

2022

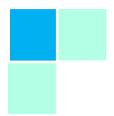
ESTUDIO HIDROLOGICO QUEBRADA SANTA RITA

PROYECTO:
PH SUMMER VILLAGE
Corregimiento Las Cumbre, Distrito de Panamá,
Provincia de Panamá Oeste

ELABORADO A SOLICITUD DE:
Inversiones Milla Ocho, S.A.



	<p>Técnico Ing. Hector A. Mojica P. ID. 7,839-15 <i>Hidrogeología, Cuencas Hidrográfica y Medio Ambiente.</i></p>
---	--



Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DEL PROYECTO “PH SUMMER VILLAGE”	2
Mapa 1. Localización Regional del Proyecto.....	3
Mapa 2. Topográfico de Ubicación del Proyecto.....	4
3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA MICROCUENCA QUEBRADA SANTA RITA	5
3.1 Cuenca hidrográfica Río Juan Díaz.....	5
3.2 Red de drenaje de la Quebrada Santa Rita.....	6
Mapa 3. Red de drenaje Quebrada Santa Rita.....	6
4. GEOLOGÍA.....	7
Cuadro 1. Clasificación geológica.....	7
Mapa 4. Geología de la microcuenca.....	8
5. TEXTURA DE SUELO	8
Cuadro 2. Textura de suelo del área de estudio.	9
6. CAPACIDAD AGROLÓGICA DE LOS SUELOS	10
Cuadro 3. Clasificación de la Capacidad Agrológica de los suelos del área bajo estudio.	10
7. TOPOGRAFÍA	10
Mapa 5. Capacidad agrologica de la microcuenca.....	11
Mapa 6. Curvas de nivel de la microcuenca.....	12
8. COBERTURA BOSCOSA Y USOS DE SUELO	12
Cuadro 4. Cobertura Boscosa y Uso de Suelo del área de estudio.	13
Mapa 7. Cobertura y usos de suelos de la microcuenca.....	15
9. CLIMA Y ZONA DE VIDA.....	16
9.1 Clima Subecuatorial con estación seca prolongada.....	16
9.2 Zonas de vida según Holdridge.	16
Cuadro 5. Clasificación de Zonas de vida según Holdridge.	17
9.3 Bosque Húmedo Tropical.	18
Mapa 8. Zonas de vida según Holdridge.	19
10. DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN	20
Mapa 9. Isoyetas del área de estudio.	21
11. INFORMACIÓN BÁSICA.....	22
11.1 Información cartográfica existente.....	22
11.2 Información meteorológica.....	22

Mapa 10. Localización de estaciones meteorológicas.....	23
12. COMPORTAMIENTO CLIMÁTICO DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	24
12.1 Precipitación.....	24
Cuadro 6. Registro de Precipitación estación Tocumen.	24
Cuadro 7. Comportamiento de la temporada seca y lluviosa.....	25
12.2 Temporada seca.	25
12.3 Período de transición de la estación seca a la lluviosa.	25
12.4 Período lluvioso.....	26
12.5 Almacenaje de agua en el suelo.....	26
12.6 Veranillo de San Juan.	26
13. HIDROGEOLOGÍA.....	27
14. BALANCE HIDROGEOLOGICO DE LA MICROCUENCA	27
Cuadro 8. Balance Hidrogeológico de la microcuenca Santa Rita.....	28
Cuadro 9. Balance Hídrico estación Tocumen.....	29
15. GEOMORFOLOGÍA DE LA MICROCUENCA SANTA RITA.....	30
15.1 Metodología.	30
16. PARÁMETROS FÍSICOS DE LA CUENCA	31
16.1 Área de drenaje de la microcuenca.....	31
Mapa 11. Área de ubicación microcuenca Santa Rita.....	32
16.2 Perímetro de la cuenca.	33
16.3 Área de la cuenca.	33
16.4 Ancho de la cuenca.	34
16.5 Longitud recta de la cuenca.	34
17. PARÁMETROS DE FORMA DE LA CUENCA.....	34
17.1 Índice de compacidad o índice de Gravelius.....	34
Cuadro 10. Índice de compacidad para la evaluación de forma.....	35
17.2 Índice de Gravelius de la microcuenca Quebrada Santa Rita.	35
17.3 Factor de Forma (Kf).....	35
Cuadro 11. Clasificación del factor de forma.	36
17.4 Factor de forma microcuenca Quebrada Santa Rita.....	36
17.5 Índice de alargamiento.....	37
Cuadro 12. Clasificación de índice de alargamiento	37
17.6 Índice de alargamiento microcuenca Santa Rita.....	38

18. CARACTERÍSTICA DE RELIEVE DE LA CUENCA.....	38
18.1 Pendiente media de la cuenca	38
Cuadro 13. Clasificación de las cuencas de acuerdo con la pendiente.....	39
Cuadro 14. Parámetros fisiográficos de la microcuenca.....	40
18.2 Curva Hipsométrica.....	40
18.2 Curva hipsométrica de la microcuenca Quebrada Santa Rita.....	41
Gráfica 2. Curva Hipsométrica de la microcuenca.	42
Gráfica 3. Polígono de frecuencias de altitudes de la microcuenca.	42
Cuadro 15. Curvas de nivel de la microcuenca.	43
19. CARACTERÍSTICA DEL SISTEMA DE DRENAJE	44
19.1 Longitud del cauce (L).	44
19.2 Perfil del cauce.	44
Cuadro 16. Parámetros red hidrográfica de una cuenca.	45
Gráfica 4. Perfil longitudinal del cauce principal.....	45
19.3 Cota de nacimiento (m.s.n.m.).....	46
19.4 Cota en la confluencia con el sitio de estudio.....	46
19.5 Pendiente media del cauce.	46
19.6 Tiempo de concentración de la cuenca	47
20. CÁLCULO DE ANALISIS DE CRECIDAD PARA LA QUEBRADA SANTA RITA.....	47
20.1 Correlación de información de la cuenca.....	47
20.2 Zonas Hidrológicamente homogéneas.....	48
Cuadro 17. Delimitación de las regiones hidrológicamente.	48
Cuadro 18. Factores para diferentes periodos de retorno en años.....	48
20.3 Aplicación método análisis regional de crecidas máximas.	49
20.4 Tabla de resultados de crecidas máximas para el sitio de estudio.	51
Mapa 12. Área de drenaje para el análisis de crecidas máximas. Este estudio 2022.....	52
21. CONCLUSIONES	53
22. RECOMENDACIONES	54
23. BIBLIOGRAFÍA.....	55
24. ANEXOS	56
A.1 Fotos tomadas en campo sobre de la Quebrada Santa Rita.....	56
A.2 Mapas de zonas hídricas de la República de Panamá.....	58
A.3 Cedula de representante legal del promotor y certificado de registro público.	58

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe hidrológico de la Quebrada Santa Rita, ha sido desarrollado para el proyecto: PH SUMMER VILLAGE, cuyo promotor es Inversiones Milla Ocho, S.A. registrada en (Mercantil) Folio No. 519403, Desde el lunes, 13 de marzo de 2006, cuyo representante legal es el Sr. Walther Oswaldo Cárdenas Romero, con carné de residente permanente No. E-8-103085. Este estudio complementa el Estudio de Impacto Ambiental presentado, ya que se identificó, cauces de agua que pueden incidir en el funcionamiento de la futura obra y las áreas circundantes.

El objetivo principal del estudio hidrológico es definir los cuerpos de agua que circundan el proyecto, tanto externa como internamente y determinar los caudales máximos de diseño requeridos. Por su parte, el estudio hidrológico tiene como objetivo definir los niveles máximos de crecidas. Se presenta el estudio del cuerpo de agua en este informe, por requerimientos del Ministerio de Ambiente de manera integral.

Para el análisis se revisaron los datos meteorológicos de la zona bajo estudio, se identificaron las estaciones de precipitación y se determinaron parámetros, entre otros. Para la hidrología se determinaron de manera integral las superficies de drenajes, pendientes, para la Quebrada Santa Rita, objeto del estudio.

En el informe se presenta una descripción general de la cuenca hidrográfica N°144 Río Juan Díaz detallada de la microcuenca de la Quebrada Santa Rita incluyendo, localización y descripción general del área, cálculo de caudal máximo de diseño y morfometría general de la microcuenca.

Finalmente se presenta los resultados obtenidos, las conclusiones y recomendaciones.

2. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DEL PROYECTO “PH SUMMER VILLAGE”

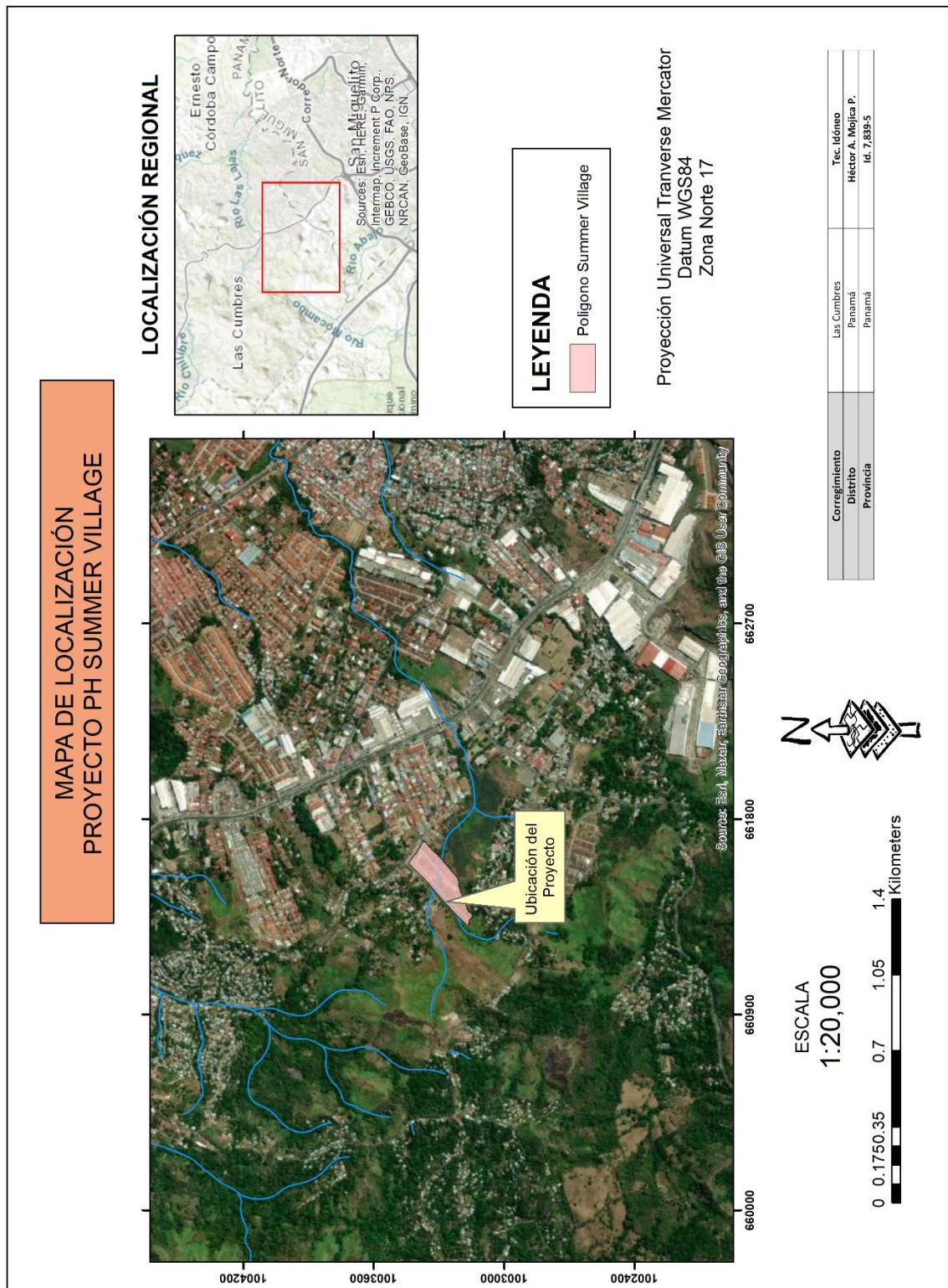
El proyecto denominado “*PH SUMMER VILLAGE*”, se encuentra localizado geográficamente a 79°31'49.42" de longitud oeste y 9°4'24.63" de latitud norte. El proyecto está ubicado en el corregimiento de Las Cumbre, perteneciente al distrito de Panamá, provincia de Panamá, aproximadamente a 0.55 km en línea recta hasta vía Transístmica. El acceso al mismo toma aproximadamente cinco minutos viajando desde la carretera principal hasta la entrada del proyecto.

