transformarlo en un archivo vectorial con precisión exacta.

#### **4.2.3 Altimetría**

El relieve de la quebrada Vallejos desde el punto altimétrico se identifica por caracterizar elevaciones de tierras que varían desde 2143 a 2685 msnm. Gran parte de la superficie de la microcuenca está caracterizada por bosques naturales y llanuras que sobrepasan los 2600 msnm.

La quebrada Las Nubes presento un relieve similar desde el punto de vista altimétrico se identificó por caracterizar elevaciones de tierra que oscilan desde 2124 msnm a 2964. Gran parte del área se caracteriza por bosque natural.

#### **4.2.4 Hidrografía**

La quebrada Vallejos está compuesta por tributar, segundo y tercer orden de la cual su rio principal tiene una longitud de 1.68 km y 15 por ciento de pendiente media.

La quebrada las Nubes está compuesta por tributar, primer y segundo orden de la cual su rio principal tiene una longitud de 5.68 km y 17 por ciento de pendiente media.

#### **4.2.5 Capacidad Agrologicas de los Suelos**

Los suelos de la microcuenca quebrada Vallejos abarca a una clase según el sistema de evaluación de clases agrologica USDA se clasifico como categoría VIII, al pertenecer al área protegida Parque Nacional la Amistad, por lo tanto, no es suelo considerado para fines agropecuario de ningún tipo, con un área de 1.68 km<sup>2</sup> de bosque Natural.

Los suelos de la microcuenca quebrada Las Nubes abarca a una clase según el sistema de evaluación de clases agrologica USDA, se clasifico como categoría VIII, perteneciendo al área protegida Parque Nacional la Amistad, por lo tanto, no es suelo considerado para fines agropecuario de ningún tipo, con un área de 3.98 km<sup>2</sup> de bosque Natural.

**CUADRO II. SUPERFICIE TERRITORIAL DE LA MICROCUENCA QUEBRADA VALLEJOS Y QUEBRADA LAS NUBES.**

<b>Clases de capacidad de uso</b>	<b>Km<sup>2</sup></b>	<b>%</b>
VIII	1.68	100
VIII	3.98	100
Total	5.26	100

Fuente: Elaboración Propia

**4.2.6 Cobertura Boscosa**

La cobertura boscosa de la quebrada Vallejos actualmente según en el mapa de Cobertura Bosques y otras tierras Boscosas República de Panamá (2019) clasificado Bosque Natural y de acuerdo con la zona de vida un Bosque Pluvial Montano Bajo con un área de 1.68 km<sup>2</sup>, desde el punto de vista de superficie ocupada (MIAMBIENTE 2019).

La cobertura boscosa de la quebrada Las Nubes actualmente según en el mapa de Cobertura Bosques y otras tierras Boscosas República de Panamá (2019) clasificado Bosque Natural y de acuerdo con la zona de vida un Bosque Pluvial Montano Bajo con

un área de 3.68 km<sup>2</sup>, desde el punto de vista de superficie ocupada (MIAMBIENTE 2019).

Es importante señalar, que el índice de cobertura boscosa natural es de 100 %, para la microcuenca quebrada Vallejos y quebrada Las Nubes desde el punto de vista hidrológico es positivo, ya que los procesos de almacenamiento de escorrentía se producen durante todo el año y la captación hídrica mediante masa vegetal se realizan de la mejor forma por excedente cobertura vegetal.

### **CUADRO III. COBERTURABOSCOSA DE QUEBRADA VALLEJOS Y QUEBRADA LAS NUBES.**

<b>Cobertura Boscosa</b>	<b>Categoría Bosque</b>	<b>Superficie (km<sup>2</sup>)</b>
	Bosque Pluvial Montano Bajo	1.68
Bosque	Bosque Pluvial Montano Bajo	3.98
<b>Total</b>		<b>5.36</b>

Fuente: Elaboración Propia

#### **4.2.7 Clima**

El clima de la quebrada Vallejos y quebrada Las Nubes se caracteriza por presentar dos épocas, la seca y la lluviosa. La primera de ella es la época seca se extiende desde el mes de diciembre hasta el mes de abril, y la húmeda desde mayo hasta el mes de noviembre. Estas épocas influyen en el comportamiento de variables climáticas: precipitación, temperatura y otras, provocando una desigualdad a lo largo del año; esto ocurre para ambas microcuencas de estudio.

#### 4.2.8 Precipitación

La precipitación promedio anual de Paso Ancho es de 2623.6 mm utilizada para una aproximación como base para las quebrada Vallejos y quebrada Las Nubes de forma muy general. La distribución de la lluvia es desigual a lo largo del año, en los meses que conforman la época seca (diciembre a abril) solo se registra el 25.9 por ciento y en la época lluviosa (mayo a noviembre) 74.1 por ciento. Según el cuadro x el mes de mayor precipitación es octubre con 12.8 por ciento (335.5 mm) y el mes de menor precipitación es marzo con 2.6 por ciento (69.2 mm).

**CUADRO IV. PRECIPITACION MENSUALES REGISTRADA EN ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA DE BAJO GRANDE EN LA CUENCA RIO CHIRIQUÍ VIEJO**

Estación	Unidad	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Total Anual
102-009	mm	159.7	99.7	69.2	107.7	256.7	264.7	252.2	278.6	292	335.5	262.9	244.1	<b>2623.6</b>
	%	6.1	3.8	2.6	4.1	9.8	10.1	9.6	10.6	11.1	12.8	10.0	9.3	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.8.2 Temperatura

La temperatura mensual registrada en la estación de bajo grande en la rio Chiriquí Viejo muestro en el mes de enero (16.6 °C) baja temperatura y en el mes de junio (°C 15.5) alta temperatura y una temperatura promedio anual de (14.7 °C).

**CUADRO V. TEMPERATURA MENSUAL REGISTRADA EN ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA DE BAJO GRANDE EN LA CUENCA RIO CHIRIQUI VIEJO**

Estación	Unidad	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Prom. Anual
102-009	°C	13.6	13.7	14.1	14.8	15.4	15.5	15.2	15.2	15.1	14.9	14.6	13.9	<b>14.7</b>

Fuente: Elaboración Propia

### **4.3 Morfometría de Cuencas**

La morfometría es la forma de una cuenca siendo la configuración geométrica proyectada en el plano horizontal que influye en la tasa en la que se suministra el agua al cauce principal durante su recorrido inicial hasta su desembocadura, es decir, que la formase relaciona con el comportamiento hidrológico de la cuenca. (Reyes Trujillo *et al*, sf).

Otro de los parámetros morfométricos fundamentales es el perímetro. Para esta microcuenca Quebrada Vallejos con la ayuda de Google Earth, se midió el perímetro igual 5790 m siguiendo la línea divisoria de agua.

#### **4.3.1 Parámetros de Forma**

La forma de una cuenca influye sobre los escurrimientos y sobre la marcha del hidrograma resultante de una precipitación dada. Así, en una cuenca de forma alargada el agua escurre en general por un solo cauce, mientras que en otra cuenca de forma ovalada los escurrimientos recorren cauces secundarios hasta 100 llegar a uno principal, por lo que la duración del escurrimiento es superior (MMA *et al*, 1998).

##### **4.3.1.1 Factor de Forma ( )**

El factor de forma es un índice numérico con el que se puede expresar la forma y la mayor o menor tendencia hacia crecientes rápidas y muy intensas, a lentas y sostenidas de una cuenca. Una cuenca tiende a ser alargada si el factor de forma tiende a cero, mientras que su forma es redonda, en la medida que el factor de forma tiende a uno (Ortiz, 2004; MA, 2010). La forma de la cuenca está determinada a interpretarse a una tabla de clasificación a partir del resultado obtenido de la ecuación.

## CUADRO VI. FORMAS DE LA CUENCA, SEGÚN EL FACTOR DE FORMA

Factor de Forma	Forma de la Cuenca
>0.22	Muy alargada
0.22 – 0.30	Alargada
0.30 – 0.37	Ligeramente Alargada
0.37 – 0.45	Ni alargada ni ensanchada
0.45 – 0.60	Ligeramente ensanchada
0.60 – 0.80	Ensanchada
0.80 – 1.20	Muy ensanchada
>1.20	Rodeando al desagüe

Fuente: Ordoñez, 2011.

La microcuenca Quebrada Vallejos presento un factor de Forma: 0.53 clasificándola como ligeramente ensanchada; Desde el punto de vista susceptible a crecidas podemos resaltar que la microcuenca Quebrada Vallejos de acuerdo a la clasificación ligeramente ensanchada, puede estar vulnerable a crecidas por los diversos factores de forma, ya que el tiempo de crecida máxima del agua y la distancia recorrida es más corta, provocando una acumulación del flujo superficial al mismo tiempo que las demás red de canales al punto de drenaje.

La microcuenca Quebrada Vallejos presento un factor de Forma: 0.12 clasificándola como muy alargada; Desde el punto de vista hidrológico no es vulnerable a crecidas máximas, ya que no hay posibilidades de acumulación de flujo al rio principal.

### 4.3.1.2 Índice de Compacidad o Coeficiente de Gravelius ( )

El coeficiente de Gravelius o índice de compacidad, expresar el predominio del perímetro y el área de la cuenca en la escorrentía. Cuencas de forma alargada disminuye las probabilidades de que sean cubiertas en su totalidad por una tormenta, lo que perjudica el tipo de respuesta que se presenta en el río. En cualquier caso, el índice será mayor que la unidad mientras más discontinua sea la cuenca y tanto más próximo a ella cuando la cuenca se aproxime más a la forma circular, alcanzando valores próximos a tres en cuencas muy alargadas (MA, 2010). La forma de las unidades hidrográficas, en concordancia con los valores obtenidos por el coeficiente de Gravelius, se muestran en el siguiente cuadro:

**CUADRO VII. FORMAS DE LA CUENCA, SEGÚN EL COEFICIENTE DE GRAVELIUS**

<b>Coeficiente de Gravelius</b>	<b>Forma de la Cuenca</b>
1.0 – 1.25	Forma redonda a oval redonda
1.25 – 1.50	Forma oval redonda a oval oblonga
1.50 – 1.75	Forma oval oblonga a rectangular oblonga

Fuente: Reyes Barroso y Carvajal (2010)

La microcuenca Quebrada Vallejos presento un coeficiente de Gravelius de 1.23 clasificándola oval redonda a oval oblonga.

La microcuenca Quebrada Vallejos presento un coeficiente de Gravelius de 1.81 clasificándola oval oblonga a rectangular oblonga.

#### **4.3.2 Parámetros de Relieve**

Son de gran importancia puesto que el relieve de una cuenca tiene más influencia sobre la respuesta hidrológica que su forma; con carácter general podemos decir que

a mayor relieve o pendiente la generación de escorrentía se produce en lapsos de tiempo menores. (Ibáñez, Moreno y Gisbert 2010).

#### **4.3.2.1 Elevación media de las Microcuencas**

Según Campos Aranda (1983), la pendiente media de la cuenca tiene una importante pero compleja relación con la infiltración, el escurrimiento superficial, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea al flujo en los cauces.

Para la microcuenca quebrada Vallejos tiene una elevación media de 2414 m.s.n.m.

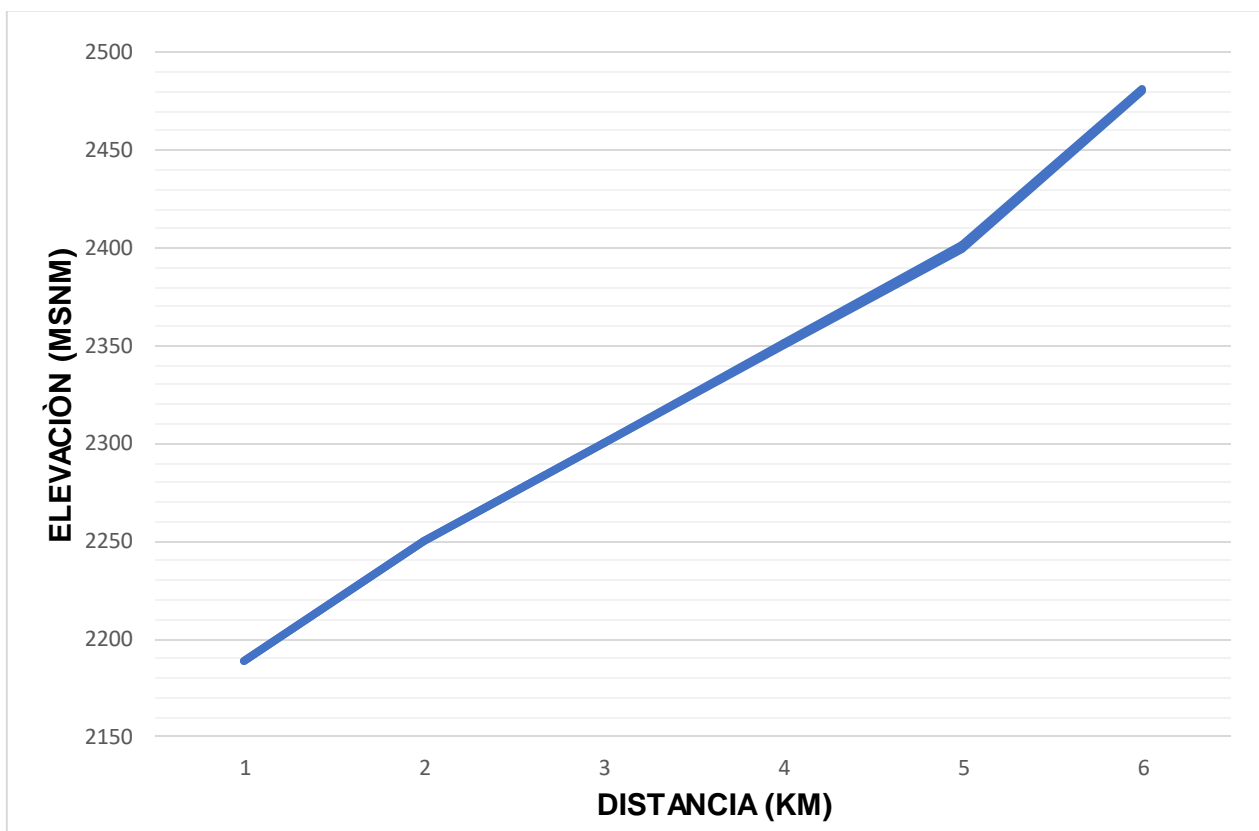
Para la microcuenca quebrada Las Nubes tiene una elevación media de 2460 m.s.n.m.

#### **4.3.2.2 Perfil y pendiente media del Cauce Principal ( )**

Es la relación existente entre el desnivel altitudinal del cauce y su longitud. La pendiente media del río principal es un parámetro que influye sobre la velocidad de flujo, en la forma del hidrograma y en el estudio del comportamiento del recurso hídrico; por ejemplo, para la determinación de las características óptimas de su aprovechamiento hidroeléctrico (Villón, 2004).