El corregimiento de Las Cumbres limita al norte con el corregimiento de Chilibre, en el distrito de Panamá, al este con el corregimiento de Alcalde Díaz, al oeste con el corregimiento de Ancón y al sur con el distrito de San Miguelito.

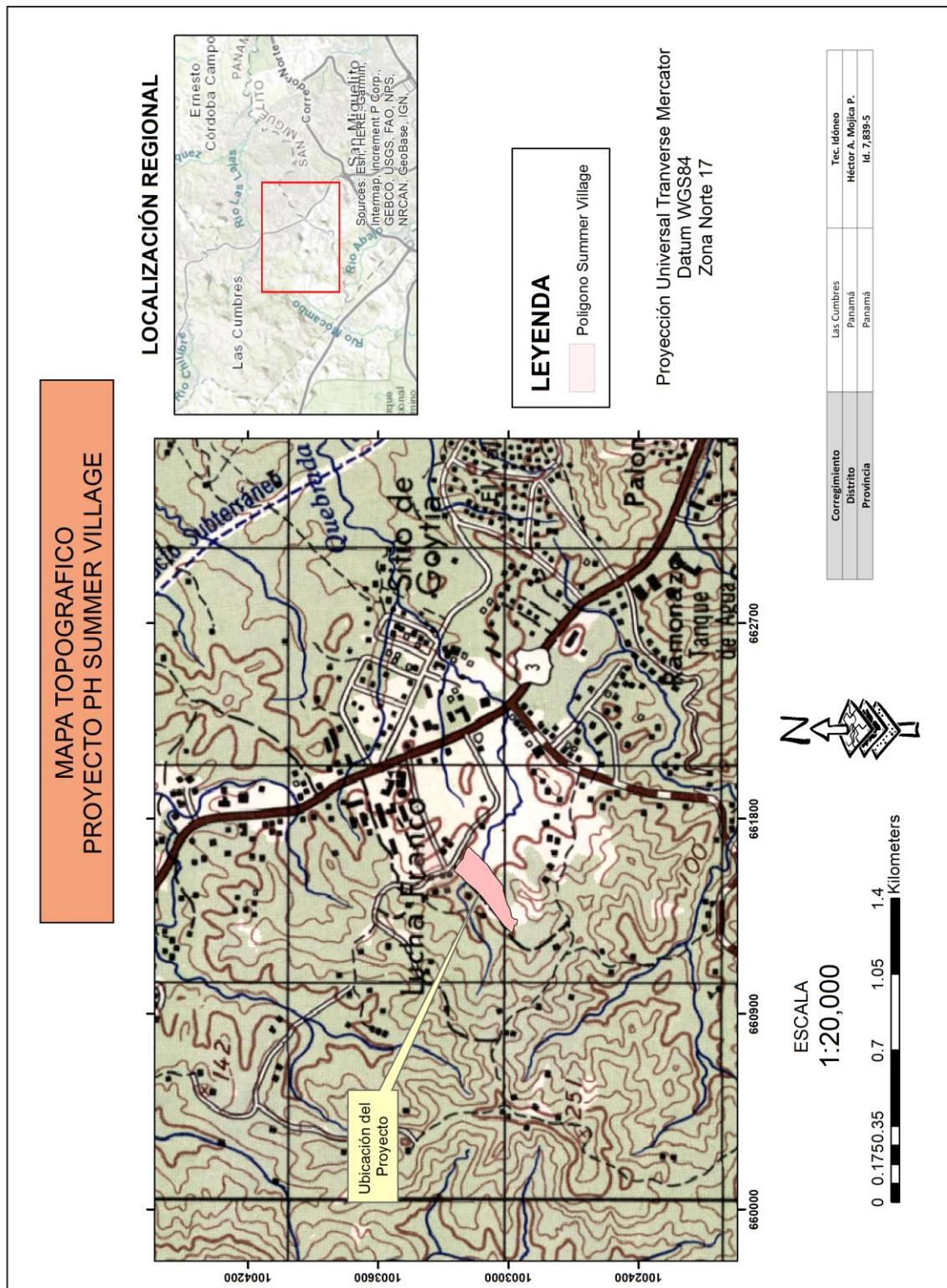
De acuerdo con los datos recolectados en el último Censo Poblacional de la República de Panamá (año 2010), la población en el corregimiento de Las Cumbre es de 32,867, de los cuales 16,582 son hombres y 16,285 son mujeres distribuidos en lugares poblados.

El proyecto residencial PH SUMMER VILLAGE, su proyecto tiene como desarrollo la construcción de viviendas, parques y centros recreativos. La promotora es Inversiones Milla Ocho, S.A. y el objetivo es el desarrollo de los proyectos urbanos.

Mapa 1. Localización Regional del Proyecto.



Mapa 2. Topográfico de Ubicación del Proyecto.



3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA MICROCUENCA QUEBRADA SANTA RITA

La microcuenca de la Quebrada Santa RITA, objeto de este estudio hidrológico, pertenece a la región hídrica Central (*ver mapa A.2 en anexos*). Esta región cubre a la región parte central de la provincia de Coclé y Panamá Oeste, la zona norte y oeste de la provincia de Panamá y Colón. Los cursos de agua de las cuencas hidrográficas de esta región, desembocan hacia la vertiente del océano Pacífico y también al Mar Caribe. Sus rangos de precipitación oscilan entre 1737 y 3348 mm y en el caso del distrito de Panamá, llegando hasta los 2130.55 mm. Forman parte de la cuenca hidrográfica del Río Juan Díaz, designada con el número 144 según el Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano (**PHCA, 1967-1972**).

3.1 Cuenca hidrográfica Río Juan Díaz.

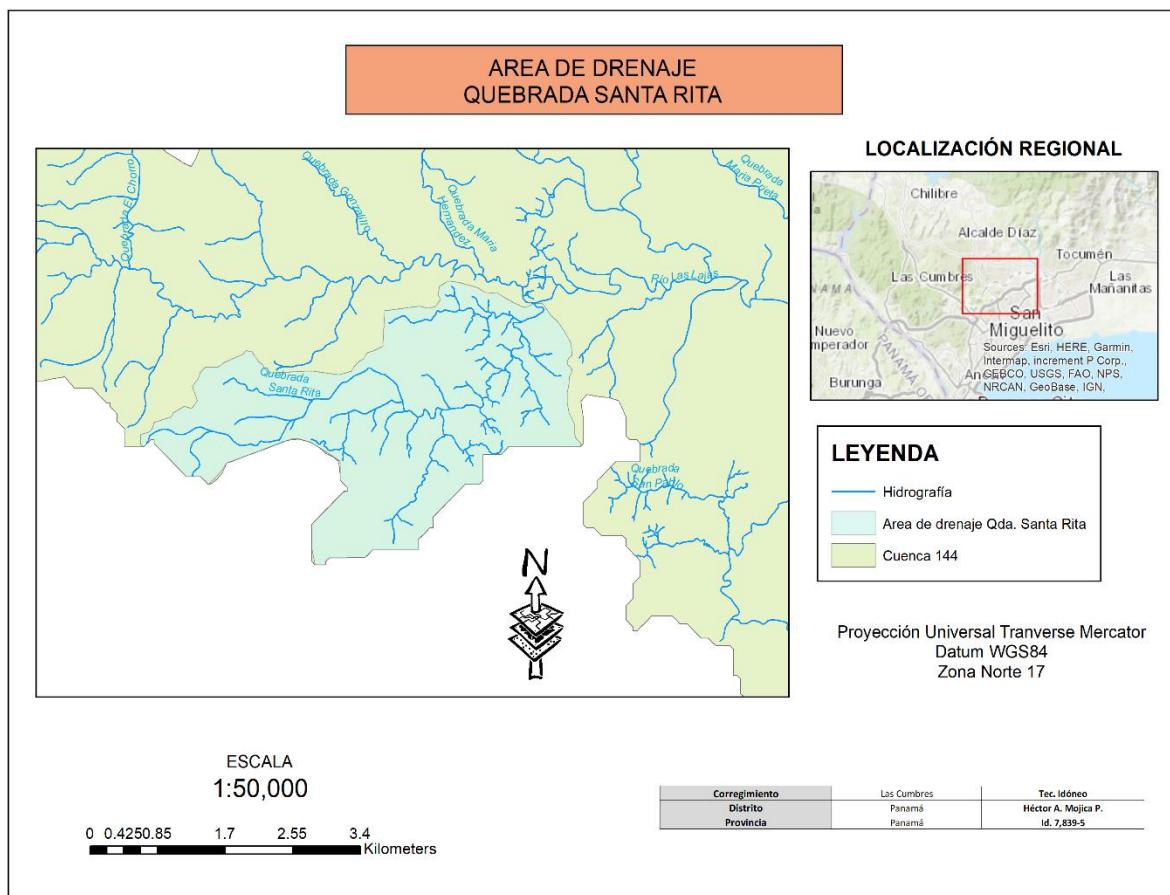
La cuenca 144 corresponde al Río Juan Díaz, se sitúa en la vertiente del Pacífico, dentro de la provincia de Panamá y ocupa una superficie de 350.74 km², representando el 0.46 % del territorio nacional. Sus límites naturales son: al norte, con la cuenca del Canal de Panamá; al sur, con la Bahía de Panamá en el Océano Pacífico; al este, con la cuenca del Río Pacora; y al oeste, con la cuenca de los Ríos entre el Caimito y Juan Díaz.

El Río Juan Díaz es un río de Panamá, que desemboca en la vertiente del Océano Pacífico, específicamente en la Bahía de Panamá, que recorre gran parte de la Provincia de Panamá. La cuenca del río Juan Díaz está ubicada hacia el sudeste de la provincia de Panamá, nace en Cerro Azul, a una altitud de 691 msnm y desemboca en la bahía de Panamá. Sus principales afluentes son los ríos Las Lajas, María Prieta, Naranjal, Palomo, la Quebrada Espavé y la Quebrada Malagueto. Tiene una longitud de 27.29 km y su cuenca hidrográfica abarca 350.74 km². La topografía de la cuenca es accidentada con una pendiente media del 12.8 %, estando el relieve compuesto por colinas y cerros bajos, tales como Cerro Bartolo, Cerro Santa Cruz, Cerro El Brujo, Cerro Batea, Cerro Viento y Cerro Bandera. Tiene numerosas cascadas en la cuenca alta, lo cual favorece el rápido escurrimiento de las aguas superficiales y los consecuentes bajos tiempos de concentración. La cuenca registra una precipitación media anual de 2004.6 mm para registros del año 2015.

3.2 Red de drenaje de la Quebrada Santa Rita.

La microcuenca de la Quebrada Santa Rita está localizada al este de la provincia de Panamá, cuenta con una superficie de drenaje de 9.14 km², representando el 2.60 % sobre el área de la cuenca 144 Río Juan Díaz, el cauce principal tiene una longitud de 7.45 kilómetros desde el punto más alto hasta el sitio de confluencia con el Río Las Lajas. La quebrada Santa Rita posee afluentes ya que es una quebrada de orden número cuatro (*ver mapa 3 Red de drenaje de la quebrada Santa Rita*), la quebrada Santa Rita hace confluencia en el Río Las Lajas justo cerca al noreste del proyecto. El paisaje de esta microcuenca está dominado por tierras medias bajas.

Mapa 3. Red de drenaje Quebrada Santa Rita.



4. GEOLOGÍA

Litológicamente hablando, el área de estudio se caracteriza por la presencia de Esta zona se caracteriza por afloramiento de rocas andesitas y basaltos intrusivos. Al sur muy alejada se presenta fallas normales y al oeste la falla Chame.

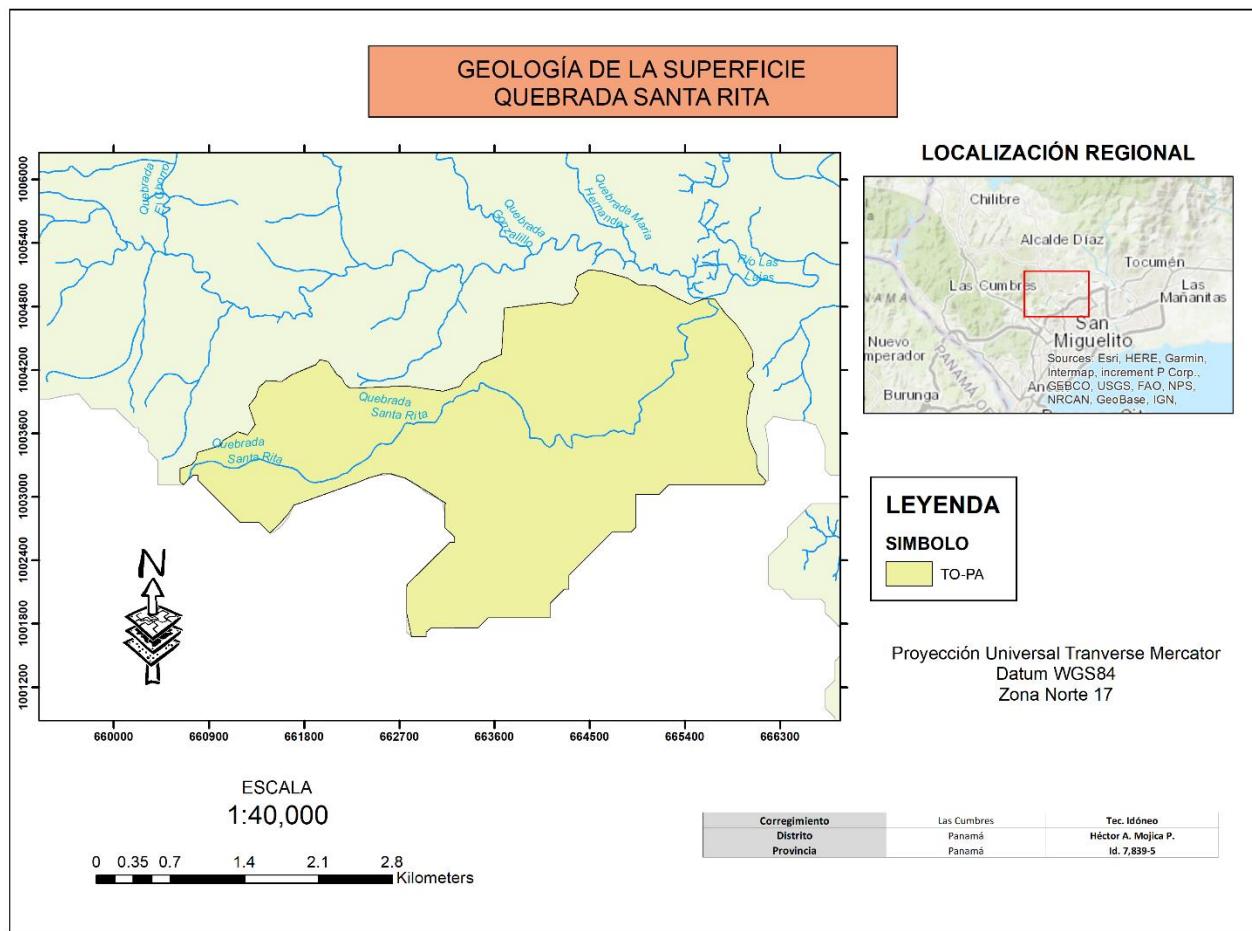
Los suelos que conforman el área, son suelos residuales productos de la meteorización de la roca madre, específicamente de la formación Panamá (Fase Marina); formas sedimentarias, conformada por arenisca tobácea, lutita, tobácea, caliza algácea y forminifera.

Cuadro 1. Clasificación geológica.

Clasificación geológica del área de estudio					
Geología					
Grupo	Formación	Símbolo	Significado	Área (km²)	%
Panamá	Panamá (fase marina)	TO-PA	arenisca tobácea, lutita, tobácea, caliza algácea y forminifera.	9.14	100

Fuente: Tabla generada por el consultor con datos de salida de ARCGIS. Este estudio 2022.

Mapa 4. Geología de la microcuenca.



5. TEXTURA DE SUELO

Conceptualmente, la textura del suelo hace referencia al tamaño de las partículas o las cantidades relativas de arena, limo y arcilla.

La totalidad de los suelos en la superficie de drenaje de la quebrada Santa Rita tienen una textura de tipo arcillosa (*ver foto 1. suelo arcilloso*). Este tipo de suelos se caracterizan por:

Texture fina: cuando se frota entre los dedos la apariencia es suave, lisa y a medida que se seca se adhiere a la piel. Apariencia jabonosa: cuando se le agrega agua en exceso se siente jabonosa y resbaladiza. Fácil de moldear: cuando se amasa se puede formar cintas y anillos.

Alta retención de agua: almacena mucho la humedad y demora en secarse. Difícil de labrar: al ser más adhesiva, cohesiva, pegajosa y plástica que el limo, los suelos arcillosos son más difíciles de trabajar con máquinas agrícolas. Drenaje pobre: los suelos arcillosos tienen alta capacidad de retención de la humedad.



Foto 1. Suelo Arcilloso

Cuadro 2. Textura de suelo del área de estudio.

TEXTURA	ÁREA (Km ²)
Arcillosa	9.14
TOTAL	9.14

Fuente: Tabla generada por el consultor con datos del IDIAP. Este estudio 2022.

6. CAPACIDAD AGROLÓGICA DE LOS SUELOS

Los suelos se clasifican en ocho clases de tierras y se designan con números romanos, que van del I a la VIII. Las tierras de clase I son las tierras óptimas, es decir, que no tienen limitaciones y a medida que aumentan las limitaciones se designan progresivamente con números romanos hasta la clase VIII. Las tierras de las clases I a IV son de uso agrícola. Las clases II y III tienen algunas limitaciones, y la clase IV es marginal para la agricultura. Las clases V, VI, VII son para uso forestal, frutales o pastos. La clase VIII son tierras destinadas a parques, áreas de esparcimiento, reserva y otras.

Los suelos de la microcuenca Quebrada Santa Rita se clasifican en dos clases según su capacidad de uso (*ver mapa 5. Capacidad agrológica de la microcuenca*)

Cuadro 3. Clasificación de la Capacidad Agrológica de los suelos del área bajo estudio.

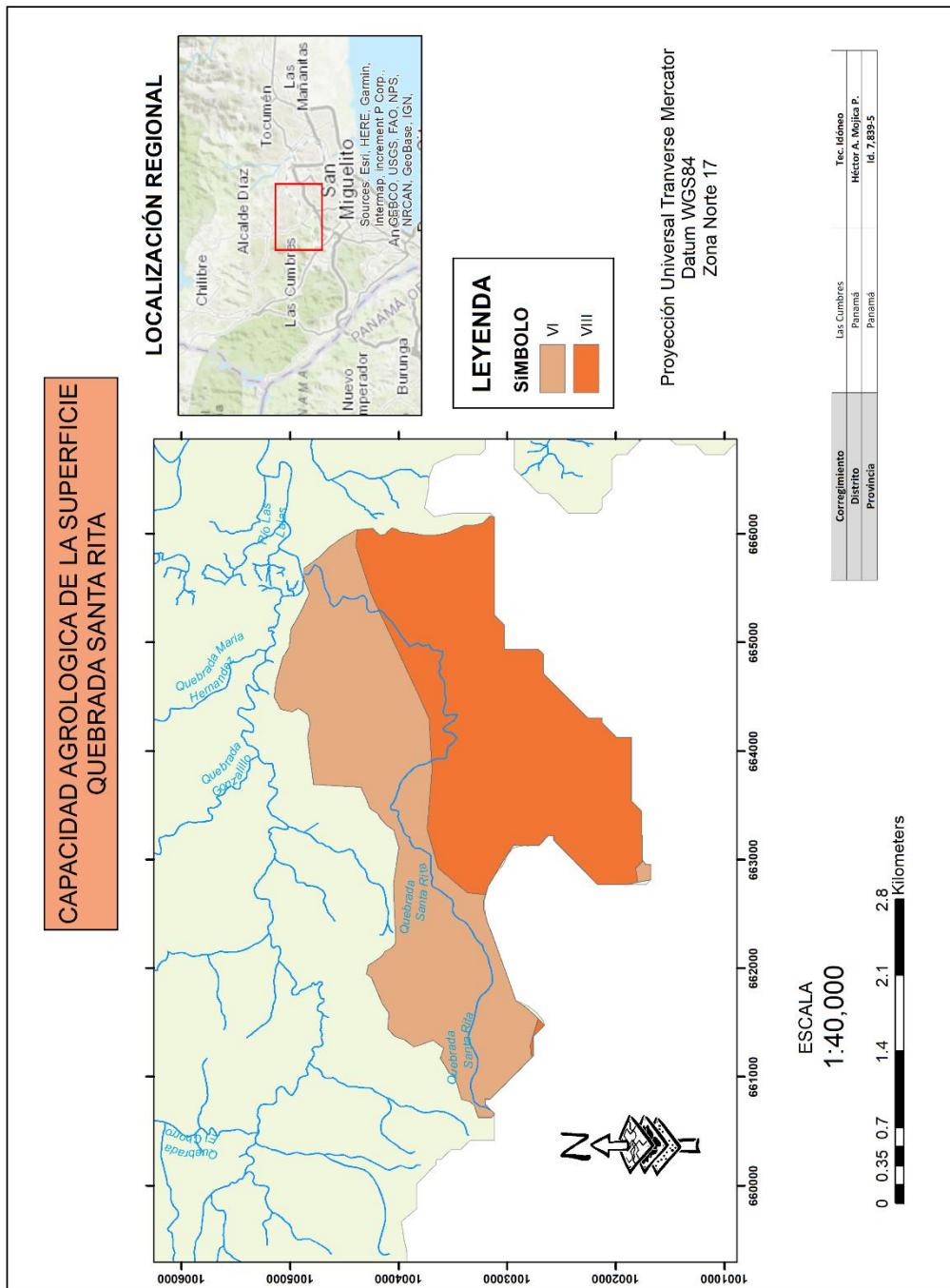
Nomenclatura	Clasificación	Área (km ²)	%
VI	No arables, con limitaciones severas, pata para bosques, pastos, tierras de reservas.	4.436	48.52
VIII	No arable, con limitaciones que impiden su uso en la producción de plantas comerciales	4.706	51.48
TOTAL		9.142	100

Fuente: Tabla generada por el consultor con datos de salida de ARCGIS. Este estudio 2022.