La microcuenca Quebrada Vallejos presenta una pendiente media del cauce principal, 15.13%. A continuación, se presenta el perfil del cauce principal de la microcuenca Quebrada Vallejos. (Ver FIGURA 1)

**FIGURA 1. PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL DE LA MICROCUENCA QUEBRADA VALLEJOS**

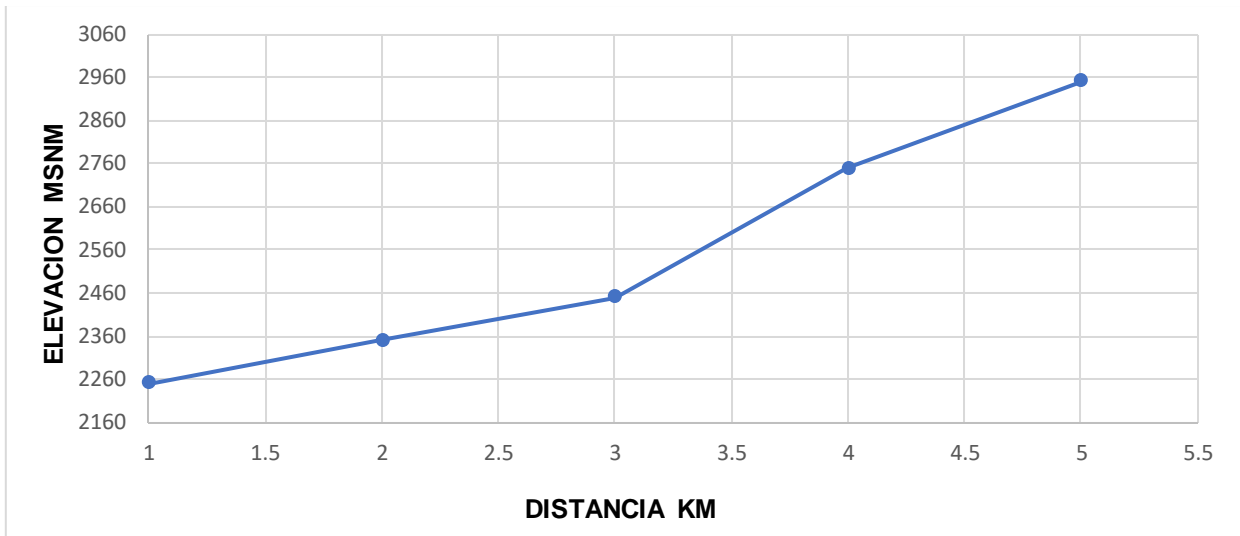


Fuente: Elaboración Propia

Normalmente se puede decir que los dos extremos de la curva tienen variaciones abruptas (Ibáñez, *et al.* 2010).

La microcuenca Quebrada Las Nubes presento una pendiente media del cauce principal, 17. Por ciento. A continuación, se presenta el perfil del cauce principal de la microcuenca Quebrada Vallejos. (Ver FIGURA 2).

**FIGURA 2. PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL DE LA MICROCUENCA QUEBRADA LAS NUBES**



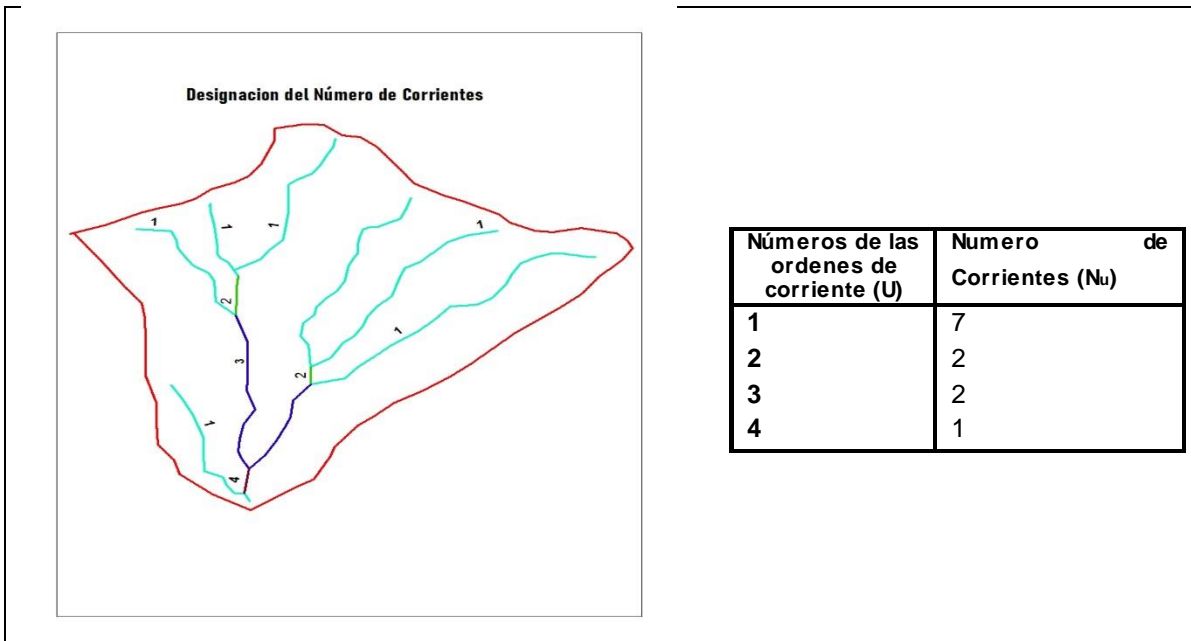
Fuente: Elaboración propia

### **4.3.3 Parámetros de la red Hidrográfica**

La red hidrográfica corresponde al drenaje natural, permanente o temporal, por el que fluyen las aguas de los escurrimientos superficiales, hipodérmicos y subterráneos de la cuenca. La red de drenaje es probablemente uno de los factores más importantes a la hora de definir un territorio.

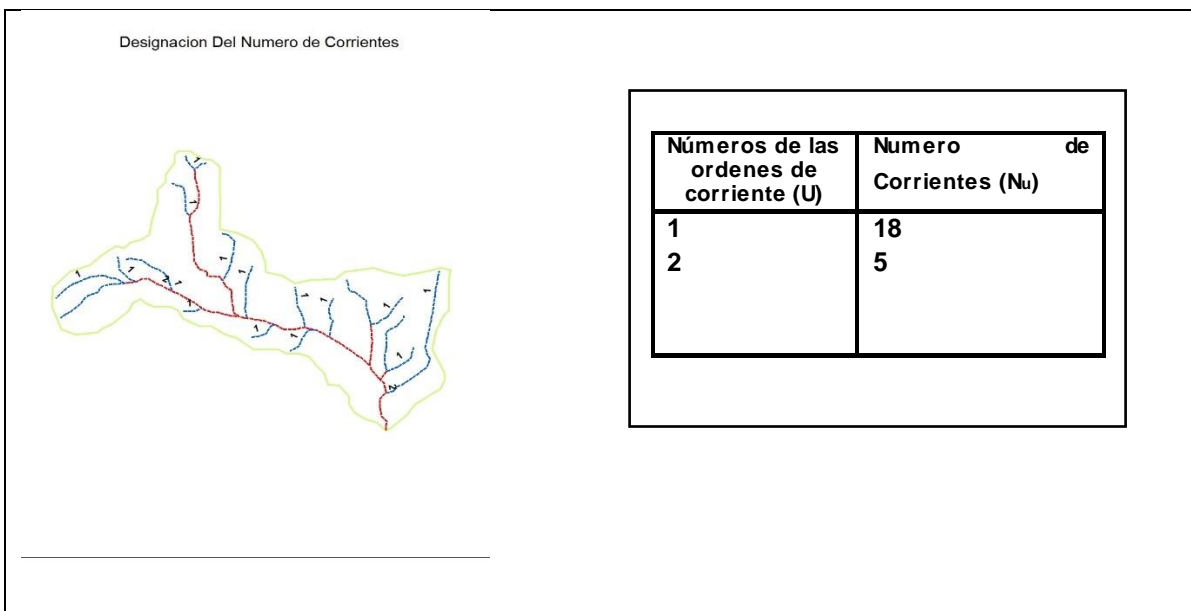
Diversos autores coinciden en afirmar que mientras mayor sea el grado de bifurcación del sistema de drenaje de una cuenca, es decir, entre más corrientes tributarias presente, más rápida será la respuesta de la cuenca frente a una tormenta, evacuando el agua en menos tiempo. En efecto, al presentar una densa red de drenaje, una gota de lluvia deberá recorrer una longitud de ladera pequeña, realizando la mayor parte del recorrido a lo largo de los cauces, donde la velocidad del escurrimiento es mayor (Universidad de Talca, 2012).

**FIGURA 3. DESIGNACIÓN DEL NUMERO DE CORRIENTES DE LA MICROCUENCA QUEBRADA VALLEJOS**



Fuente: Elaboración propia

**FIGURA 4. DESIGNACIÓN DEL NUMERO DE CORRIENTES DE LA MICROCUENCA QUEBRADA LAS NUBES**



Fuente: Elaboración propia

#### **4.3.3.1 Patrón de Drenaje**

El patrón de drenaje desarrollado por un sistema de corrientes y tributarios depende de la pendiente de las laderas, área de drenaje, cobertura vegetal, naturaleza de las rocas subyacentes, caudal, permeabilidad del suelo, nivel e intensidad de lluvias y en parte de la historia de las corrientes. Casi todas las corrientes siguen una especie de ramificaciones, hacia el sentido en que reciben sus tributarios; estos tributarios tienen, a su vez, otros más pequeños; pero la forma en que se desarrolla la ramificación varía sensiblemente y es lo que se llama patrón de drenaje. (Universidad del Cauca, sf)

La microcuenca Quebrada Vallejos y microcuenca Las Nubes presentaron ambos el tipo de patrón dendrítico conformado por un conjunto de corrientes pequeñas, cortas e irregulares y que tienen una orientación en todas las direcciones, llegando al cauce principal formando cualquier ángulo.

#### **4.3.3.2 Numero de Corrientes, Según el Orden (*Nu*)**

La microcuenca Quebrada Vallejos presentó una red drenaje de orden cuatro con un total de 12 corrientes. Según el grado de bifurcación se determinó que la cuenca tiene 7 corrientes de primer (1°) orden que representan el 58.3 por ciento del total, 2 corrientes de segundo (2°) orden que representan el 16.6 por ciento del total, 2 corrientes de tercer (3°) orden que representan el 16.6 por ciento del total, 1 corrientes de cuarto (4°) orden que representan el 8.3 por ciento del total.

La microcuenca Quebrada Las Nubes presentó una red drenaje de orden secundario con un total de 23 corrientes. Según el grado de bifurcación se determinó que la cuenca

tiene 18 corrientes de primer (1°) orden que representan el 78 por ciento del total, 5 corrientes de segundo (2°) orden que representan el 22 por ciento del total.

#### 4.3.3.3 Longitud Total de las Corrientes, Según el Orden (*Lu*)

La longitud total de las corrientes de diferentes órdenes de la microcuenca Quebrada Vallejos, tiene un valor de 7.81 Km. Las corrientes de primer (1°) orden tienen una longitud total de 4.22 Km que representan el 62.9 por ciento de total, las corrientes de segundo (2°) orden tienen una longitud 1.1 Km que representan el 16.4 por ciento del total, las corrientes de tercer orden (3°) tienen una longitud de 1.3 Km que representan el 19.4 por ciento, las corrientes de cuarto (4°) orden tienen una longitud 0.08 Km que representan el 1.19 por ciento del total.

La longitud total de las corrientes de diferentes órdenes de la microcuenca Quebrada L, tiene un valor de 20.54 Km. Las corrientes de primer (1°) orden tienen una longitud total de 14.19 Km que representan el 69 por ciento de total, las corrientes de segundo (2°) orden tienen una longitud 6.35 Km que representan el 31 por ciento del total, las corrientes de tercer orden.

**CUADRO VIII. CLASIFICACIÓN ORDINAL DE LAS CORRIENTES DE LA QUEBRADA VALLEJOS Y QUEBRADA LAS NUBES.**

Numero de Ordenes de las Corrientes	Quebrada Vallejos	Quebrada Las Nubes
1	7	18
2	2	5
3	2	
4	1	
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>23</b>

Fuente: Elaboración propia

**CUADRO IX. LONGITUD TOTAL DE LAS CORRIENTES (Km) DE LAS QUEBRADA VALLEJOS Y QUEBRADA LAS NUBES**

<b>Numero de Ordenes de las Corrientes</b>	<b>Quebrada Vallejos</b>	<b>Quebrada Las Nubes</b>
1	4.22	14.19
2	1.1	6.35
3	1.3	
4	0.8	
<b>Total</b>	<b>7.81</b>	<b>20.54</b>

Fuente: Elaboración propia

**4.3.3.4 Densidad de drenaje**

Este es un índice importante, puesto que refleja la influencia de la geología, topografía, suelos y vegetación, en la cuenca hidrográfica, y está relacionado con el tiempo de salida del escurrimiento superficial de la cuenca (Días, Alarcón 2018). La densidad de drenaje no es una constante para una cuenca, porque aumenta y merma durante períodos lluviosos y secos respectivamente. Una cuenca bien drenada generaría poca oportunidad de darle tiempo a la escorrentía superficial de infiltrarse y percolar a nivel subterráneo, de allí que los acuíferos de estas regiones son de bajos rendimientos o en su defecto el volumen de recarga es muy pobre (Ruiz, citado por Delgadillo y Moreno 2012).

Con la ayuda del sistema de información geográfica y Google Eart se encontró que la longitud de todos los cauces dentro de la microcuenca Quebrada Vallejos es de 7.81 Km; por lo tanto, la densidad de drenaje es: 4.64 Km/Km<sup>2</sup> y la longitud de todos los

cauces dentro de la microcuenca Quebrada Las Nubes es de 20.54 Km; por lo tanto, la densidad de drenaje es: 5.1 Km/Km<sup>2</sup>.

**CUADRO X VALORES INTERPRETATIVOS DE LA DENSIDAD DE DRENAJE**

Densidad de Drenaje	Categoría
<1	Baja
1 a 2	Moderada
2 a 3	Alta
>3	Muy Alta

Fuente: (Ruiz, citado por Delgadillo y Moreno, 2012).

La microcuenca Quebrada Vallejos presento una densidad de drenaje de 4.64 km/km<sup>2</sup> calificándola con una densidad muy alta.

La microcuenca Quebrada Vallejos presento una densidad de drenaje de 5.1 km/km<sup>2</sup> calificándola con una densidad muy alta.

**4.3.3.5 Frecuencia de Ríos**

La microcuenca Quebrada Vallejo presento una frecuencia de ríos de 7.2 m/km<sup>2</sup>.

La microcuenca Quebrada Las Nubes presento una frecuencia de ríos de 5.7 m/km<sup>2</sup>.