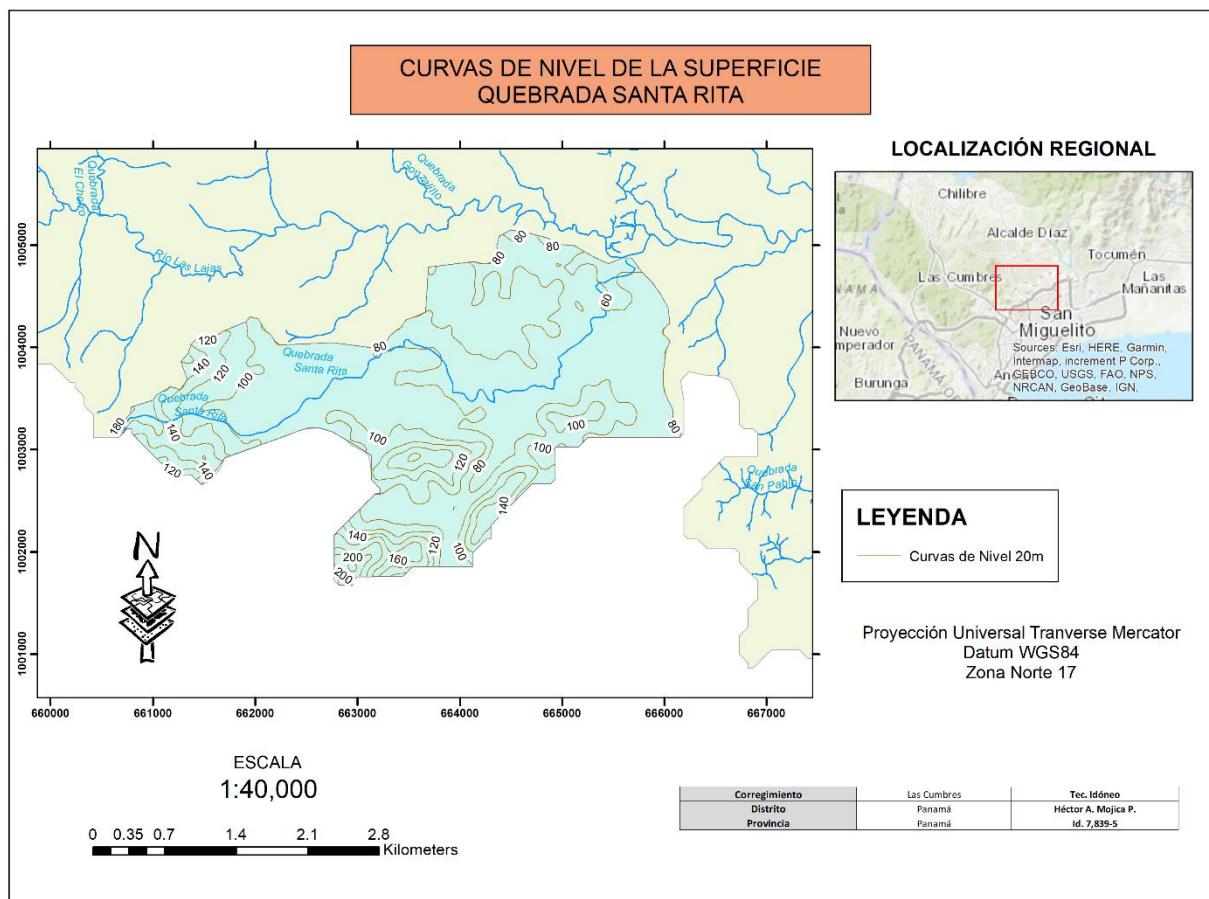
7. TOPOGRAFÍA

En la región las elevaciones superan los 80 m.s.n.m, aunque predominan elevaciones entre los 80 y 200 m.s.n.m. (*Ver mapa 6. Curvas nivel*).

Mapa 5. Capacidad agrologica de la microcuenca.



Mapa 6. Curvas de nivel de la microcuenca.



8. COBERTURA BOSCOSA Y USOS DE SUELO

La cobertura y/o uso del suelo en el área de estudio, tiene una relación directa con las variables de elevaciones, clima y tipo de suelo.

En los suelos de la superficie de drenaje de la quebrada Santa Rita existe una predominancia de uso del 90.25 % con suelos destinados a áreas pobladas, 7.11% a vegetación herbácea y en menor proporción dos categorías más, las cuales se muestran en la siguiente tabla (*ver cuadro No 4*)

Cuadro 4. Cobertura Boscosa y Uso de Suelo del área de estudio.

Leyenda	Cobertura y/o uso del suelo	Área (km ²)	%
	Áreas pobladas	8.25	90.25
	Bosque latifoliado mixto secundario	0.06	0.68
	Infraestructuras	0.18	1.96
	Vegetación herbácea	0.65	7.11
TOTAL		9.14	100

Fuente: Tabla generada por el consultor con datos de salida de ARCGIS. Este estudio 2022.

Esta es un área muy intervenida, en la que predominan los suelos con áreas de pobladas y vegetación herbácea.

A continuación, se describen las categorías de cobertura y uso de los suelos encontrados dentro del área de estudio:

Área poblada.

Área poblada urbana: lugar poblado con 1500 o más habitantes y que partiendo de un núcleo central, presenta continuidad física en todas las direcciones, hasta ser interrumpida por terrenos no edificados. Reúne todas o la mayor parte de las siguientes características:

1. Servicio de alumbrado
2. Centros sociales y recreativos
3. Establecimientos comerciales
4. Acueducto público
5. Sistema de alcantarillado
6. Edificios contiguos o alineados
7. Uno o más colegios secundarios
8. Trazado de calles, varias de ellas pavimentadas y con aceras

Área poblada rural: lugar poblado con menos de 1500 habitantes que no cumplan con la mayoría de las características descritas para los poblados urbanos.

Bosque latifoliado secundario.

Bosque en un estado sucesional anterior al bosque maduro, que se desarrolló después de que toda o la mayoría de la vegetación original fue eliminada por actividades humanas y/o fenómenos naturales. Corresponde a estados sucesionales que no presentan características de rastrojo ni de bosque maduro.

El bosque secundario se caracteriza por:

- Mayor presencia de especies pioneras.
- Poca presencia de árboles con copas grandes.
- Mayor proporción del área basal concentrada en clase diamétricas medias y bajas.
- Mayor presencia de sotobosque.

El bosque secundario se distingue del rastrojo por tener una altura promedio mayor a cinco metros y una cobertura de dosel superior al 30 %. Se considera también como bosque secundario a los rastrojos con altura menor a 5 metros que hayan sido declarados para fines forestales.

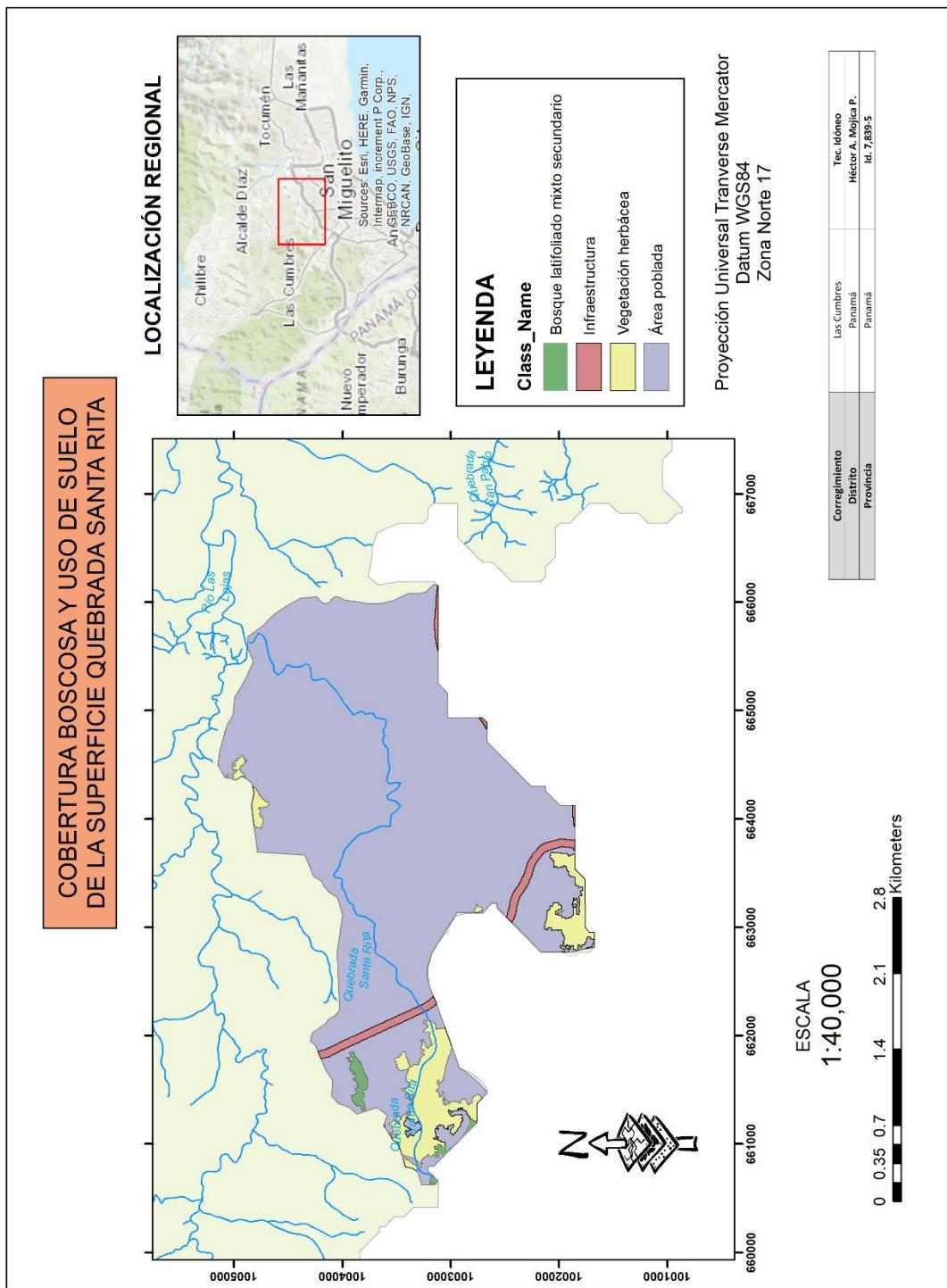
Infraestructura.

Comprende los territorios cubiertos por infraestructura de uso exclusivamente comercial, industrial, de servicios y comunicaciones. Se incluye tanto las instalaciones como las redes de comunicaciones que permite el desarrollo de los procesos específicos de cada actividad. Ejemplo: zonas industriales o comerciales, red vial, ferroviaria y terrenos asociados, zonas portuarias, aeropuertos, obras hidráulicas, redes de transmisión eléctrica, etc.

Vegetación herbácea.

es aquella que carece de una estructura leñosa, por lo cual presenta una consistencia más o menos blanda. Se exceptúan del estudio árboles arbustos y vegetación del cerco. La cobertura herbácea está compuesta por especies anuales, bianuales y perennes.

Mapa 7. Cobertura y usos de suelos de la microcuenca.



9. CLIMA Y ZONA DE VIDA

El clima del área está determinado por la localización geográfica, la altura sobre el nivel del mar, el relieve y la extensión territorial. Para la clasificación climática se utilizó el sistema de Alberto Mckay y Holdridge, teniendo en cuenta las características pluviométricas y térmicas del área de influencia.

De acuerdo con la clasificación climática de Alberto Mckay (2000) que se presenta en el Atlas Ambiental de la República de Panamá (2010); la cuenca objeto de este análisis presentan un clima subecuatorial con estación seca.

9.1 Clima Subecuatorial con estación seca prolongada.

Es cálido, con temperaturas medias de 27 a 28° C. los totales pluviométricos anuales, siempre inferiores a 2500 mm son los más bajos de todo el país, los cuales llegan a 1122 en Los Santos. Este tipo de clima se presenta en el Valle de Tonosí, en las tierras bajas del derrame hidrográfico del golfo de Panamá, en las islas de este golfo y en las cuencas de los ríos Bayano, Chucunaque, Tuira y Sambú. La estación seca presenta fuertes vientos, con predominio de nubes medias y altas; hay baja humedad relativa y fuerte evaporación.