**CUADRO XI. PARAMETROS MORFOMÉTRICO DE LA QUEBRADA VALLEJOS Y QUEBRADA LAS NUBES Y UNIDADES HIDROGRÁFICAS**

Parámetros e Índices	Símbolo	Unidad	Qda Vallejos	Qda Las Nubes	
Área total	A	Km <sup>2</sup>	1.68	3.98	
Perímetro	P	Km	5.4	12.93	
Longitud del cauce Principal	L <sub>c</sub>	Km	1.83	5.58	
Longitud del máximo Recorrido	L <sub>m</sub>	Km	1.84	5.85	
Longitud Axial	L <sub>a</sub>	Km	1.68	5.85	
Elevación Máxima de la Microcuenca	E <sub>max</sub>	msnm	2658	2936	
Elevación Mínima de la Microcuenca	E <sub>min</sub>	msnm	2143	2124	
Desnivel total de la microcuenca	D <sub>t</sub>	msnm	469	812	
<b>Forma</b>					
Factor Forma	F <sub>F</sub>	1	0.53	0.12	
Índice de Compacidad o Coeficiente de Gravelius	K <sub>c</sub>	1	1.22	1.81	
<b>Relieve</b>					
Elevación media de la microcuenca	E <sub>m</sub>	msnm	2414	2460	
Pendiente media del cauce Principal	l <sub>c</sub>	%	15.13	17.1	
<b>Red Hidrográfica</b>					
Numero de Corrientes de un Orden	Orden 1	N <sub>u</sub>	1	7	18
	Orden 2		1	2	5
	Orden 3		1	2	
	Orden 4		1	1	
Número total de corrientes de todos los ordenes		N <sub>ut</sub>	1	12	23
Longitud total de todas las Corrientes	Orden 1	L <sub>u</sub>	Km	4.22	14.19
	Orden 2		Km	1.1	6.35
	Orden 3		Km	1.3	
	Orden 4		Km	0.8	
Longitud total de todos los ordenes		L <sub>ut</sub>	km	7.81	24.54
Densidad de Drenajes		D <sub>d</sub>	Km/km <sup>2</sup>	4.64	5.1
Frecuencia de Corrientes		F <sub>r</sub>	m/km <sup>2</sup>	7.2	5.7

**Fuente: Elaboración propia**

#### **4.4 Precipitación Promedio Anual**

##### **4.4.1 Microcuencas Quebrada Vallejos y Quebrada Las Nubes.**

La estimación de la precipitación promedio anual para las microcuencas de estudios se calculó a partir del mapa base realizado para la cuenca Rio Chiriquí Viejo 102 por el método de Isoyetas. La Microcuenca Quebrada Vallejos dio como resultado de precipitación anual de 2900 mm/año y la microcuenca Quebrada Las Nubes dio como resultado de 2850 mm/año. Adicionalmente las microcuencas se encuentran en el límite de 2 líneas de isoyetas las cuales están entre 2700 mm y 3100 mm. Dentro de otro tipo vista para la Quebrada Vallejos recibe el 60 por ciento de precipitación mayores de 3000 mm el resto menores de 2900 mm; para la microcuenca Quebrada Las Nubes recibe un 10 por ciento de las precipitaciones mayores a 3100 mm, el resto menores a 3000 mm. **Ver en el anexo D.**

##### **4.4.2 Oferta de Agua**

###### **4.4.2.1 Aforos en la Quebrada Vallejos y Quebradas Las Nubes**

La disponibilidad de agua para abastecer un proyecto de irrigación debe ser aproximada considerando la posibilidad de aprovechamiento en relación con la ubicación de la fuente y el punto importante es que mantenga flujo en época seca.

Sobre las afirmaciones anteriores se puede estimar el caudal disponible para abastecer el proyecto de riego Alto Bambito, basados en la medición directa por aforos en temporada seca y referenciando datos climáticos de precipitación y temperatura.

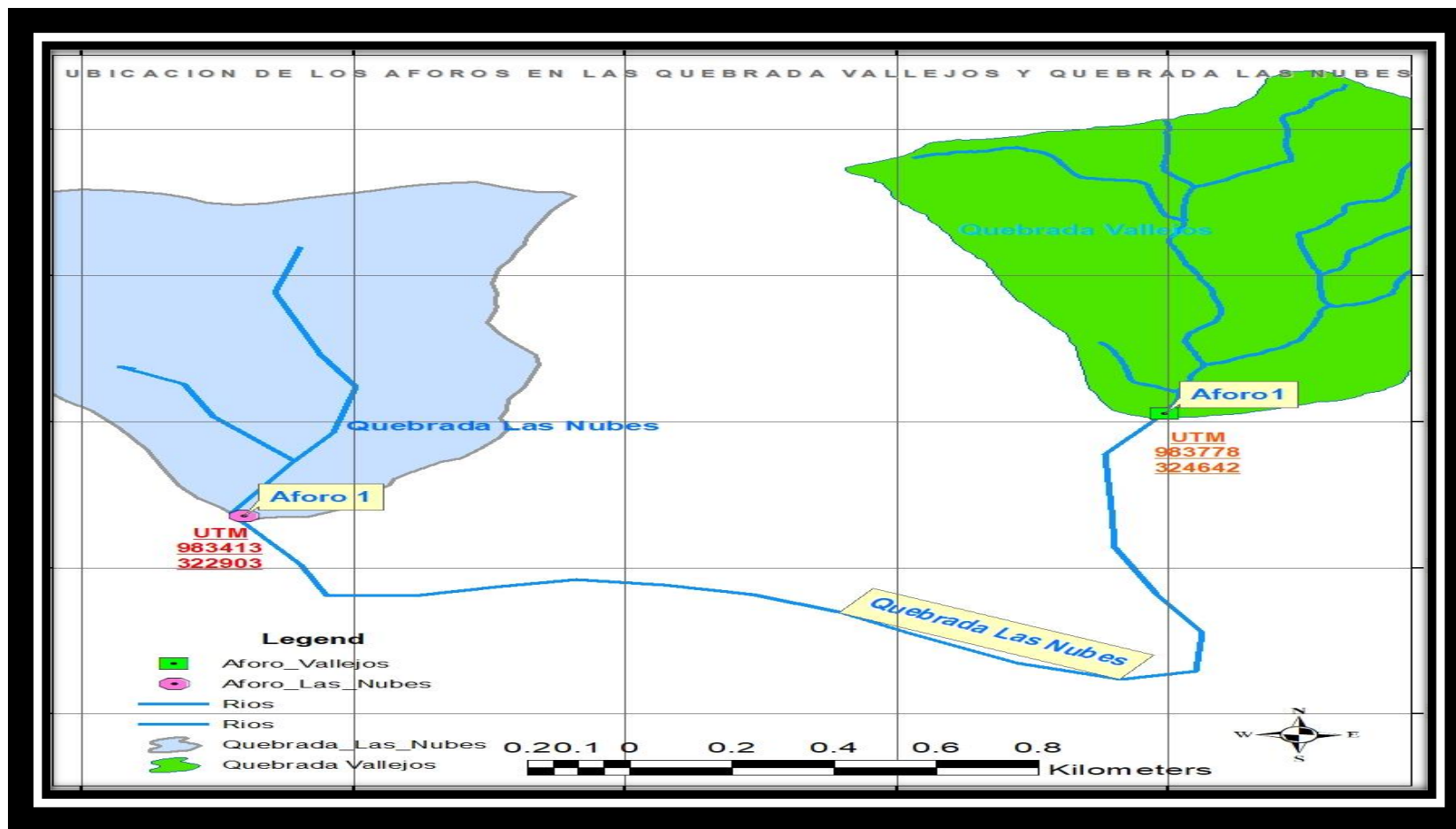
Como parte del objetivo de la investigación se conoció el aporte de dos fuentes hídricas; quebrada Las Nubes actualmente abastece el proyecto y la quebrada Vallejos

posible alternativa para compensar el caudal demandado del proyecto de riego Alto Bambito.

Durante la investigación se realizaron 2 aforos en la Quebrada Vallejos por el método de vadeo instantáneo seleccionando área transversal con flujos naturales permanentes que permitan levantar la información correspondiente brindando el resultado siguiente: Aforo N°1 **195 l/s – 0.195 m<sup>3</sup>/s**, Aforo N°2 **100 l/s – 0.100 m<sup>3</sup>/s**.

En la Quebrada Las Nubes se realizaron 6 aforos por el método de vadeo instantáneo seleccionando área transversal con flujos naturales permanentes, obteniendo el resultado siguiente: aforo N°1 **94.2 l/s – 0.942 m<sup>3</sup>/s**, aforo N°2 **150 l/s – 0.150 m<sup>3</sup>/s**, aforo N°3 **434 l/s – 0.434 m<sup>3</sup>/s**, aforo N°4 **686 l/s – 0.686 m<sup>3</sup>/s**, aforo N°5 **271 l/s – 0.271 m<sup>3</sup>/s**, aforo N°6 **201 l/s – 0.201 m<sup>3</sup>/s**.

FIGURA 5. UBICACIÓN DE LOS AFOROS REALIZADOS EN LA QUEBRADA VALLEJOS Y QUEBRADA LAS NUBES AGUAS ARRIBA DE LA TOMA DEL PROYECTO DE RIEGO ALTO BAMBITO.



Fuente: Elaboracion propia

**CUADRO XII. RESULTADOS DEL AFORO EN LA QUEBRADA N°1, VALLEJOS, CERRO PUNTA.**

**Río:** Quebrada Vallejos, Cerro Punta. **N° de Cuenca:** 102 **Coordenadas UTM:** LAT 983866.90. LONG. 324646.80

**Fecha:** 3 de marzo de 2021. **Aforador:** Noe Aguilar, Michael Ibarra **F Molinete N°:** Rickly Hidrological Co. USGS 6200AA

**Área:** 1.06 m<sup>2</sup> **Ancho:** 3.30 m **Velocidad:** 0.18 m/s **Caudal:** 195 l/s-0.195 m<sup>3</sup>/s **Método:** 0.6 h desde sup. **N° Secc:** 6

FORMULARIO DE CÁLCULOS DE AFORO DE RIOS.				AFORO No. 006-21. Quebrada Vallejos, Cerró Punta.				
Estación (m)	Profundidad (m)	Revoluciones	Tiempo en Segundos	Velocidad (m/s)		Área (m <sup>2</sup> )	Ancho (m)	Caudal lit/seg
				En el Punto	Media en la Vertical			
0.00 (orilla derecha)	0.00	Orilla derecha	----	----	----	----	----	----
0.25	0.30	15	42	0.24	0.24	0.11	0.38	26
0.75	0.42	11	40	0.19	0.19	0.21	0.50	40
1.25	0.43	10	40	0.17	0.17	0.22	0.50	37
1.75	0.30	15	41	0.25	0.25	0.15	0.50	38
2.25	0.17	14	40	0.24	0.24	0.08	0.50	19
2.75	0.56	7	40	0.12	0.12	0.29	0.52	35
3.30	0.00	Orilla izquierda						
<b>TOTAL</b>								<b>195</b>

**OBSERVACIONES:** **Sección transversal:** Pareja con paredes y fondo rocoso. **Flujo:** Confinado, parejo y rápido

**Control:** Despejado y sin afectar la medición. **Temperatura y aspecto general del agua:** Muy fría y cristalina.

**CUADRO XIII. RESULTADOS DEL AFORO EN LA QUEBRADA N°2, VALLEJOS, CERRO PUNTA.**

Río: Quebrada Vallejos, Cerro Punta. N° de Cuenca: 102 Coordenadas UTM: LAT 983778 LONG. 324642

Fecha: 18 de marzo de 2021. Aforador: Noe Aguilar, Michael Ibarra F Molinete N°: Rickly Hidrological Co. USGS 6200AA

Área: 0.96 m<sup>2</sup> Ancho: 3.02 m Velocidad: 0.10 m/s Caudal: 100 l/s-0.100 m<sup>3</sup>/s Método: 0.6 h desde sup. N° Secc: 6

FORMULARIO DE CÁLCULOS DE AFORO DE RIOS.				AFORO No. 07-21. Quebrada Vallejos, Cerró Punta.				
Estación (m)	Profundidad (m)	Revoluciones	Tiempo en Segundos	Velocidad (m/s)		Área (m <sup>2</sup> )	Ancho (m)	Caudal lit/seg
				En el Punto	Media en la Vertical			
0.00 (orilla derecha)	0.00	Orilla derecha	----	----	----	----	----	----
0.20	0.22	11	44	0.17	0.17	0.06	0.25	10
0.50	0.38	1	52	0.02	0.02	0.19	0.50	4
1.00	0.47	13	43	0.21	0.21	0.24	0.50	50
1.50	0.30	1	46	0.02	0.02	0.15	0.50	3
2.0	0.33	12	50	0.17	0.17	0.16	0.50	27
2.50	0.56	4	70	0.04	0.04	0.51	0.51	6
3.02	0.00	Orilla izquierda						
<b>TOTAL</b>								<b>100</b>

**OBSERVACIONES:** Sección transversal: Pareja con paredes y fondo rocoso Flujo: Confinado, parejo y semirrápido

Control: Despejado y sin afectar la medición. Temperatura y aspecto general del agua: Muy fría y cristalina.

**CUADRO XIV. RESULTADOS DEL AFORO EN LA QUEBRADA N°3, LAS NUBES, CERRO PUNTA.**

**Río:** Quebrada Las Nubes, Cerro Punta. **N° de Cuenca:** 102 **Coordenadas UTM:** LAT 983363 N LONG. 322877 E

**Fecha:** 21 de abril 2016. **Aforador:** Noe Aguilar, Jaime Ortega **F Molinete N°:** Rickly Hidrological Co. USGS 6200AA

**Área:** 0.45 m<sup>2</sup> **Ancho:** 0.21 m **Velocidad:** 0.10 m/s **Caudal:** 94.2 l/s-0.94 m<sup>3</sup>/s **Método:** 0.6 h desde sup. **N° Secc:** 11

FORMULARIO DE CÁLCULOS DE AFORO DE RIOS.				AFORO No. 001-16. Quebrada Las Nubes, Cerró Punta.				
Estación (m)	Profundidad (m)	Revoluciones	Tiempo en Segundos	Velocidad (m/s)		Área (m <sup>2</sup> )	Ancho (m)	Caudal lit/seg
				En el Punto	Media en la Vertical			
0.00 (orilla derecha)	0.00			0.13	0.13	0.036	0.30	4.68
0.30	0.12	9	48	0.20	0.20	0.060	0.30	12.00
0.60	0.20	14	47	0.26	0.26	0.063	0.30	16.38
0.90	0.21	18	48	0.26	0.26	0.057	0.30	14.82
1.20	0.19	17	45	0.32	0.32	0.063	0.30	20.16
1.50	0.21	21	45	0.30	0.30	0.036	0.30	10.80
1.80	0.12	19	43	0.21	0.21	0.036	0.30	7.56
2.10	0.12	14	46	0.18	0.18	0.024	0.30	3.36
2.40	0.08	10	48	0.13	0.13	0.030	0.30	3.90
2.70	0.10	9	48	0.00	0.00	0.027	0.30	0.54
3.0	0.09	1	57	0.00	0.00	0.024	0.30	0.00
3.30	0.08	0.00	60					
3.60	0.00							
<b>TOTAL</b>								<b>94.2</b>

**OBSERVACIONES:** **Sección transversal:** Pareja con paredes y fondo rocoso **Flujo:** Confinado, parejo y semirrápido

**Control:** Despejado y sin afectar la medición. **Temperatura y aspecto general del agua:** Muy fría y cristalina.

**CUADRO XV. RESULTADOS DEL AFORO EN LA QUEBRADA N°4, LAS NUBES, CERRO PUNTA.**

Río: Quebrada Las Nubes, Cerro Punta. N° de Cuenca: 102 Coordenadas UTM: LAT 983413 LONG 322903

Fecha: 18 de marzo 2021. Aforador: Noe Aguilar, Michael Ibarra F Molinete N°: Rickly Hidrological Co. USGS 6200AA

Área: 2.81 m<sup>2</sup> Ancho: 10.30 m Velocidad: 0.15 m/s Caudal: 434 l/s-0.434 m<sup>3</sup>/s Método: 0.6 h desde sup. N° Secc: 10

FORMULARIO DE CÁLCULOS DE AFORO DE RIOS. AFORO No. 008-21. Quebrada Las Nubes, Cerró Punta.								
Estación (m)	Profundidad (m)	Revoluciones	Tiempo en Segundos	Velocidad (m/s)		Área (m <sup>2</sup> )	Ancho (m)	Caudal lit/seg
				En el Punto	Media en la Vertical			
0.00 (orilla derecha)	0.00	Orilla Izquierda	---	---	---	---	---	---
0.50	0.20	2	44	0.04	0.04	0.15	0.75	6
1.50	0.23	3	40	0.06	0.06	0.23	1.0	14
2.50	0.24	3	40	0.06	0.06	0.24	1.0	14
3.50	0.25	5	42	0.08	0.08	0.25	1.0	20
4.50	0.26	4	40	0.07	0.07	0.26	1.0	18
5.50	0.26	6	48	0.09	0.09	0.26	1.0	23
6.50	0.27	6	44	0.10	0.10	0.27	1.0	27
7.50	0.28	4	48	0.06	0.06	0.28	1.0	17
8.50	0.28	1	40	0.02	0.02	0.28	1.0	6
9.50	0.27	1	40	0.02	0.02	0.26	0.95	5
10.40	0.00	Orilla derecha	---	---	---	---	---	---
<b>TOTAL</b>								<b>150</b>

**OBSERVACIONES:** Sección transversal: Pareja con fondo de hormigón a nivel. Flujo: Confinado, parejo y lento

Control: Despejado y sin afectar la medición. Temperatura y aspecto general del agua: fresca y cristalina.

**CUADRO XVI. RESULTADOS DEL AFORO EN LA QUEBRADA N°5, LAS NUBES, CERRO PUNTA.**

Río: Quebrada Las Nubes, Cerro Punta. N° de Cuenca: 102 Coordenadas UTM: LAT 983413 LONG 322903

Fecha: 31 de marzo 2021. Aforador: Noe Aguilar, Jaime Ortega F Molinete N°: Rickly Hidrological Co. USGS 6200AA

Área: 2.81 m<sup>2</sup> Ancho: 10.30 m Velocidad: 0.06 m/s Caudal: 434 l/s-0.434 m<sup>3</sup>/s Método: 0.6 h desde sup. N° Secc: 10

FORMULARIO DE CÁLCULOS DE AFORO DE RIOS. AFORO No. 13-21. Quebrada Las Nubes, Cerró Punta.								
Estación (m)	Profundidad (m)	Revoluciones	Tiempo en Segundos	Velocidad (m/s)		Área (m <sup>2</sup> )	Ancho (m)	Caudal lit/seg
				En el Punto	Media en la Vertical			
0.00 (orilla derecha)	0.24	6	43	0.10	0.10	0.12	0.50	12
1.0	0.27	7	48	0.10	0.10	0.27	1.0	27
2.0	0.28	10	40	0.17	0.17	0.28	1.0	48
3.0	0.28	12	43	0.19	0.19	0.28	1.0	53
4.0	0.30	14	40	0.24	0.08	0.30	1.0	72
5.0	0.30	13	40	0.22	0.22	0.30	1.0	66
6.0	0.31	11	40	0.19	0.19	0.31	1.0	59
7.0	0.31	13	40	0.22	0.22	0.31	1.0	68
8.0	0.32	5	40	0.09	0.09	0.32	1.15	29
9.0	0.32	0	60	0.00	0.00	0.32	1.0	0
10.30	0.00	Orilla derecha	---		---	---	---	---
<b>TOTAL</b>								<b>434</b>

**OBSERVACIONES:** Sección transversal: Pareja con fondo de hormigón a nivel. Flujo: Confinado, parejo y semirrápido

Control: Despejado y sin afectar la medición. Temperatura y aspecto general del agua: fresca y cristalina.

**CUADRO XVII. RESULTADOS DEL AFORO EN LA QUEBRADA N°6, LAS NUBES, CERRO PUNTA.**

**Río:** Quebrada Las Nubes, Cerro Punta. N° de Cuenca: 102 **Coordenadas UTM:** LAT 983413 LONG 322903

**Fecha:** 17 de abril 2021. **Aforador:** Noe Aguilar, Michael Ibarra F Molinete N°: Rickly Hidrological Co. USGS 6200AA

**Área:** 3.28 m<sup>2</sup> **Ancho:** 10.68 m **Velocidad:** 0.21 m/s **Caudal:** 686 l/s-0.686 m<sup>3</sup>/s **Método:** 0.6 h desde sup. **N° Secc:** 12

FORMULARIO DE CÁLCULOS DE AFORO DE RIOS. AFORO No. 14-21. Quebrada Las Nubes, Cerró Punta.								
Estación (m)	Profundidad (m)	Revoluciones	Tiempo en Segundos	Velocidad (m/s)		Área (m <sup>2</sup> )	Ancho (m)	Caudal lit/seg
				En el Punto	Media en la Vertical			
0.00 (orilla derecha)	0.00	---	---	---	---	---	---	---
0.50	0.25	10	40	0.17	0.17	0.19	0.75	32
1.50	0.30	13	40	0.22	0.22	0.30	1.0	66
2.50	0.31	13	40	0.22	0.22	0.31	1.0	68
3.50	0.32	13	40	0.22	0.22	0.32	1.0	70
4.50	0.33	14	40	0.24	0.24	0.33	1.0	79
5.50	0.34	9	40	0.16	0.16	0.34	1.0	54
6.50	0.34	15	40	0.26	0.26	0.34	1.0	88
7.50	0.34	12	40	0.21	0.21	0.34	1.0	71
8.50	0.34	14	40	0.24	0.24	0.34	1.0	82
9.50	0.34	9	40	0.16	0.16	0.26	0.75	42
10.00	0.36	9	40	0.16	0.16	0.18	0.50	29
10.50	0.22	4	40	0.07	0.07	0.07	0.34	5
10.68	0.00	---	---	---	---	---	---	---
<b>TOTAL</b>								<b>686</b>

**OBSERVACIONES:** **Sección transversal:** Pareja con fondo de hormigón a nivel.

**Flujo:** Confinado, parejo y lento

**Control:** Despejado y sin afectar la medición.

**Temperatura y aspecto general del agua:** algo fría y ligeramente turbia.

**CUADRO XVIII. RESULTADOS DEL AFORO EN LA QUEBRADA N°7, LAS NUBES, CERRO PUNTA.**

Río: Quebrada Las Nubes, Cerro Punta. N° de Cuenca: 102 Coordenadas UTM: LAT 983413 LONG 322903

Fecha: 17 de agosto 2021. Aforador: Noe Aguilar, Leonel De Lisser F Molinete N°: Rickly Hidrological Co. USGS 6200AA

Área: 3.58 m<sup>2</sup> Ancho: 10.10 m Velocidad: 0.08 m/s Caudal: 271 l/s-0.271 m<sup>3</sup>/s Método: 0.6 h desde sup. N° Secc: 10

FORMULARIO DE CÁLCULOS DE AFORO DE RIOS.				AFORO No. 15-21. Quebrada Las Nubes, Cerró Punta.				
Estación (m)	Profundidad (m)	Revoluciones	Tiempo en Segundos	Velocidad (m/s)		Área (m <sup>2</sup> )	Ancho (m)	Caudal lit/seg
				En el Punto	Media en la Vertical			
0.00 (orilla derecha)	0.24	Orilla izquierda	60	---	---	---	---	---
1.0	0.36	0	60	0.00	0.00	0.36	0	0
2.0	0.36	7	40	0.08	0.08	0.36	1.0	29
3.0	0.38	5	40	0.09	0.09	0.38	1.0	34
4.0	0.39	6	40	0.11	0.11	0.39	1.0	43
5.0	0.39	7	40	0.12	0.12	0.39	1.0	47
6.0	0.40	5	40	0.09	0.09	0.40	1.0	36
7.0	0.40	5	40	0.09	0.09	0.40	1.0	36
8.0	0.40	5	40	0.09	0.09	0.40	1.0	36
9.0	0.40	1	40	0.02	0.02	0.30	0.75	6
9.50	0.36	1	40	0.02	0.02	0.20	0.55	4
10.10	0.00	Orilla izquierda	---	---	---	---	---	---
<b>TOTAL</b>								<b>271</b>

**OBSERVACIONES:** Sección transversal: Pareja con fondo de hormigón a nivel. Flujo: Confinado, parejo y semirrápido

Control: Despejado y sin afectar la medición. Temperatura y aspecto general del agua: fresca y cristalina.

**CUADRO XIX. RESULTADOS DEL AFORO EN LA QUEBRADA N°8, LAS NUBES, CERRO PUNTA.**

Río: Quebrada Las Nubes, Cerro Punta. N° de Cuenca: 102 Coordenadas UTM: LAT 983413\*-  
LONG. 322903

Fecha: 11 de febrero 2022. Aforador: Noe Aguilar, Michael Ibarra F Molinete N°: Rickly Hidrological Co. USGS 6200AA

Área: 0.91 m<sup>2</sup> Ancho: 8.50 m Velocidad: 0.22 m/s Caudal: 201 l/s-0.201 m<sup>3</sup>/s Método: 0.6 h desde sup. N° Secc: 8

FORMULARIO DE CÁLCULOS DE AFORO DE RIOS.				AFORO No. 11-22 Quebrada Vallejos, Cerro Punta.				
Estación (m)	Profundidad (m)	Revoluciones	Tiempo en Segundos	Velocidad (m/s)		Área (m <sup>2</sup> )	Ancho (m)	Caudal lit/seg
				En el Punto	Media en la Vertical			
0.00	0.00	Orilla derecha	----	----	----	----	----	----
1.00	0.08	16	40	0.27	0.27	0.08	1.00	21
2.00	0.12	5	40	0.09	0.09	0.12	1.00	11
3.00	0.16	19	40	0.32	0.32	0.14	1.00	51
4.00	0.10	12	40	0.21	0.21	0.10	1.00	21
5.00	0.16	16	40	0.27	0.27	0.14	1.00	43
6.00	0.18	9	40	0.16	0.16	0.15	1.00	29
7.00	0.12	7	40	0.12	0.12	0.12	1.00	14
8.00	0.08	11	40	0.19	0.19	0.06	0.75	11
8.50	0.00	Orilla izquierda	-----	-----	-----	-----	-----	----
<b>TOTAL</b>								<b>201</b>

**OBSERVACIONES:** Sección transversal: Pareja con paredes y fondo rocoso Flujo: Confinado, parejo y semirrápido

Control: Despejado y sin afectar la medición. Temperatura y aspecto general del agua: Muy fría y cristalina.

**CUADRO XX. RESULTADOS DE AFOROS REALIZADOS EN LAS MICROCUENCAS QUEBRADA VALLEJOS Y QUEBRADA LAS NUBES (l/s).**

Aforo	Fecha	Método	Quebrada Vallejos	Quebrada Las Nubes	Qx Caudal (l/s)
1	3-03-2021	Molinete			195
2	18-03-21	Molinete			100
3	21-04-2016	Molinete			94.2
4	18-03-21	Molinete			150
5	31-03-21	Molinete			434
6	17-04-21	Molinete			686
7	17-08-21	Molinete			271
8	11-02-22	Molinete			201
<b>Aforos</b>					

Fuente: Elaboración Propia \*Quebrada Vallejos, Quebrada Las Nubes.

### **4.4.3 Estimación de los caudales mensuales**

#### **4.4.3.1 Caudales promedios mensual de la Quebrada Vallejos y Quebrada Las Nubes**

La estimación de los caudales promedios mensuales y anual utilizando un método de relación de superficie incluyendo la precipitación promedio anual, se realizó inicialmente tomando como referencia datos bases de los caudales promedios Estación de Paso Ancho (102-009). Se tomó en cuenta el área de drenaje y se estimó la precipitación promedio anual para la estación hidrométrica de estudio. Finalmente, luego de cálculo los caudales promedios mensuales para la microcuenca Quebrada Vallejos y Quebrada Las Nubes.

El caudal promedio anual para la estación hidrométrica Paso Ancho utilizada como base es de 8.04. La microcuenca Quebrada Vallejos durante los meses de interés presento un caudal promedio mensual en enero 149 l/s, febrero 111 l/s, marzo 81 l/s, abril 75 l/s. Posteriormente la microcuenca Las Nubes durante los meses de interés presento un caudal promedio mensual en enero 354 l/s, febrero 263 l/s, marzo 192 l/s, abril 179 l/s. En el (CUADRO XXII) el caudal mensual para las áreas de estudio.

El caudal promedio anual para la estación hidrométrica Paso Ancho utilizada como base es de 8.04. La microcuenca Quebrada Vallejos durante los meses de interés presentó un caudal promedio mensual en enero 162 l/s, febrero 121 l/s, marzo 87 l/s, abril 82 l/s. Posteriormente la microcuenca Las Nubes durante los meses de interés presentó un caudal promedio mensual en enero 384 l/s, febrero 281 l/s,

marzo 201 l/s, abril 191 l/s. En el (CUADRO XXIII) el caudal mensual para las áreas de estudio.

La estimación de los caudales promedios mensuales y anual utilizando el método a partir del Balance Hídrico de Holdridge, se realizó inicialmente tomando como referencia datos bases de los caudales promedios Estación de Paso Ancho (102-009), se calculó el porcentaje de escorrentía mensual, luego la estimación de la biotemperatura para el cálculo la evapotranspiración potencial anual (Etp), posteriormente transformarlos a caudales promedios mensual para la microcuenca Quebrada Vallejos y Quebrada Las Nubes.

La escorrentía total anual para La microcuenca Quebrada Vallejos es 2.125 (mm) y un caudal anual (l/s) 113.2, durante los meses de interés presento un caudal promedio mensual en enero 133 l/s, febrero 109 l/s, marzo 72 l/s, abril 69 l/s. Posteriormente la microcuenca quebrada Las Nubes la escorrentía total anual es 2.052 (mm) y un caudal anual (l/s) de 259.0 y durante los meses de interés presento un caudal promedio mensual en enero 303 l/s, febrero 250 l/s, marzo 164 l/s, abril 158 l/s. En el (CUADRO XXIV) el caudal mensual para las áreas de estudio.