9.2 Zonas de vida según Holdridge.

De acuerdo con Holdridge: “Una zona de vida es un grupo de asociaciones vegetales dentro de una división natural del clima, que se hacen teniendo en cuenta las condiciones edáficas, las etapas de sucesión y que tiene una fisonomía similar en cualquier parte del mundo”.

El sistema de zonas de vida de Holdridge permite la clasificación de dichas áreas en 30 clases, 12 de las cuales se encuentran en Panamá:

Figura 1. Nomograma de zonas de vida.

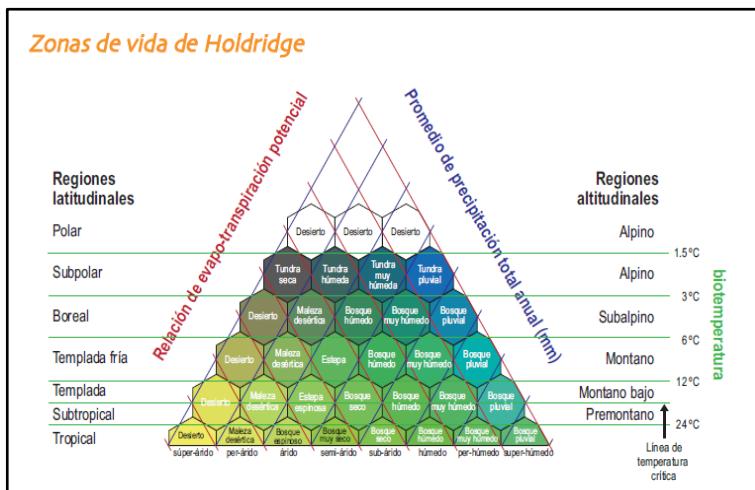


Figura 1. Nomograma de Zonas de Vida según Holdridge.

Cuadro 5. Clasificación de Zonas de vida según Holdridge.

Zona de vida	Siglas*	Superficie (km ²)	Temperatura (°C)	Precipitación (mm)
Bosque húmedo montano bajo	bh-MB	30.71 (0.04%)	> 12	< 2,000
Bosque húmedo premontano	bh-PM	2,299.6 (3.07%)	> 24	1,450 - 2,000
Bosque húmedo tropical	bh-T	29,899.9 (40%)	24 - 26	1,850 - 3,400
Bosque muy húmedo montano	bmh-M	5.62 (0.007%)	6 - 12	2,000
Bosque muy húmedo montano bajo	bmh-MB	183.71 (0.25%)	12 - 18	2,000 - 4,000
Bosque muy húmedo premontano	bmh-PM	13,153.5 (17.55%)	17.5	2,000 - 4,000
Bosque muy húmedo tropical	bmh-T	16,609.6 (22.17%)	25.5 - 26	3,800 - 4,000
Bosque pluvial montano	bp-M	211.12 (0.28%)	6 - 12	> 2,000
Bosque pluvial montano bajo	bp-MB	1,619.54 (2.16%)	10.8 - 13.5	> 4,000
Bosque pluvial premontano	bp-PM	7,441.98 (9.93%)	18 - 24	4,000 - 5,500
Bosque seco premontano	bs-PM	612.51 (0.82%)	18 - 24	< 1,100
Bosque seco tropical	bs-T	2,847.74 (3.8%)	18 - 24	1,100 - 1,650

* Siglas formadas por dos grupos de letras separadas por un guion: el primer grupo, en minúsculas, corresponde a las iniciales del

Fuente: Atlas Ambiental de la República de Panamá (2010)

La Microcuenca de la Quebrada Santa Rita se encuentra dentro de la siguiente zona de vida:

9.3 Bosque Húmedo Tropical.

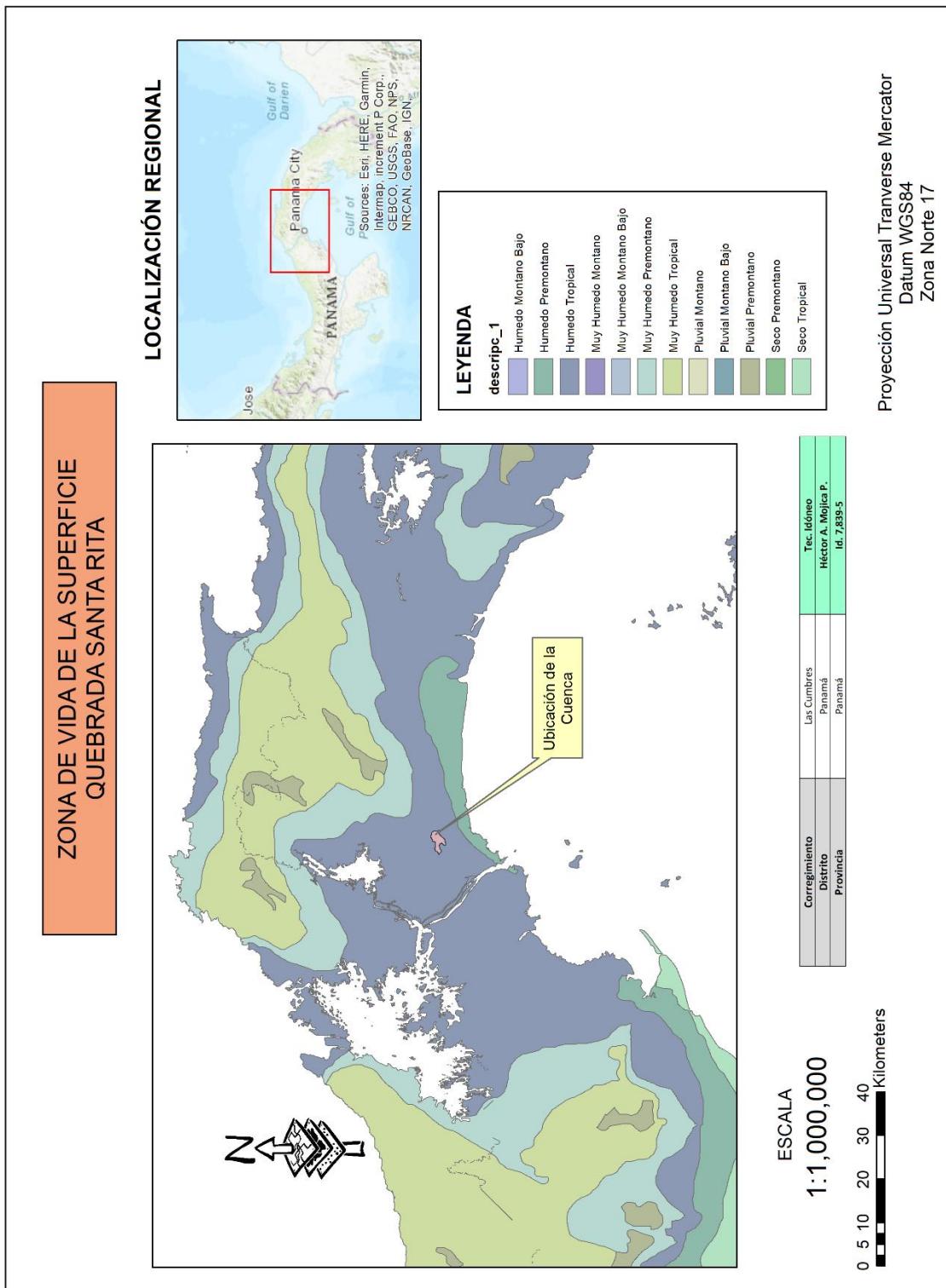
Ocupa un área pequeña sobre la superficie de Panamá, alcanzando 29,899.9 km² o sea el 40% del territorio nacional, se encuentra presente en la vertiente Pacífica del país, específicamente en las provincias de Panamá, Panamá Oeste, Coclé, Veraguas, Chiriquí, Bocas del Toro, Darién, Herrera y Los Santos. Sus temperaturas oscilan entre los 24.0 y 26.0 °C y su nivel de precipitación anual va de los 1850 a 3400 mm.

En este ambiente se crea una atmósfera propicia para generar vida, aunque los suelos no suelen ser muy fértiles porque la tierra pierde todos sus nutrientes después de algunas cosechas. Sin embargo, la mayor riqueza es dada gracias a la cantidad de seres vivos alojados y que encuentran un hábitat en los bosques húmedos tropicales. En estos ecosistemas, las precipitaciones son algo común y frecuente durante todo el año. Además, generalmente el aire está cargado de humedad (vapor de agua) y el clima es caliente, propiciando el calor.

En los bosques húmedos tropicales se encuentran múltiples beneficios para los seres vivos, especialmente, para los humanos. En este bioma pueden encontrarse alimentos, pero también medicinas y hasta productos industriales, generando un gran interés por parte del resto de la población. Una de las características principales de los bosques húmedos tropicales es la abundancia de seres vivos. Como se mencionó anteriormente, en estos lugares se desarrolla la mayor parte de alimentos, flores y animales del mundo.

La vegetación de los bosques húmedos tropicales suele ser muy variada, e incluso pueden existir subdivisiones dependiendo de la altura que posean los árboles o plantas. La mayoría de la superficie de los bosques húmedos tropicales está conformada por árboles. Los más comunes poseen un tamaño aproximado de 30 metros, sin embargo, hay algunas que llegan a alcanzar los 50 metros de altura.

Mapa 8. Zonas de vida según Holdridge.



10. DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN

En la cuenca hidrográfica 144 del Río Juan Díaz se identifican dos temporadas bien definidas: la temporada seca que va de mediados de diciembre a mediados de mayo y la lluviosa que va desde mediados de mayo a mediados de diciembre.

El área presenta una temporada seca de 5 a 6 meses, con un período lluvioso de 6 a 7 meses. Los máximos valores de precipitación se obtienen en los meses de septiembre y octubre cuando la ZCIT (Zona de Convergencia Intertropical), se encuentra sobre nuestro país.