**CUADRO XXI. ESTIMACIÓN DE LOS CAUDALES PROMEDIOS DE LAS QUEBRADA VALLEJOS Y QUEBRADA LAS NUBES CON LA FORMULA**

Q:  $Q_b/Ab \cdot Ax$ )

Estación Hidrométrica*		Unidades Hidrográficas de Estudio	
Estación de Paso Ancho		Quebrada Vallejos	Quebrada Las Nubes
Meses	Área (Km <sup>2</sup> ): 108	Área (Km <sup>2</sup> ):1.68	Área: (Km <sup>2</sup> ):3.98
	m <sup>3</sup> /s	l/s	l/s
<b>ENE.</b>	9.6	149	354
<b>FEB.</b>	7.14	111	263
<b>MAR.</b>	5.2	81	192
<b>ABR.</b>	4.85	75	179
<b>MAY.</b>	6.85	107	252
<b>JUN.</b>	7.46	116	275
<b>JUL.</b>	7.99	124	294
<b>AGO.</b>	7.78	121	287
<b>SEP.</b>	7.88	123	290
<b>OCT.</b>	10.18	158	375
<b>NOV.</b>	10.84	169	399
<b>DIC.</b>	10.71	167	395
<b>Prom Anual</b>	<b>8.04</b>	<b>115</b>	<b>296</b>

Fuente: Elaboración propia

**CUADRO XXII. ESTIMACIÓN DE LOS CAUDALES PROMEDIOS MENSUALES DE LA QUEBRADA VALLEJOS Y QUEBRADA LAS NUBES CON LA FORMULA  $Q=(Qb)/(Ab)*(Ax)*((Pptx)/(Pptb))$**

Estación Hidrométrica*		Unidades Hidrográficas de Estudio	
Estación de Paso Ancho		Quebrada Vallejos Nubes	Quebrada Las Nubes
Meses	Área (Km <sup>2</sup> ): 108	Área (Km <sup>2</sup> ):1.68	Área: (Km <sup>2</sup> ):3.98
Ppt (mm): 2623.6		Ppt (mm):2800	Ppt (mm):2850
m <sup>3</sup> /s		l/s	l/s
<b>ENE.</b>	9.6	162	384
<b>FEB.</b>	7.14	121	281
<b>MAR.</b>	5.2	87	201
<b>ABR.</b>	4.85	82	191
<b>MAY.</b>	6.85	116	269
<b>JUN</b>	7.46	126	293
<b>JUL.</b>	7.99	133	314
<b>AGO.</b>	7.78	129	306
<b>SEP.</b>	7.88	131	310
<b>OCT</b>	10.18	169	400
<b>NOV.</b>	10.84	180	426
<b>DIC.</b>	10.71	178	421
<b>Prom. anual</b>	<b>8.04</b>	<b>134</b>	<b>317</b>

Fuente: Elaboración propia

**CUADRO XXIII. ESTIMACIÓN DE LOS CAUDALES PROMEDIOS MENSUALES  
DE LA QUEBRADA VALLEJOS Y QUEBRADA LAS NUBES A PARTIR DEL  
BALANCE HÍDRICO POR EL MÉTODO DE HOLDRIDGE**

Estación Hidrométrica*			Unidades Hidrográficas de Estudio	
Estación de Paso Ancho			Quebrada Vallejos	Quebrada Las Nubes
Área (Km <sup>2</sup> ): 108			Área (Km <sup>2</sup> ):1.68	Área: (Km <sup>2</sup> ):3.98
Método: Balance Hídrico Holdridge $ETP=58.93 * T_{bio}^{\circ}$ Zona de vida de Holdridge Bosque pluvial, pisos montanos bajo y montano			Elevación $\bar{x}$ (msnm): 2414	Elevación $\bar{x}$ (msnm): 2460
			BioTem $\bar{x}$ anual(°C): 13.8	BioTem $\bar{x}$ Anual (°C):13.7
			Ppt $\bar{x}$ anual (mm):2850	Ppt $\bar{x}$ anual (mm):2800
			Etr $\bar{x}$ anual (mm): 731	Etr $\bar{x}$ anual (mm): 724
			Esc anual (mm):2125	Esc anual (mm):2052
			$Q\bar{x}$ anual (l/s): 113.2	$Q\bar{x}$ anual (l/s): 259
Meses	m <sup>3</sup> /s	% Escorrentía	$Q\bar{x}$ mensual l/s	$Q\bar{x}$ mensual l/s
<b>ENE.</b>	9.6	9.95	133	303
<b>FEB.</b>	7.14	7.40	109	250
<b>MAR.</b>	5.2	5.39	72	164
<b>ABR.</b>	4.85	5.03	69	158
<b>MAY.</b>	6.85	7.10	95	216
<b>JUN</b>	7.46	7.73	106	244
<b>JUL.</b>	7.99	8.28	110	253
<b>AGO.</b>	7.78	8.06	107	246
<b>SEP.</b>	7.88	8.17	112	257
<b>OCT</b>	10.18	10.55	141	322
<b>NOV.</b>	10.84	11.24	155	354
<b>DIC.</b>	10.71	11.10	148	338
<b>Prom. anual</b>	<b>8.04</b>	<b>100</b>	<b>113</b>	<b>259</b>

Fuente: Elaboración propia

**CUADRO XXIV. RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DEL CAUDAL MENSUAL PROMEDIO (L/S) OBTENIDO DE LA QUEBRADA VALLEJOS CON LOS MÉTODOS EMPÍRICOS APLICADOS.**

Métodos	Estación Hidromét	Meses												
		Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Prom. (l/s)
$Q=(Qb)/(Ab)*(Ax)*((Pptx)/(Pptb))$	Paso Ancho	162	121	87	82	116	126	133	129	131	169	180	178	134
$Q: Qb/Ab*Ax$		149	111	81	75	107	116	124	121	123	158	159	167	115
Balance Hídrico de Holdridge ETP= 58.93*BioTemp (°C)	Bajo Grande	133	109	72	69	95	106	110	107	112	141	155	148	113

**Fuente: Elaboración propia**

**\*Periodo Déficit: Enero - abril**

**CUADRO XXV. RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DEL CAUDAL MENSUAL PROMEDIO (L/S) OBTENIDO DE LA QUEBRADA LAS NUBES CON LOS MÉTODOS EMPÍRICOS APLICADOS.**

Métodos	Estación Hidromét	Meses												
		Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Prom. (l/s)
$Q=(Qb)/(Ab)*(Ax)*((Pptx)/(Pptb))$	Paso Ancho	355	260	186	176	249	271	291	283	287	370	394	389	293
$Q: Qb/Ab*Ax)$		327	243	177	165	233	254	272	265	269	347	339	365	274
Balance Hídrico de Holdridge ETP= 58.93*BioTemp (°C)	Bajo Grande	303	250	164	158	216	244	253	246	257	322	354	338	259

**Fuente: Elaboración Propia**

**\*Periodo Déficit: Enero - abril**

#### **4.4.4 Balance Hídrico**

##### **4.4.4.1 Microcuenca Quebrada Vallejos y Microcuenca Quebrada las Nubes**

La realización del balance hídrico del suelo para las microcuencas quebrada Vallejos y quebrada Las Nubes se realizó basándose en la información pluviométrica inicialmente seleccionando la estación ubicadas dentro del área de estudio la cual fue:

- Bajo Grande (102-09): (2300 m.s.n.m)

Es importante resaltar que se utilizó la estación pluviométrica más cercana para ambas áreas de estudios con datos fidedignos que ayuden aproximar a la realidad. Posteriormente que se seleccionó la estación, se procedió a calcular las precipitaciones promedias mensuales en periodo de registro desde 1971 (52 años de registro) hasta la actualidad. Luego se procedió al cálculo de la evapotranspiración Potencia (ETP) por el método de Holdridge considerando los datos promedios mensual de temperatura, para el cálculo la biotemperatura mensual; posteriormente se calculó la precipitación efectiva mediante los criterios una formula empírica según el Servicio de Aguas de la FAO para estimar la precipitación confiable (80 por ciento de probabilidad de excedencia):

- $P_{ef} = 0.6 * P - 10$  para  $P_{mensual} \leq 70$  mm
- $P_{ef} = 0.8 * P - 24$  para  $P_{mensual} > 70$  mm

A continuación, se presentan los balances hídricos del suelo para cada microcuenca:

Según el balance hídrico para la microcuenca quebrada Vallejos presentó una precipitación anual de 2623.6 mm, una evapotranspiración potencial total anual de 812.2 mm que equivale al 30.9 por ciento de la precipitación total anual, la evapotranspiración real (ETR) será igual a la evapotranspiración potencial cuando sobrante de agua, la evapotranspiración real 812.2 mm, equivale a 39.11 por ciento de la precipitación efectiva total anual de 2076.5 mm, dando como resultado una escorrentía total anual de 1264.1 mm o un recargamiento de agua en el suelo.

Según el balance hídrico para la microcuenca quebrada Vallejos presento una precipitación anual de 2623.6 mm, una evapotranspiración potencial total anual de 805.6 mm que equivale al 30.7 por ciento de la precipitación total anual, la evapotranspiración real (ETR) será igual a la evapotranspiración potencial cuando sobrante de agua, la evapotranspiración real 805.6 mm, equivale a 38.7 por ciento de la precipitación efectiva total anual de 2076.5 mm, dando como resultado una escorrentía total anual de 1270.9 mm o un recargamiento de agua en el suelo.

Según los balances hídricos del suelo correspondientes a las microcuencas Quebrada Vallejos y Quebrada Las Nubes de la cuenca del Río Chiriquí Viejo (ver CUADRO XXVI y XXVII).

**CUADRO XXVI. BALANCE HÍDRICO DEL SUELO, ESTACIÓN BAJO GRANDE**

**SITIO:** QUEBRADA VALLEJOS, CERRO PUNTA.

**LAT:** 8°84'67

**ESTACIÓN:** 2300 msnm

**PROVINCIA:** CHIRIQUÍ.

**LONG:** 82°54'99

	MES DEL AÑO												
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
<b>Biotemperatura (°C)</b>	12.7	12.8	13.2	14.5	13.9	14.5	14.3	14.3	14.2	14.0	13.7	13.0	<b>14.0</b>
<b>1.Evapotranspiración potencial mm</b>	63.7	58	66.2	70.3	69.7	70.3	71.7	71.7	68.9	70.2	66.5	65.2	<b>812.2</b>
<b>2.Precipitación Mensual.mm</b>	159.7	99.7	69.2	107.7	264.7	252.2	278.6	278	292	335.5	262.9	244.1	<b>2623.6</b>
<b>3. Precipitación Efectiva. Mm</b>	131.8	89.8	68.4	95.4	199.7	205.3	197	215	224.8	254.8	204	190	<b>2076.5</b>
<b>4.Evapotranspiración Real.mm</b>	63.7	58	66.2	70.3	69.7	70.3	71.7	71.7	68.9	70.2	66.5	65.2	<b>812.2</b>
<b>5.Sobrante de Agua.mm</b>	68.1	31.8	2.2	25.1	130	135	125.3	143.3	155.5	184.6	137.5	125.7	<b>1264.1</b>
<b>6.Recargamiento del Suelo.mm</b>	68.1	31.8	2.2	25.1	130	135	125.3	143.3	155.5	184.6	137.5	125.7	<b>1264.1</b>
<b>7.Restado del Suelo.mm</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>8.Agua Almacenada en el Suelo al final del Mes.mm</b>	68.1	31.8	2.2	25.1	130	135	125.3	143.3	155.5	184.6	137.5	125.7	
<b>9.Escorrentía Total.mm</b>	68.1	31.8	2.2	25.1	130	135	125.3	143.3	155.5	184.6	137.5	125.7	<b>1264.1</b>
<b>10.Deficit de Agua en el Suelo al Final del Mes.MM</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>11.Deficit Total de Humedad.MM</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>

**Fuente:** Elaboración Propia

**COMPROBACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO PPT efectiva anual = ETR total anual (mm) + Escorrentía total anual (mm) = 2076.5**

**Déficit total de humedad = ETP total anual (mm) – ETR total anual (mm) = 0**

**CUADRO XXVII. BALANCE HÍDRICO DEL SUELO, ESTACIÓN BAJO GRANDE**

**SITIO:** QUEBRADA LAS NUBES, CERRO PUNTA.

**LAT:** 8°84'67

**ESTACIÓN:** 2300 msnm

**PROVINCIA:** CHIRIQUÍ.

**LONG:** 82°54'99

	MES DEL AÑO												
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
<b>Biotemperatura (°C)</b>	12.6	12.7	13.1	14.4	13.8	14.	14.2	14.2	14.1	13.9	13.6	13.9	<b>13.7</b>
<b>1.Evapotranspiración potencial mm</b>	63.1	57.5	65.6	69.8	69.1	69.8	71.7	71.1	68.4	69.6	65.9	64.6	<b>805.6</b>
<b>2.Precipitación Mensual.mm</b>	159.7	99.7	69.2	107.7	264.7	252.2	278.6	278	292	335.5	262.9	244.1	<b>2623.6</b>
<b>3. Precipitación Efectiva. Mm</b>	131.8	89.8	68.4	95.4	199.7	205.3	197	215	224.8	254.8	204	190	<b>2076.5</b>
<b>4.Evapotranspiración Real.mm</b>	63.7	58	66.2	70.3	69.7	70.3	71.7	71.7	68.9	70.2	66.5	65.2	<b>805.6</b>
<b>5.Sobrante de Agua.mm</b>	68.7	32.3	2.8	25.6	130.6	135.5	125.9	143.9	156	185.2	138.1	126.3	<b>1270.9</b>
<b>6.Recargamiento del Suelo.mm</b>	68.7	32.3	2.8	25.6	130.6	135.5	125.9	143.9	156	185.2	138.1	126.3	<b>1270.9</b>
<b>7.Restado del Suelo.mm</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>8.Agua Almacenada en el Suelo al final del Mes.mm</b>	68.7	32.3	2.8	25.6	130.6	135.5	125.9	143.9	156	185.2	138.1	126.3	
<b>9.Escorrentía Total.mm</b>	68.7	32.3	2.8	25.6	130.6	135.5	125.9	143.9	156	185.2	138.1	126.3	<b>1270.9</b>
<b>10.Déficit de Agua en el Suelo al Final del Mes.MM</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>11.Déficit Total de Humedad.MM</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**COMPROBACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO PPT efectiva anual = ETR total anual (mm) + Escorrentía total anual (mm) = 2076.5**

**Déficit total de humedad = ETP total anual (mm) – ETR total anual (mm) = 0**

## 5. CONCLUSIONES

- La microcuenca quebrada vallejos se delimito con área de (1.68 km<sup>2</sup>) o (168 ha) y un perímetro de (5.79 km).
- La microcuenca quebrada Las Nubes se delimito con un área de (3.98 km<sup>2</sup>) o (398 ha) y un perímetro de (12.93 km).
- El rendimiento de los aforos realizados en la microcuenca quebrada Vallejos fueron: (195 l/s) y (100 l/s) durante el mes de marzo.
- El rendimiento de los aforos realizados en la microcuenca quebrada Las Nubes fueron: (94.2 l/s), (150 l/s), (434 l/s), (686 l/s), (271 l/s) y (201 l/s) durante el mes de febrero, marzo y abril.
- Las fuentes de potenciación que abastecerán al proyecto de Riego Alto Bambito son la microcuenca quebrada vallejos que se ubica en las siguientes coordenadas UTM 324642 E 983778 a una altitud de (2124 m.s.n.m) y la microcuenca quebrada Las Nubes se ubica en las siguientes coordenadas UTM 3229004 E 983415 N a una altitud de (2147 m.s.n.m).
- La estimación de los caudales promedios mensuales mediante los métodos empíricos para la quebrada Vallejos en los meses de déficit fue: enero (148 l/s), febrero (113 l/s), marzo (80 l/s), abril (75 l/s).
- La estimación de los caudales promedios mensuales mediante los métodos empíricos para la quebrada Las Nubes en los meses de déficit fue: enero (328 l/s), febrero (251 l/s), marzo (175 l/s), abril (166 l/s).
- El Quebrada Vallejos posee el caudal suficiente para abastecer el proyecto Alto Bambito, acertando con la hipótesis alternativa planteada.

## 6. RECOMENDACIONES

- Modificar la metodología para la toma de datos en la estación meteorológica del Pila, las cuales proporcionen un mejor conocimiento del comportamiento climatológico e información fidedigna para realizar investigaciones en la cuenca Rio Chiriquí Viejo.
- Establecer una estación hidrometeorológica en la parte alta de la cuenca hidrográfica N° 102 Rio Chiriquí Viejo que permita observar el comportamiento de los caudales para una mejor comprensión y tomar decisiones sobre obras en cauces.
- Realizar investigaciones utilizando programas de modelación hidrológicas las cuales permitan obtener información de estimación de caudales y producción de agua de la cuenca.
- Instalar mayores estaciones pluviométricas y estaciones hidrométricas en la parte alta de la cuenca Rio Chiriquí Viejo, las cuales proporcionen un mejor conocimiento del comportamiento climatológico de la cuenca.
- Realizar un estudio detallado sobre las características físicas del suelo de la microcuenca Quebrada Vallejos, para la realización de balances hídricos.
- Realizar una regla Limnimétrica en el punto de toma de la quebrada Las Nubes y en la Quebrada Vallejos para conocer los caudales en distintos periodos de época ceca.
- Realizar un estudio para ajustar el aprovechamiento del sistema de riego Alto Bambito, la cual permita que el sistema abastezca todas las áreas incluida en el proyecto.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, N. 2001. Extensión de Registros de Escorrentía y Métodos de Cálculo de Caudales. Chiriquí, Panamá, Universidad de Panamá. 15 p.
- Aguilar, N. 2018. El Balance Hídrico Procedimiento de Calculo. Chiriquí, Panamá, Universidad de Panamá. 7 p.
- Aparicio, M. F. 2014. Fundamentos de hidrología de Superficie. Editorial Limusa, Mexico. 303pp.
- BID / ANAM / IMTA. 2008. Elaboración de Balances Hídricos Mensuales, Oferta, Demanda por Cuencas Hidrográficas: Propuesta de Modernización de las Redes de Medición Hidrometeorológica, Documento Técnico Cuenca 102.
- Bohn, V. y Campo, A. (2010). Estimación de escurrimientos superficiales para cuencas no aforadas en Corrientes, Argentina. Investigaciones Geográficas, (71), 31-42.
- Campos Aranda, DF. 1983. Procesos del Ciclo Hidrológico. San Luis Potosí, México, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Editorial Universitaria Potosina. 550 p.
- Delgadillo, A; Moreno A. 2012. Hidrología: morfometría de Cuencas. Mérida Venezuela, Universidad de Los Andes. 9 p.
- Gómez, E. 2017. Estudio de la Oferta y Demanda de Agua para Riego y Selección de Prácticas de Conservación de Suelos en la Región de las

Nubes y Alto Bambito en la Cuenca Alta del Río Chiriquí Viejo. Tesis Ing. Chiriquí, Panamá, Universidad de Panamá. 187 p.

Ibáñez, Asencio S, Héctor Ramon M y Gisbert Blanquer, J. 2010. Morfologías de las cuencas hidrográficas. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. 12p

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/10782/Morfolog%C3%ADa%20de%20una%20cuenca.pdf>

López, J. M. y Hernández, E. 1972. Manejo integral de cuencas hidrográficas (aspectos hidrológicos - forestales). Consultado el 29 de abril de 2021. Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Forestales. Mérida – Venezuela. 36p.

López, J. & Viera, P. (2014). Desarrollo de un manual hidrológico para el manejo de las cuencas del sur de la costa Ecuatoriana. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

Marini, M; Piccolo, M. 2000. El balance hídrico en la cuenca del Río Quequén salado, Argentina. Papeles de geografía, (31), 39-53.

MIAMBIENTE (Ministerio del Ambiente, Panamá). 2019. Mapa de Cobertura y Uso Actual de la Tierra de la República de Panamá. Ciudad de Panamá, Panamá. Escala 1:50,000. Color.

MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario). 2012. Construcción de un Sistema de Riego en Alto Bambito, Provincia de Chiriquí. Pág. 8 (En línea). Ciudad de Panamá. Consultado el 30 de mayo de 2021. Disponible en:

<http://goo.gl/NNLTpj>

MMA (Ministerio de Medio Ambiente, España); TRAGSA (Empresa de Transformación Agraria, S.A., España); TRAGSATEC (Tecnologías y Servicios Agrarios, S.A., España). 1998. Restauración Hidrológica Forestal de Cuencas y Control de la Erosión: ingeniería Medio Ambiental. 2 ed. Madrid, España, Ediciones Mundi – Prensa. 945 p.

Nickisch, M. 2008. Curso de Aforadores de Corriente de Agua, INTA-EEA Santiago del Estero.

Ordoñez, J. 2011. Que es una Cuenca Hidrológica. Lima, Perú, Sociedad Geográfica de Lima. 44 p.

Ortega, J. 2017. Caracterización Hidrológica de la Cuenca No 124 Rio Tonosí. Tesis Ing. Chiriquí, Panamá, Universidad de Panamá. 268 p.

Ortiz O. 2004. Evaluación Hidrológica. Lima, Perú, Red Latinoamericana de Micro Hidroenergía (HIDRORED). 16 p.

Pladeyra. 2003. Paisajes hidrológicos y balance hídrico de la cuenca Lerma. Chapala, México. 21 p.

Rodríguez, A.; Saborío, L. 1983. Evaluación Indirecta de los Recursos Hídricos de una Cuenca (Modelo de Precipitación - Escorrentía). Instituto Costarricense de Electricidad ICE, Costa Rica. 82 p.

Rojas, R. 2009. Hidrología Aplicada al Manejo de Cuencas. Mérida, Venezuela, Universidad de los Andes. 211 p.

- Sánchez, C; Vera, F.; Luna, A.; Espinoza, J.; Bustamante, A.; Cárdenas, J.; Lucero, W. 2017. Metodología para la Estimación de Caudales Mínimo de una Cuenca con Escasa Información Hidrometeorológica, Universidad Técnica de Machala, Ecuador. 143-149 p
- Sandoval, W; Aguilera E. 2014. Determinación de Caudales en Cuencas con Poca Información Hidrológica. Revista UNEMI, Ecuador. 100-110 p.
- SNET. 2005. Balance hídrico integrado y dinámico en El Salvador: Componente evaluación de recursos hídricos (en línea). 109 p.
- UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura). (1981). Método de Cálculo del Balance Hídrico. Madrid: Instituto de Hidrología de España
- Universidad de Talca, Chile. 2012. Determinación Morfométrica de Cuencas Hidrográficas. Talca, Chile, Sociedad de Estándares de Ingeniería para Aguas y Suelos. 19 p. (Instructivo Técnico).
- Universidad del Cauca, Colombia. s.f. Geomorfología Fluvial. Cauca, Colombia. 62 p.

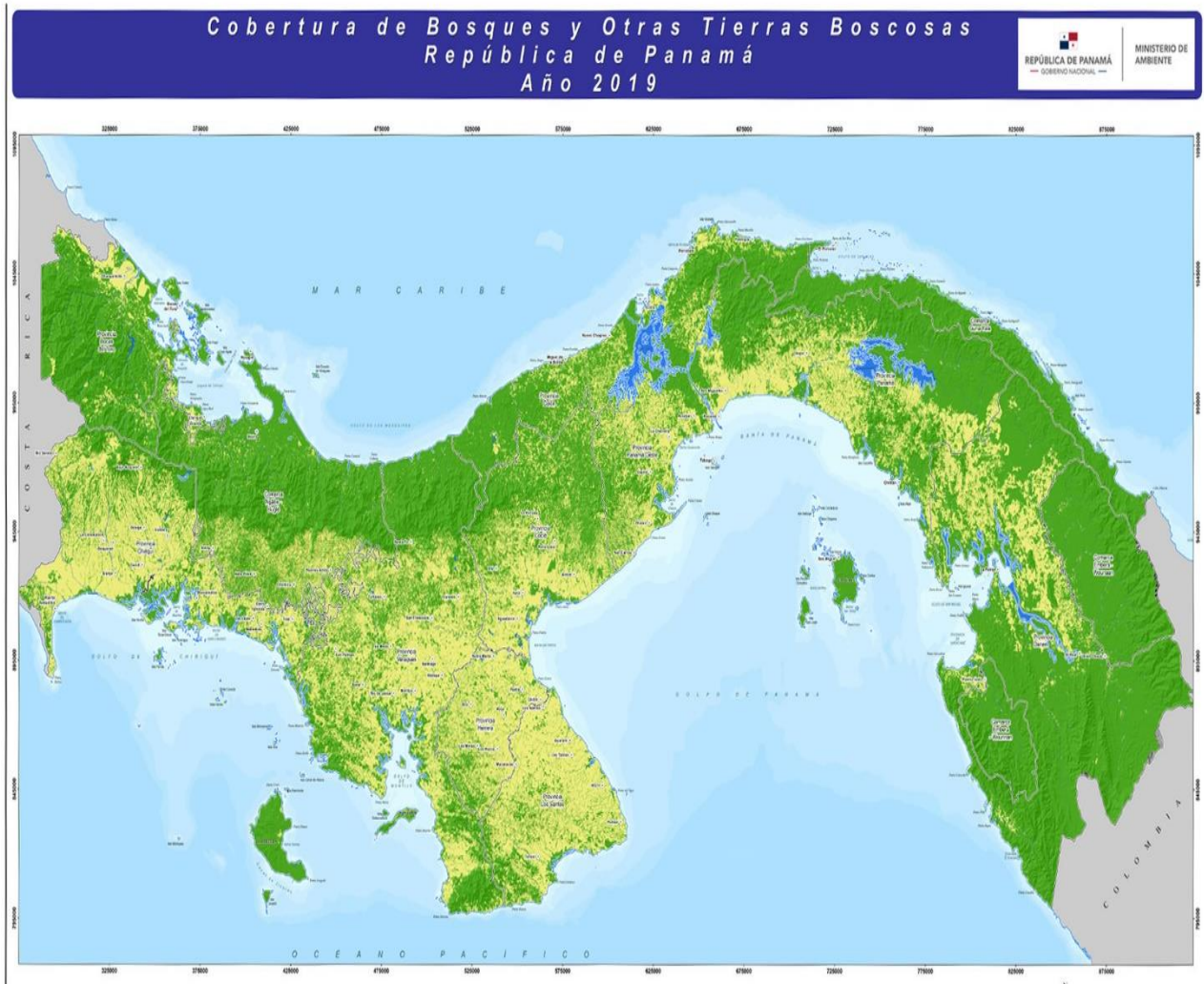
## 8. ANEXOS

### ANEXO A. CAUDALES PROMEDIO MENSUALES CUENCA ALTA RÍO CHIRIQUÍ VIEJO EN M<sup>3</sup>/S

Año/mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom. m <sup>3</sup> /seg
1992	4.573	3.277	4.041	5.601	9.788	6.464	5.984	7.392	7.334	7.763	6.836	6.662	6.310
1993	7.046	6.745	9.367	3.811	7.622	7.238	6.246	7.409	9.609	6.450	7.004	14.244	7.733
1994	7.51	5.73	4.14	3.62	5.72	15.93	18.24	9.88	9.21	7.67	8.68	14.13	9.20
1995	5.67	4.21	4.33	4.45	7.95	11.51	10.99	18.84	8.48	8.70	9.49	6.48	8.43
1996	13.27	16.73	5.23	3.38	4.97	6.41	12.37	8.45	9.04	19.18	13.86	23.93	11.40
1997	6.74	9.91	6.32	3.96	5.83	6.30	7.87	6.41	7.57	8.09	5.93	6.30	6.77
1998	4.11	2.96	2.99	3.52	3.60	4.78	5.43	5.61	5.77	6.39	6.19	14.57	5.49
1999	8.78	6.56	4.51	8.62	14.03	7.94	7.55	7.77	11.55	20.01	13.16	24.34	11.24
2000	36.52	12.97	6.61	7.22	4.35	8.76	7.96	7.36	8.86	8.61	10.64	7.40	10.61
2001	2.76	4.13	4.03	3.55	5.27	10.43	8.69	12.71	8.89	8.60	11.31	8.76	7.43
2002	8.12	5.07	7.11	5.40	10.09	6.77	6.26	7.67	7.63	7.07	16.17	8.86	8.02
2003	4.03	3.43	4.22	5.47	6.90	6.78	7.35	6.46	7.24	12.53	9.71	17.29	7.62
2004	11.22	4.76	11.95	7.33	12.47	8.49	8.89	6.42	7.92	8.13	8.16	9.59	8.78
2005	21.34	3.65	2.56	4.75	5.02	5.63	3.58	3.47	4.35	7.05	13.83	4.44	6.64
2006	11.04	6.38	5.79	4.04	3.61	6.36	7.26	5.01	5.59	8.29	6.81	6.43	6.38
2007	5.92	5.14	3.70	4.59	10.87	6.39	6.00	8.74	12.55	13.89	10.19	14.77	8.56
2008	7.51	4.94	5.11	5.45	10.99	8.52	8.34	8.02	9.03	14.31	21.88	6.48	9.22
2009	7.62	27.55	9.18	5.96	6.72	8.14	10.44	9.94	8.95	9.04	9.78	9.57	10.24
2010	9.97	3.81	3.75	3.15	3.82	4.00	3.60	5.55	7.29	11.81	15.37	9.07	6.77
2011	5.28	4.42	3.29	3.28	3.27	3.88	6.02	4.52	4.88	9.04	5.94	5.33	4.93
2012	5.01	3.32	3.90	4.45	4.73	4.72	5.05	5.01	4.87	5.07	8.93	5.77	5.07
<b>P/M m<sup>3</sup>/seg</b>	<b>9.60</b>	<b>7.14</b>	<b>5.20</b>	<b>4.85</b>	<b>6.85</b>	<b>7.46</b>	<b>7.99</b>	<b>7.78</b>	<b>7.88</b>	<b>10.18</b>	<b>10.84</b>	<b>10.71</b>	<b>8.04</b>