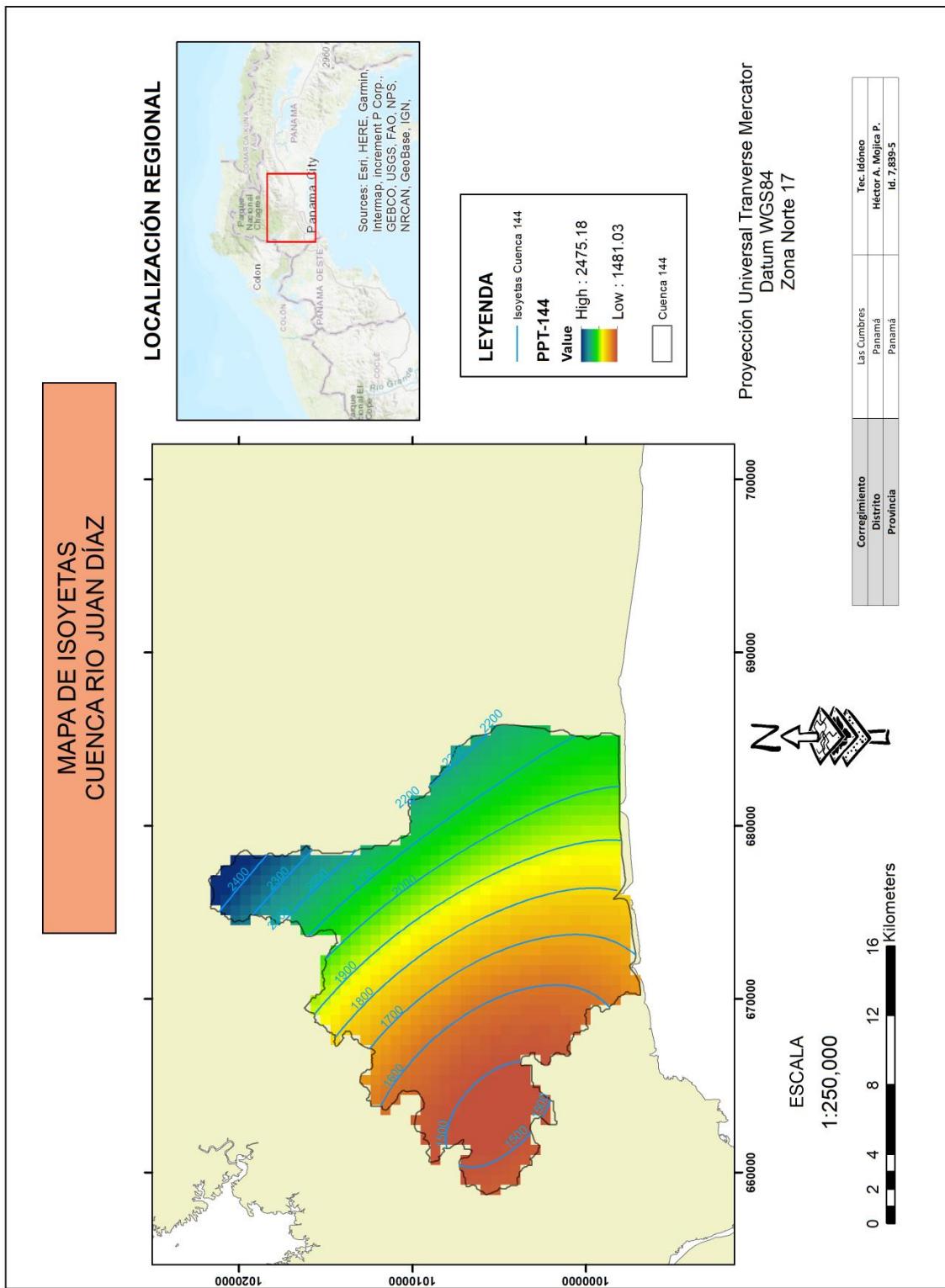
La cuenca registra una precipitación media anual de 2004.6 mm para registros pluviométricos para el año 2015. Las lluvias se distribuyen gradualmente desde el centro de la cuenca con un aproximado de 1900 mm/año, hacia el litoral con 1700 mm/año. El 92 % de las lluvias ocurren entre los meses de mayo a noviembre y el 7 % restante se registra entre los meses de diciembre a abril.

La temporada lluviosa se caracteriza por lluvias abundantes, de intensidad entre moderada a fuerte, acompañadas de actividad eléctrica que ocurre especialmente en horas de la tarde y que son por lo general de origen convectivo. Dentro de esta temporada se presenta frecuentemente un periodo seco conocido como Canícula o Veranillo de San Juan, entre julio y agosto. El período entre diciembre y abril corresponde a la temporada seca.

Para el área en estudio la precipitación es de 2130.55 mm como media total anual para las estaciones Tocumen, Balboa, Hato Pintado y Río Piedras con registros pluviométricos desde el año 2006 hasta el 2015. Los excesos o escorrentía superficial se inician entre los meses de septiembre, octubre y noviembre. El área registra un período de transición de la estación seca a la lluviosa que demora aproximadamente 60 días.

Las máximas precipitaciones en esta región, están asociadas generalmente a sistemas atmosféricos bien organizados, como las ondas y ciclones tropicales, y la distribución estacional está asociada en zona de Convergencia Intertropical (ZCIT).

Mapa 9. Isoyetas del área de estudio.



11. INFORMACIÓN BÁSICA

La información básica para el desarrollo del estudio hidrológico se obtuvo de dos fuentes principales:

- Información cartográfica existente
- Información hidrológica y meteorológica

11.1 Información cartográfica existente.

Se obtuvo de los mosaicos topográficos a escala 1:25000 generados por el Instituto Nacional Tommy Guardia de la República de Panamá, con proyección UTM (Universal Transversal Mercator), curvas de nivel a intervalos de 10 m y curvas suplementarias de 5 m, elipsoide WGS84 y generadas con imágenes radar aerotransportado del área, tomada en el año 2012.

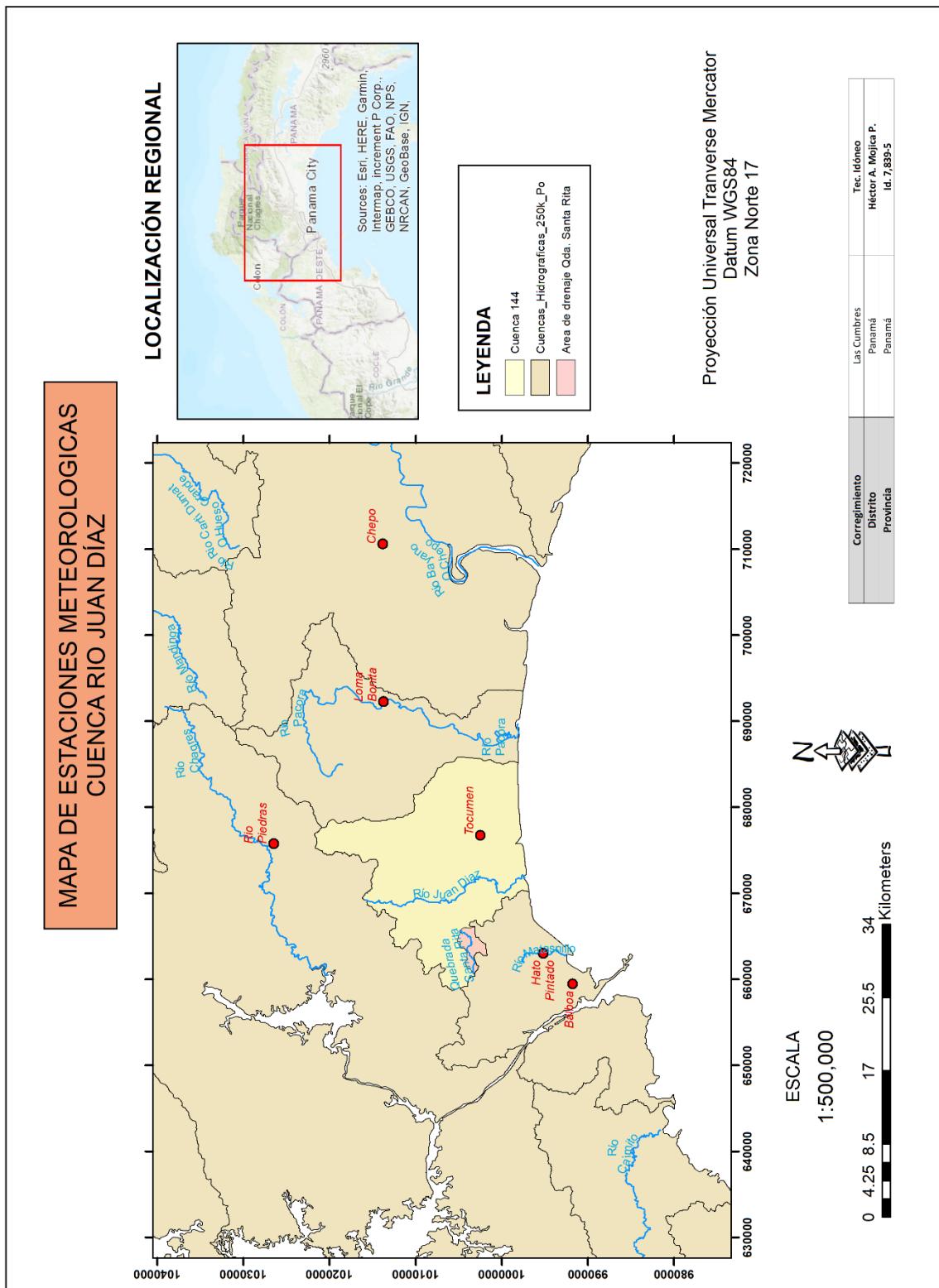
Además, se utilizó datos suministrados, por sistema de información geográfica (ARCGIS), así como para levantar polígonos de área de drenaje e isoyetas de precipitación de la cuenca y características morfométricas de la cuenca; para definir la superficie de drenaje, longitud del cauce y otras.

11.2 Información meteorológica.

La superficie de drenaje de la Quebrada Santa Rita no cuenta dentro de su área, con estaciones de medición de precipitación y caudales, pero por estar ubicada dentro de la cuenca hidrográfica del Río Juan Díaz (144), si hay información existente dentro de la misma.

La distribución espacial de las estaciones que se encuentran cercanas y cuyo comportamiento tiene influencia dentro de la superficie de drenaje de la Quebrada Santa Rita objeto de este estudio hidrológico. La Estación Tocumen, es la más representativa del área, operada por la Empresa de Transmisión Eléctrica (ETESA).

Mapa 10. Localización de estaciones meteorológicas.



12. COMPORTAMIENTO CLIMÁTICO DEL ÁREA DE ESTUDIO

Para el presente estudio se tomó en consideración los datos meteorológicos de las Estación Tocumen, la cual es la más representativa del área, operada por la Empresa de Transmisión Eléctrica (ETESA). La misma se encuentra localizada: *Estación Tocumen 09°04'55" N y 79°24'20" O*, a una altura sobre el nivel medio del mar de 38 m. Para el estudio se consideró un período de registro de 2006 a 2015.

12.1 Precipitación.

El total anual promedio según período de registró para la Estación de Tocumen es de 1831.8 mm para un registro anual desde 2006 al 2015 (*Ver cuadro 6. Registros de precipitación*). Los meses más lluviosos son septiembre y octubre en donde las precipitaciones están en un rango entre 323.8 y 420.9 mm. Los meses menos lluviosos son febrero y marzo en donde hay registro de precipitaciones de 0 a 3.5 mm.

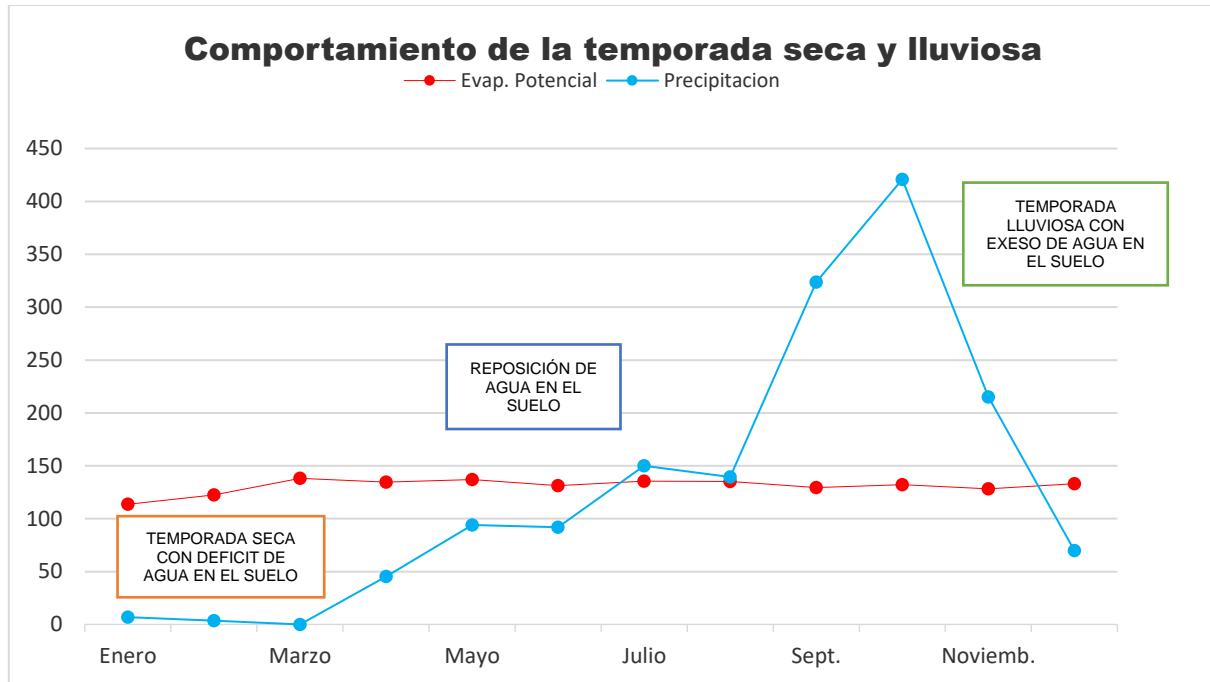
El régimen de precipitación define claramente una temporada seca con déficit de agua en el suelo de 5 a 6 meses y una temporada lluviosa con excesos de agua en el suelo de 3 meses en algunos casos. La temporada seca se inicia en la primera década de diciembre y puede extenderse hasta la primera década de mayo y tercera década del mismo mes. Luego de ello se inicia un período de transición de la estación seca a la lluvia, la cual tiene una duración de 60 días en el área de Tocumen aproximadamente.

Cuadro 6. Registro de Precipitación estación Tocumen.

ESTACIÓN TOCUMEN											
Precipitación Pluvial											
2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Promedio	
2,371.2	1,877.3	2,206.6	863.1	2,765.6	2,069.4	2,016.3	1,325.9	1,261.5	1,561.1	1,831.8	

Fuente: Tabla elaborada por el consultor, con datos de la estación Tocumen.

Cuadro 7. Comportamiento de la temporada seca y lluviosa.



Fuente: Tabla y gráfica elaborada por el consultor, con datos de la estación Tocumen.

12.2 Temporada seca.

La temporada seca está claramente definida y caracterizada por un período de 5 meses secos con déficit de agua en el suelo. Aunque se registran precipitaciones; las mismas no logran mantener el suelo a capacidad de campo, registrándose déficit de agua entre 39 y 138 mm, en febrero, marzo, abril, mayo y junio mes en el cual la temporada seca se acentúa.

12.3 Período de transición de la estación seca a la lluviosa.

Durante la transición de la estación seca a la lluviosa se registra un período conocido como reposición de agua en el suelo. Este es el tiempo que necesita el suelo para volver a almacenar el agua perdida durante la estación seca. Este período dura 60 días en el área de Tocumen y alrededores.

12.4 Período lluvioso.

El período lluvioso se caracteriza por registrar excesos de agua en el suelo a partir de septiembre en el caso de Tocumen. A partir de este momento el suelo alcanza su capacidad de retención máxima, la cual es de 200 mm. El mes que registran los mayores excesos de agua en el suelo es octubre.

12.5 Almacenaje de agua en el suelo.

Predominan suelos con una capacidad de retención de agua de 200 mm. A partir de agosto el suelo alcanza su capacidad de almacenamiento máximo, en el área de Tocumen lo que da como resultado que se presenten excesos de agua o escorrentía superficial. Del mes de septiembre hasta el mes de noviembre el suelo se mantiene a capacidad de campo. En diciembre se produce un período de transición similar al que se produce en abril y mayo. Este período es un período de descenso de los niveles de humedad de agua en el suelo, afectándose el almacenaje de agua existente hasta ese momento. A medida que la temporada seca se va acentuando la capacidad de almacenaje de agua en el suelo disminuye, hasta registrarse el déficit. Ya para este momento no hay agua disponible para los cultivos. Mas sin embargo si hay niveles de agua subterránea disponibles.

12.6 Veranillo de San Juan.

El Veranillo de San Juan tiene una probabilidad de ocurrencia de 49 % en el área de Tocumen y alrededores, en el mes de julio; en este caso el veranillo se inicia a partir de la primera década de julio. Puede durar de 8 a 15 días. Período durante el cual se nota una marcada disminución de la precipitación.

13. HIDROGEOLOGÍA

Según el atlas ambiental de Panamá el mapa de hidrogeología, los acuíferos que se encuentran en la zona, son acuíferos locales (intergranulares o fisurados) de productividad limitada o poco significativa ($Q=3-5\text{m}^3/\text{h}$). Son acuíferos locales restringidos a zonas fracturadas, conformados por una mezcla de rocas volcánicas fragmentarias consolidadas y poco consolidadas, sobrepuertas a rocas ígneas consolidadas. Los pozos más productivos se localizan en zonas fracturadas. Además, hay acuíferos constituidos por depósitos marinos generalmente de naturaleza elástica, con secciones ocasionales de origen bioquímico (calizas). La granulometría predominante de estos materiales es del orden de limos y arcillas. En estas formaciones se encuentran intercalaciones de basaltos y andesitas, se puede obtener cierta producción en pozos individuales. La calidad química de las aguas es variable.

14. BALANCE HIDROGEOLOGICO DE LA MICROCUENCA

Sirve para planificar el riego, puesto que a partir del balance hidrológico se determina la provisión de agua en términos de un caudal confiable y permanente en el tiempo, durante las épocas secas. Si la disponibilidad de agua en las fuentes no cubre los requerimientos de riego es necesario estimar los caudales durante la época lluviosa para calcular la factibilidad de almacenar estos excedentes y utilizarlos en los períodos de riego. Además, permite identificar si se requieren obras como embalses de regulación, pozos, sistemas de uso de excedentes de agua o sistemas más eficientes de aplicación del riego.

Para la confección del Balance sobre el comportamiento de las aguas subterráneas en el área objeto de estudio se tomó en cuenta los siguientes datos calculados del balance hídrico confeccionado para la estación Tocumen con registro del año 2015 (*ver cuadro 9. Balance hídrico*).

- Total, anual de la precipitación, según periodo de registro de la estación meteorológica más cercana 1561.1 mm. (*En este caso sería la estación Tocumen*)
- Capacidad de almacenaje de agua en el suelo 200 mm.

- Escorrentía superficial 389.4 mm.
- Déficit de agua en el suelo 399.3 mm.
- Perdidas por evapotranspiración 1171.7 mm.
- Área de drenaje de la microcuenca 914 has.

Para la elaboración del Balance Hidrogeológico debemos tener presente que un milímetro de lluvia registrado en el pluviómetro equivale a un litro por metro cuadrado y a 10,000 litros por hectáreas. En el caso el área de drenaje es de 914 has.

Cuadro 8. Balance Hidrogeológico de la microcuenca Santa Rita.

BALANCE HIDROGEOLÓGICO MICROCUENCA SANTA RITA								
ÁREA DE LA CUENCA 9.14 km ²								
CORREGIMIENTO DE LAS CUMBRES, DISTRITO DE PANAMÁ								
Am ²	PP	PPtotal	ESC	ESCTotal	DEFICIT	DEFtotal	AlmcTotal	TOTAL
9140000	1561.1	14268454000	389.4	3559116000	399.3	3649602000	7059736000	7059736

Fuente: Tabla elaborada por el consultor, con datos de la estación Tocumen. Este estudio 2022.

Dónde:

- **Am²** = área de microcuenca de estudio en m²
- **PP** = precipitación total anual en mm (L/m²)
- **PPtotal** = (Am² * PP)
- **ESC** = escorrentía anual en mm (L/m²)
- **ESCTotal** = (Am² * ESC)
- **DEFICIT** = déficit de agua en el suelo en mm (L/m²)
- **DEFtotal** = (Am² * DEFICIT)
- **AlmcTotal** = (PPtotal – ESCTotal – DEFtotal) en litros
- **TOTAL** = Almacenaje total en metros cúbicos

Para el área evaluada según el balance hidrogeológico se almacenará un aproximado de 7,059,736 m³ al año del recurso a los acuíferos que se encuentran en la cuenca analizada.

Cuadro 9. Balance Hídrico estación Tocumen.

MES	Precipitación mm	ETP mm	Almcen mm	ETR mm	Deficit mm	Escorrentía mm
Julio	150.1	136	14.1	136	0	0
Agosto	139.5	135	18.6	135	0	0
Septiembre	323.8	129	200	129	0	13.4
Octubre	420.9	132	200	132	0	288.9
Noviembre	215.1	128	200	128	0	87.1
Diciembre	69.9	133	136.9	133	0	0
Enero	7	114	29.9	114	0	0
Febrero	3.5	123	0	33.4	89.6	0
Marzo	0	138	0	0	138	0
Abril	45.3	135	0	45.3	89.7	0
Mayo	94	137	0	94	43	0
Junio	92	131	0	92	39	0
TOTAL	1561.1	1571		1171.7	399.3	389.4

Fuente: Tabla elaborada por el consultor, con datos de la estación Tocumen. Este estudio 2022.

15. GEOMORFOLOGÍA DE LA MICROCUENCA SANTA RITA

La caracterización morfométrica de la microcuenca hidrográfica de la Santa Rita, es una de las herramientas más importantes en el análisis hídrico, y tiene como propósito determinar índices y parámetros que permiten conocer la respuesta hidrológica en esta unidad de análisis espacial (cuenca). Esta herramienta tiene gran aplicabilidad en el análisis de los diversos componentes de una cuenca hidrográfica, analizada como un sistema, y su relación con eventos hidroclimatológicos de condiciones regulares y extremas. El objetivo principal de la Guía Básica para la Caracterización Morfométrica de Cuencas Hidrográficas es dar a conocer de forma clara el cálculo de las características morfométricas más importantes en el estudio hidrológico de cuencas, así como la interpretación de los resultados obtenidos. Para cumplir lo anterior, se realizó el análisis de las características morfométricas de una cuenca modelo (microcuenca Santa Rita) ubicada en el corregimiento de Las Cumbre, distrito de Panamá, provincia de Panamá.

A esta microcuenca se le determinaron características relevantes, como las siguientes: partes de la cuenca, forma de la cuenca e índices relacionados, pendiente media, elevación y coeficientes asociados, red y densidad de drenaje, sinuosidad del cauce, entre otras. Este estudio guía, los conceptos y procedimientos para el análisis morfométrico de la misma, partiendo de conocer su funcionamiento como sistema y determinar sus características morfométricas, las cuales se calculan e interpretan a partir de índices y parámetros fundamentados, en modelos matemáticos, que permiten inferir sobre la similitud hidrológica de cuencas ubicadas en contextos fisiográficos diferentes.

15.1 Metodología.

La metodología para la determinación de las características morfométricas fue la siguiente:

- Se elaboró el modelo digital del terreno de la cuenca quebrada Santa Rita.
- Se realizó la delimitación de la cuenca sobre el modelo digital de la cuenca
- Una vez acordada la delimitación a nivel de cuenca se procedió a estimar cada una de las características morfométricas, mediante el ARGIS.

- Para esto se tomaron en cuenta las definiciones contenidas en la parte correspondiente a su cálculo, dentro del texto.

16. PARÁMETROS FÍSICOS DE LA CUENCA

16.1 Área de drenaje de la microcuenca

Es la proyección horizontal del área de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido directa o indirectamente a un mismo cauce natural. El sitio que recoge toda la escorrentía que se produce en una cuenca hidrográfica se denomina punto de concentración o punto de cierre de la cuenca.

La delimitación de una cuenca hidrográfica se realiza a partir de restituciones cartográficas y fotogramétricas como:

- a) La divisoria de aguas pasa por los puntos más altos de las cordilleras cruzando los valles que estas delimitan.
- b) Su delimitación comienza en el punto de concentración y se continúa a cada lado de este punto con líneas siempre perpendiculares a las curvas de nivel.
- c) La divisoria de aguas nunca debe interceptar los cauces naturales.

Figura 2. Ilustración de un área de drenaje típica.