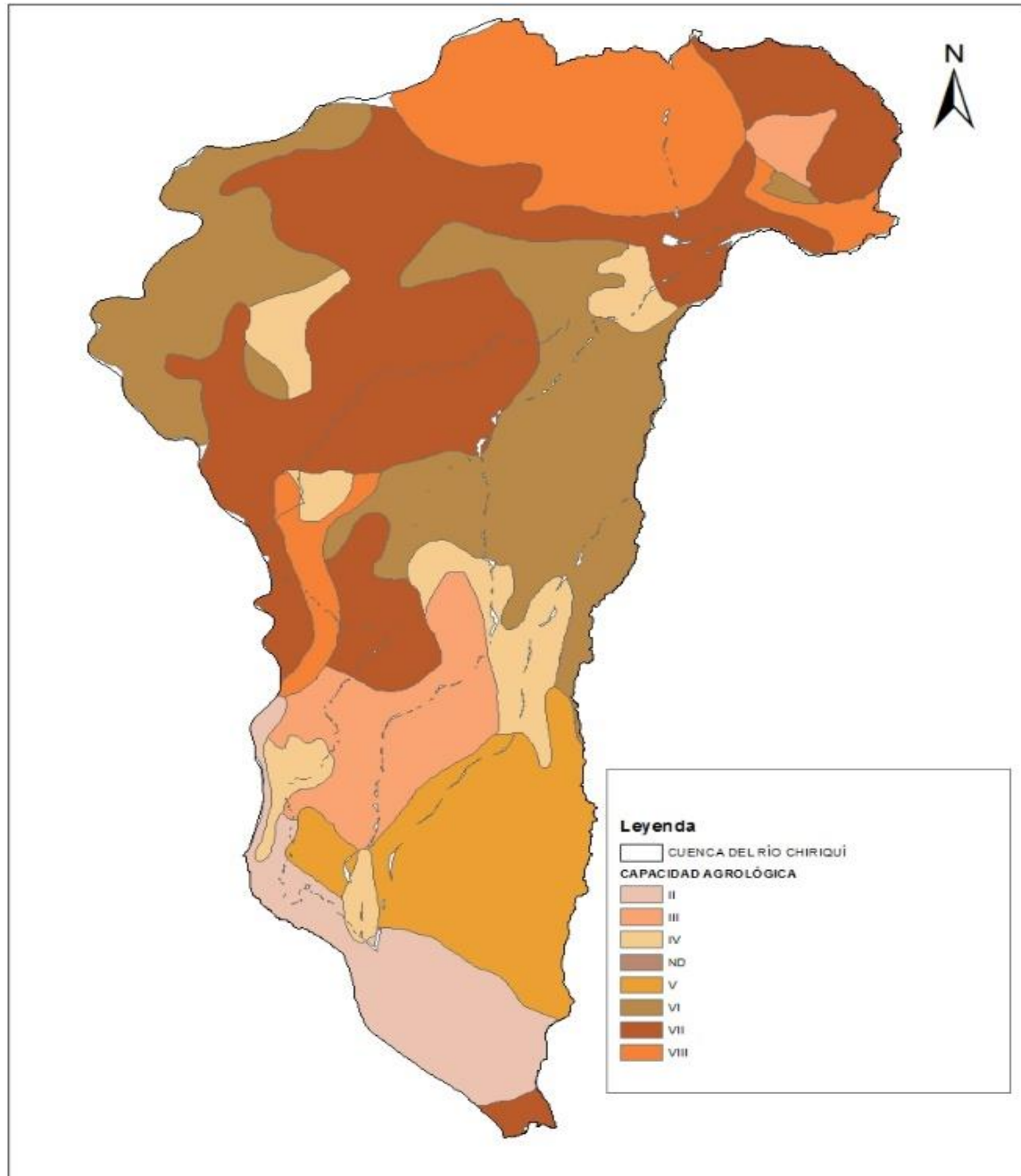
Fuente: Elaboración con base en (ETESA, 2018)

## ANEXO B. MAPA DE COBERTURA BOSQUES Y OTRAS TIERRAS BOSCOSAS DE LA REPUBLICA DE PANAMÁ AÑO 2019.



Fuente: MIAMBIENTE (2019).

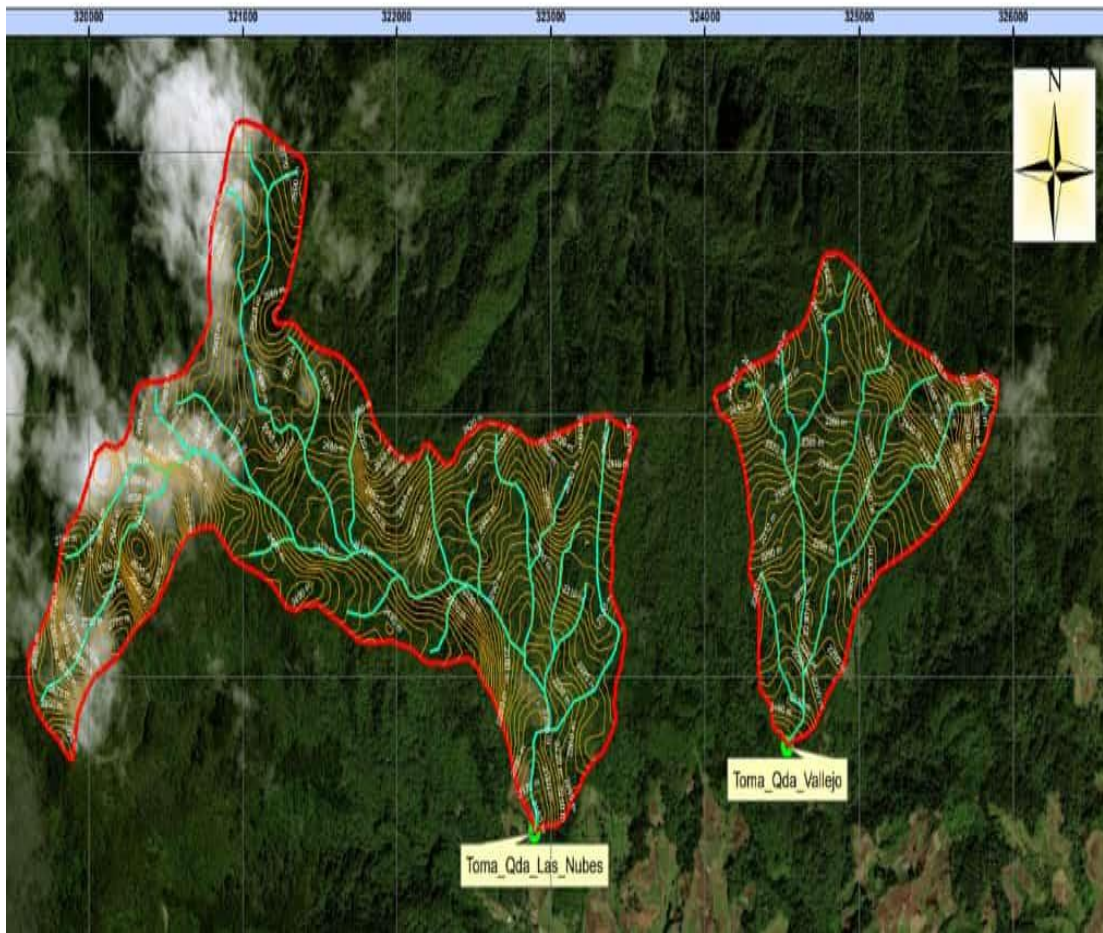
**ANEXO C. MAPA DE CAPACIDAD AGROLÓGICA DE LOS SUELOS DE LA CUENCA N°102 RÍO CHIRIQUÍ VIEJO**



Fuente. Con base en información del mapa de CATAPAN 1970.



**ANEXO E. DELIMITACIÓN DE MICROCUENCAS A PARTIR DEL PUNTO DE TOMA ACTUAL (QUEBRADA LAS NUBES) Y FUENTE AUXILIAR FUTURA (QUEBRADA VALLEJOS).**



Fuente: Elaboración Propia

**ANEXO F. BOCATOMA DEL PROYECTO DE RIEGO ALTO BAMBITO 2021.**



Fuente: Noe Aguilar (2021)

**ANEXO G. AFORO EN EL AREA DE DRENAJE DE LA MICROCUENCA  
QUEBRADA VALLEJOS 2021, CUENCA N°102 RÍO CHIRIQUÍ VIEJO.**



Fuente: Noe Aguilar (2021).

**ANEXO H. AFORO EN EL AREA DE DRENAJE DE LA MICROCUENCA QUEBRADA VALLEJOS 2021, CUENCA N°102 RÍO CHIRIQUÍ VIEJO.**



Fuente: Michael Ibarra (2021).

**ANEXO I. AFORO 2 EN EL AREA DE DRENAJE DE LA MICROCUENCA  
QUEBRADA LAS NUBES 2021, CUENCA 102 RÍO CHIRIQUÍ VIEJO.**



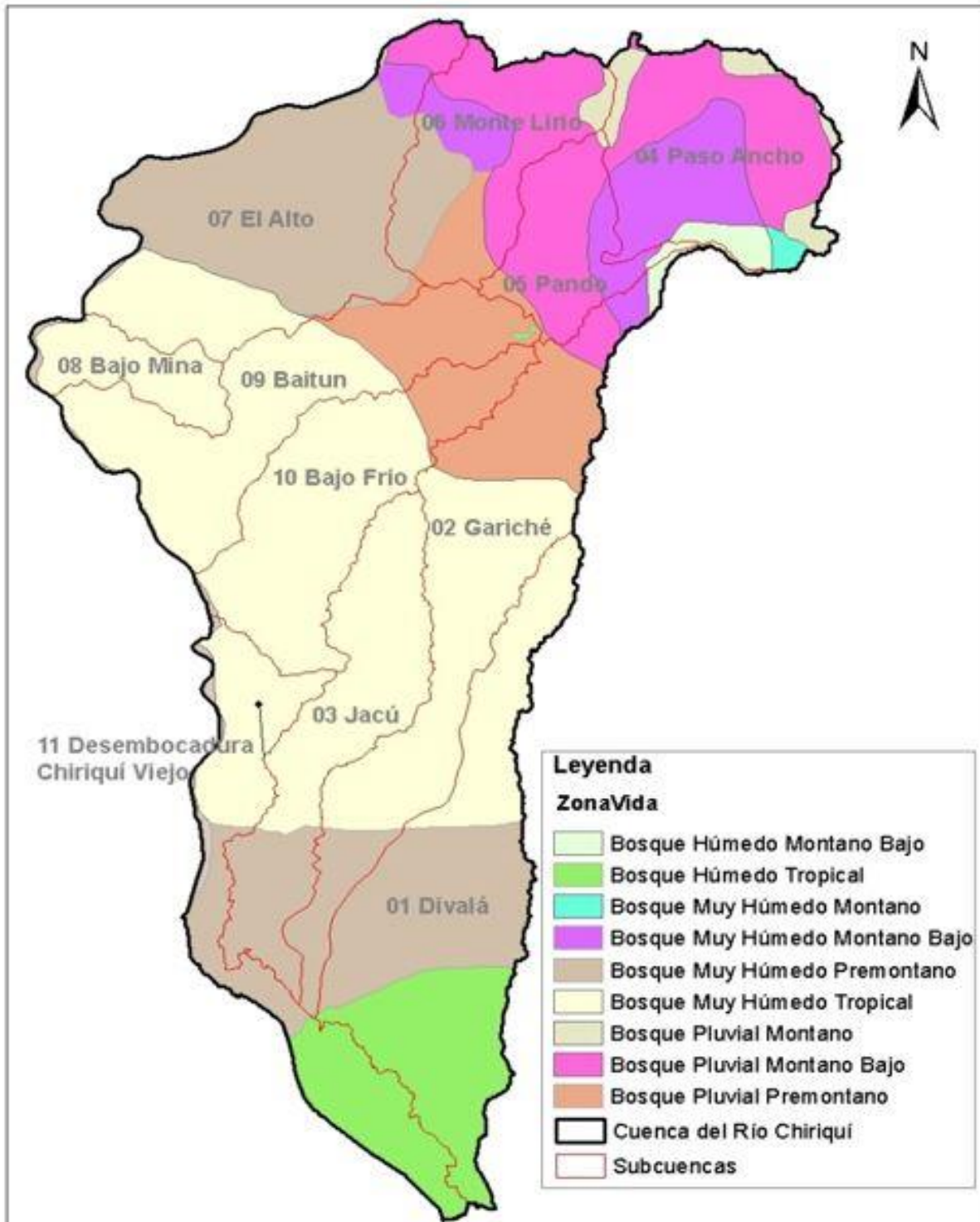
Fuente: Noe Aguilar, Michael Ibarra (2021).

**ANEXO J. AFORO 2 EN EL AREA DE DRENAJE DE LA MICROCUENCA  
QUEBRADA LAS NUBES 2021, CUENCA 102 RÍO CHIRIQUÍ VIEJO.**



Fuente: Noe Aguilar (2021).

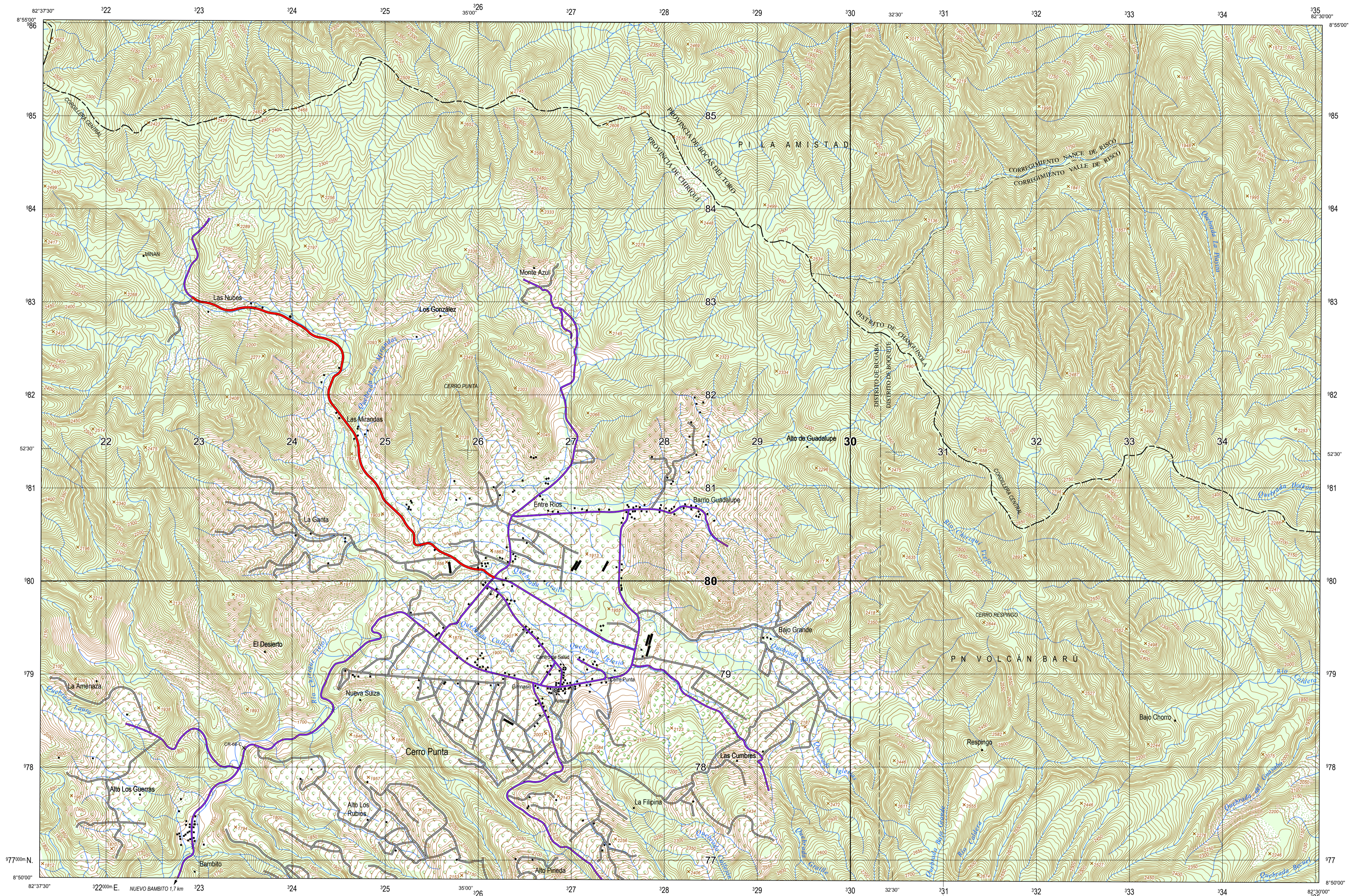
**ANEXO K. ZONAS DE VIDA DE HOLDRIGE DE LA CUENCA N°102 RÍO CHIRIQUÍ VIEJO.**



Fuente: Zonas de Vida de Holdrige, Atlas Ambiental, Ministerio del Medio Ambiente.

**ANEXO L. HOJA CARTOGRÁFICA CERRO PUNTA 3642 I – SE**

**ANEXO M. HOJA CARTOGRÁFICA TOTUMA 3642 I – SW**

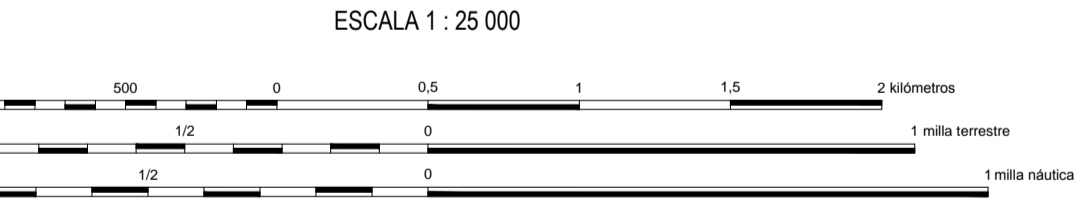


REPÚBLICA DE PANAMÁ  
 AUTORIDAD NACIONAL DE ADMINISTRACIÓN DE TIERRAS  
 INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL "TOMMY GUARDIA"

LEYENDA	
<b>CAMINOS</b>	<b>LUGARES POBLADOS</b>
Autopista, Comedor	Área urbana
Carretera pavimentada transitable todo el año	Asentamiento informal
Carretera de superficie ligera, transitable todo el año	<b>ESTRUCTURAS</b>
Calle	Cementerio, Hospital
Ferrocarril	Marca terrestre, Tanque
Señal de ruta Primaria, Secundaria	Edificio, Escuela, Iglesia
Puente, Viaducto	Piscina, Tina
LÍMITES	Línea transmisora de energía eléctrica
Internacional, Hito	Represa: Cemento, Tierra
Provincia	<b>HIDROGRAFÍA</b>
Distrito	Río, Quebrada
Corregimiento	Lago, Laguna, Pozo, Manantial
Comarca	<b>RELIEVE</b>
<b>VEGETACIÓN Y USO DE SUELO</b>	Cota Fija
Bosque, Manglar	Cota comprobada; No comprobada
Matorral; Árboles dispersos	Dique
Huerto, Plantación, Ciénaga o Pantano	<b>GEODESIA</b>
Terreno sujeto a inundación; Arrozal	Estación CORS; Red básica
	Red primaria; Punto de control vertical

NOTAS

Mapa elaborado de acuerdo al contrato AL 3-82-10, Ministerio de Obras Públicas, República de Panamá.  
 Información cartográfica basada en imágenes de Radar Aerotransportado de Apertura Sintética, Banda X y P, año 2012. Control horizontal y vertical, agosto 2011.

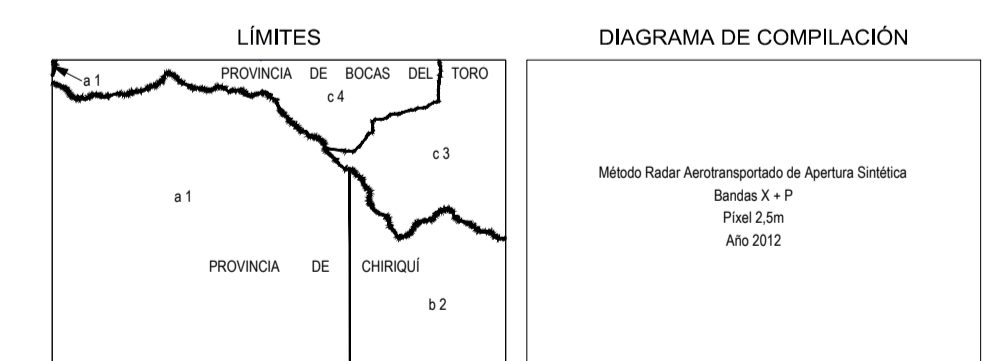


INTERVALO DE CURVAS 10 METROS  
 CURVAS SUPLEMENTARIAS DE 5 METROS

ELIPSOIDE: WGS 84  
 CUADRICULA: 1 000 METROS, UTM, ZONA 17N (LÍNEAS NEGRAS NUMERADAS)  
 PROYECCIÓN: TRANSVERSAL DE MERCATOR  
 DATUM VERTICAL: MODELO GRAVITACIONAL TERRESTRE 1996 (GGM 96)  
 DATUM HORIZONTAL: WGS 84 / MARCO DE REFERENCIA TERRESTRE INTERNACIONAL 2008 (ITRF 08)  
 DATUM HIDROGRÁFICO: SONDEOS EN METROS REFERIDOS AL NIVEL MEDIO DE BAJAS MAREAS  
 DATUM VERTICAL PARA LOS PUNTOS DE COTAS FIJAS ES EL NIVEL MEDIO DEL MAR CRISTÓBAL (COLÓN)  
 IMÁGENES DE RADAR AEROTRANSPORTADO: AÑO 2012  
 CONTROL GEODÉSICO: INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL "TOMMY GUARDIA", 2011

Los usuarios deben referir correcciones y/o comentarios a: [direccionig@anati.gov.pa](mailto:direccionig@anati.gov.pa) o escribir al:  
 Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia" Apartado: 0816-01574 Zona 5, Panamá, Rep. de Panamá.  
 Teléfono: (507) 507-9683, Fax: (507) 507-9682.

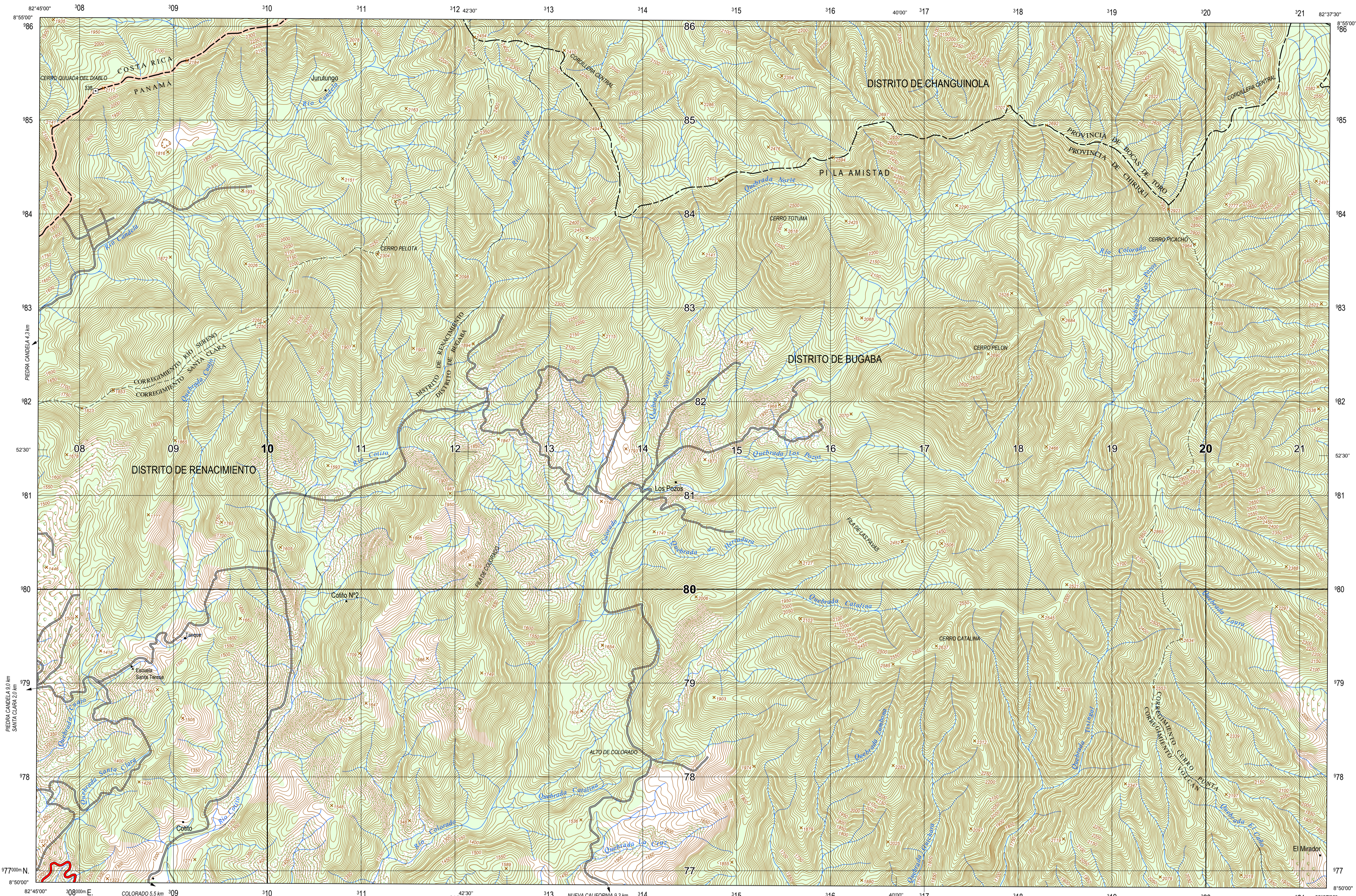
SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DEL CONTENIDO DE ESTE MAPA POR MEDIO IMPRESO O DIGITAL, SIN PREVIA AUTORIZACIÓN DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL "TOMMY GUARDIA".



ÍNDICE DE HOJAS ADYACENTES

3642 I NW	3642 I NE	3742 IV NW
3642 I SW	3642 I SE	3742 IV SW
3642 II NW	3642 II NE	3742 III NW

ISBN 978-9962-06-312-4



REPÚBLICA DE PANAMÁ  
 AUTORIDAD NACIONAL DE ADMINISTRACIÓN DE TIERRAS  
 INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL "TOMMY GUARDIA"

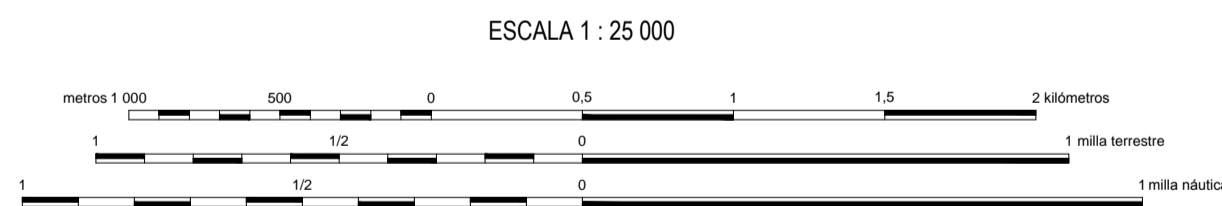
**LEYENDA**

<b>CAMINOS</b>	Autopista, Corredor	Carretera pavimentada transitable todo el año	Carretera de superficie ligera, transitable todo el año	Calle	Caminos de tierra	Ferrocarril	Señal de ruta Primaria, Secundaria	Puente, Viaducto
<b>LÍMITES</b>	Internacional: Hito	Provincia	Distrito	Corregimiento	<b>VEGETACIÓN Y USO DE SUELO</b>	Comarca	Bosque, Manglar	Matorral, Árboles dispersos
<b>LUGARES POBLADOS</b>	Asentamiento informal	ESTRUCTURAS	Cementerio, Hospital	Marca terrestre, Tanque	Edificio, Escuela, Iglesia	Piscina, Tina	Línea transmisora de energía eléctrica	Represa, Cemento, Tierra
<b>RELIEVE</b>	Cota fija	Cota comprobada; No comprobada	<b>GEODESIA</b>	Estación CORS; Red básica	Red primaria; Punto de control vertical			

**NOTAS**

Mapa elaborado de acuerdo al contrato AL 3-82-10, Ministerio de Obras Públicas, República de Panamá.  
 Información cartográfica basada en imágenes de Radar Aerotransportado de Apertura Síntetica, Banda X y P, año 2012. Control horizontal y vertical, agosto 2011.

ELIPSOIDE ..... 1 000 METROS, UTM, ZONA 17N (LÍNEAS NEGRAS NUMERADAS)  
 CUADRICULA ..... TRANSVERSAL DE MERCATOR  
 PROYECCIÓN ..... MODELO GRAVITACIONAL TERRESTRE 1996 (EGM 96)  
 DATUM VERTICAL ..... WGS 84 / MARCO DE REFERENCIA TERRESTRE INTERNACIONAL 2008 (ITRF 08)  
 DATUM HORIZONTAL ..... SONDEOS EN METROS REFERIDOS AL NIVEL MEDIO DE BAJAS MAREAS  
 DATUM HIDROGRÁFICO .....  
 DATUM VERTICAL PARA LOS PUNTOS DE COTAS FUJAS ES EL NIVEL MEDIO DEL MAR, CRISTÓBAL (COLÓN)  
 IMÁGENES DE RADAR AEROTRANSPORTADO ..... AÑO 2012  
 CONTROL GEODÉSICO ..... INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL "TOMMY GUARDIA", 2011

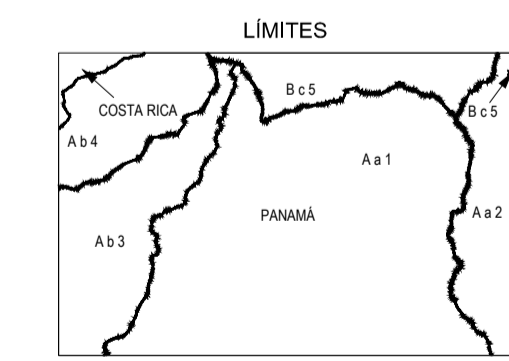


INTERVALO DE CURVAS 10 METROS  
 CURVAS SUPLEMENTARIAS DE 5 METROS

Los usuarios deben referir correcciones y/o comentarios a: [direccionigntg@anati.gob.pa](mailto:direccionigntg@anati.gob.pa) o escribir al:  
 Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia" Apartado: 0816-01574 Zona 5, Panamá, Rep. de Panamá.  
 Teléfono: (507) 507-9663, Fax: (507) 507-9662.

SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DEL CONTENIDO DE ESTE MAPA POR CUALQUIER MEDIO, ELECTRÓNICO O MECÁNICO, SIN LA AUTORIZACIÓN DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL "TOMMY GUARDIA".

NORTE CUADRICULAR  
 NORTE VERDADERO  
 CONVERGENCIA DE CUADRICULA 0° 16' (16 MILS) PARA EL CENTRO DE LA HOJA  
 ANGULO NCM DE 2015 1° 45' (150 MILS)  
 VARIACION MAGNETICA ANUAL 8 AL OESTE  
 PARA CONVERTIR UN AZIMUT MAGNETICO A UN AZIMUT DE CUADRICULA RESTESE EL ANGULO NCM  
 PARA CONVERTIR UN AZIMUT DE CUADRICULA A UN AZIMUT MAGNETICO SUMESE EL ANGULO NCM



**ÍNDICE DE HOJAS ADYACENTES**

3642 IV NE	3642 I NW	3642 I NE
3642 IV SE	3642 I SW	3642 I SE
3642 III NE	3642 II NW	3642 II NE

ISBN 978-9962-06-322-3