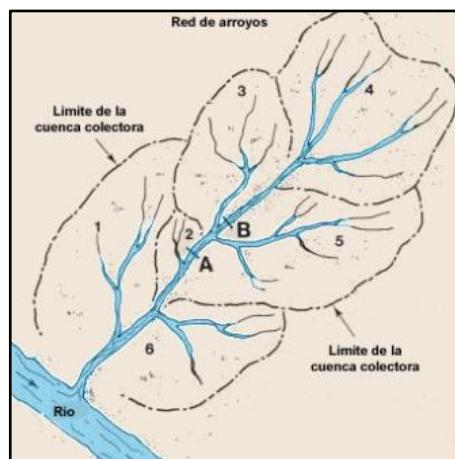
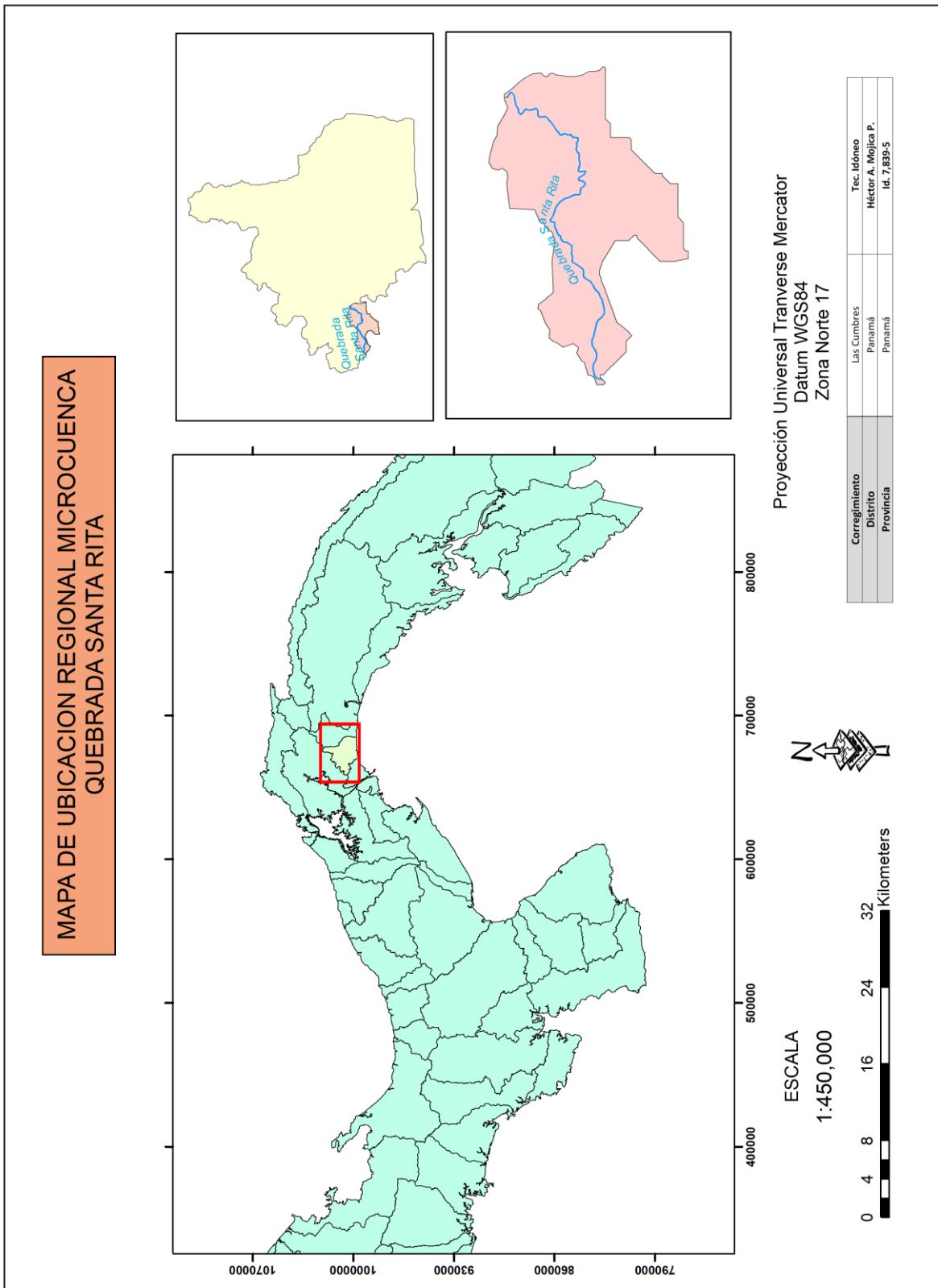


Figura 2. Área de drenaje típica.

Mapa 11. Área de ubicación microcuenca Santa Rita.



16.2 Perímetro de la cuenca.

El perímetro de la cuenca o la longitud de la línea divisoria de la cuenca es un parámetro importante, pues en conexión con el área nos puede decir algo sobre la forma de la cuenca. Usualmente este parámetro físico es simbolizado por la mayúscula P.

CUENCA	Perímetro (km)
Quebrada Santa Rita	17.68

Si bien el perímetro es una medida o parámetro que no indica nada por sí solo, se convierte en un insumo fundamental para el cálculo de los parámetros de forma de la cuenca.

16.3 Área de la cuenca.

Se define como el total de la superficie proyectada sobre un plano horizontal, que contribuye con el flujo superficial a un segmento de cauce de orden dado, incluyendo todos los tributarios de orden menor (Londoño Arango, 2001). Es el espacio delimitado por la curva del perímetro.

CUENCA	Área de la cuenca (km ²)	Unidad hidrográfica
Quebrada Santa Rita	9.14	Microcuenca (pequeña)

Figura 3. Unidad hidrográficas y rangos de cuencas.

Tabla 3.1 Unidades hidrográficas y rangos

Unidad hidrográfica	Área (km ²)	Nº de orden del río
Microcuenca (pequeña)	10 - 100	1º, 2º ó 3º
Subcuenca (mediana)	100 - 700	4º ó 5º
Cuenca (grande)	700 - 6000	6º a más

Fuente: DSMC-DGASI / Lima, 1983 – Metodología de Priorización de Cuencas.

16.4 Ancho de la cuenca.

Es la relación entre el área de drenaje de la cuenca y la longitud de la misma.

CUENCA	Ancho de la microcuenca (km)
Quebrada Santa Rita	1.23

16.5 Longitud recta de la cuenca.

Es la longitud de una línea recta con dirección paralela al cauce principal.

CUENCA	Longitud recta de la microcuenca (km)
Quebrada Santa Rita	5.21

17. PARÁMETROS DE FORMA DE LA CUENCA

Los factores geológicos, principalmente, son los encargados de moldear la fisiografía de una región y particularmente la forma que tiene las cuencas hidrográficas.

Para explicar cuantitativamente la forma de la cuenca, se compara la cuenca con figuras geométricas conocidas como lo son: el círculo, el óvalo, el cuadrado y el rectángulo, principalmente.

17.1 Índice de compacidad o índice de Gravelius.

Parámetro adimensional que relaciona el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de igual área que el de la cuenca. Este parámetro describe la geometría de la cuenca y está estrechamente relacionado con el tiempo de concentración del sistema hidrológico.

$$Kc = \frac{P_{\text{cuenca}}}{2\pi \left(\frac{A_{\text{cuenca}}}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}}}$$

Dónde:

P : perímetro de la cuenca (km)

A : área de la cuenca (km^2)

El grado de aproximación de este índice a la unidad indicará la tendencia a concentrar fuerte volúmenes de aguas de escurrimiento, siendo más acentuado cuanto más cercano se a la unidad, lo cual quiere decir que entre más bajo se Kc mayor será la concentración de agua.

Cuadro 10. Índice de compacidad para la evaluación de forma.

Clase	Rango	Descripción
Kc1	1 a 1,25	Forma casi redonda a oval redonda
Kc2	1,25 a 1,5	Forma oval redonda- oval oblonga
Kc3	1,5-1,75	Forma oval-oblonga a rectangular- oblonga
Kc4	Mayor 1.75	Casi rectangular (alargada).

17.2 Índice de Gravelius de la microcuenca Quebrada Santa Rita.

P : perímetro de la cuenca 17.68 (km)

A : área de la cuenca 9.14 (km^2)

$$Kc = \frac{17.68 \text{ km}}{2\pi(\frac{9.14 \text{ km}^2}{\pi})^{\frac{1}{2}}}$$

$$Kc = 1.65$$

Cuenca	Índice de Gravelius	Clasificación
Quebrada Santa Rita	1.65	Forma oval redonda- oval oblonga

17.3 Factor de Forma (Kf).

Índice propuesto por Gravelius. Es la relación entre el área (A) de la cuenca y el cuadrado del máximo recorrido (L). Este parámetro mide la tendencia de la cuenca hacia las crecidas,

rápidas y muy intensas o lentas y sostenidas, según que su factor de forma tienda hacia valores extremos grandes o pequeños.

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

Dónde:

L : largo del cauce principal (km)

A : área de la cuenca (km^2)

Cuadro 11. Clasificación del factor de forma.

Kf	Característica
Menor a 1	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas
Igual a 1	Cuadrada
Mayor a 1	Tiende a ser achataada, tendencia a ocurrencia de avenidas

17.4 Factor de forma microcuenca Quebrada Santa Rita.

L : largo del cauce principal 7.46 (km)

A : área de la cuenca 9.14 (km^2)

$$Kf = \frac{9.14 \text{ km}^2}{(7.46 \text{ km})^2}$$

$$Kf = 0.1642$$

Cuenca	Factor de forma	Clasificación
Quebrada Santa Rita	0.16	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas

El factor de forma de la microcuenca Quebrada Santa Rita es de 0.16, el cual está indicando que la cuenca no tiende a ser circular sino alargada; por lo tanto, no es propensa a presentar crecidas súbitas cuando se presentan lluvias intensas simultáneamente en toda o en gran parte de su superficie.

Figura 4. Relación entre la forma de algunas cuencas y el caudal pico para eventos máximos de precipitación.

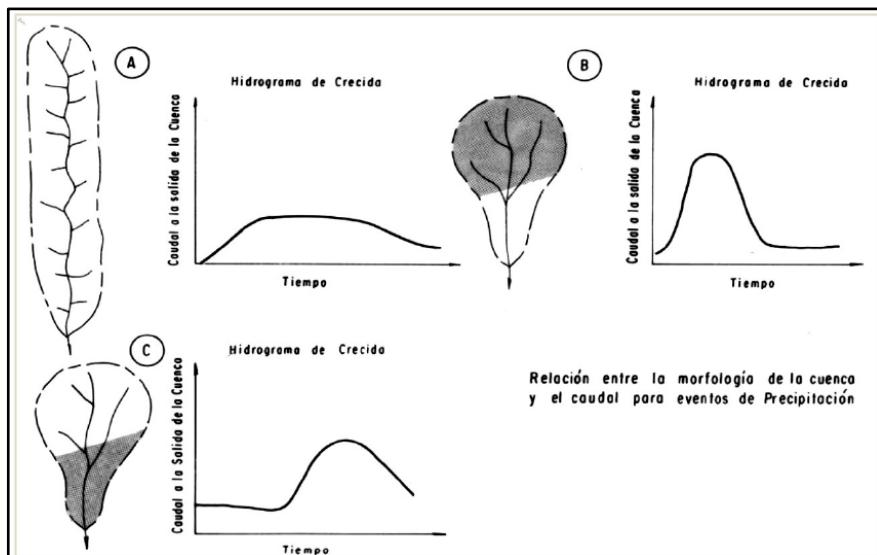


Figura 4. Relación entre forma de cuencas. Fuente Bell, 1999.

17.5 Índice de alargamiento.

Relaciona la longitud del cauce encontrada en la cuenca, medida en el sentido principal, y el ancho máximo de ella. Este define si la cuenca es alargada, cuando su valor es mucho mayor a la unidad, o si es muy achata, cuando son valores menores a la unidad

$$Ia = \frac{L}{An}$$

Donde:

L : longitud de la cuenca del cauce

An : ancho de la cuenca

Cuadro 12. Clasificación de Índice de alargamiento

Ia	Característica
Ia mayor a 1	Cuenca alargada
Ia menor a 1	Cuenca achata y por lo tanto el cauce principal es corto

17.6 Índice de alargamiento microcuenca Santa Rita.

L: longitud de la cuenca del cauce 7.46 km

An: ancho de la cuenca 1.23 km

$$Ia = \frac{7.46 \text{ km}}{1.23 \text{ km}}$$

Cuenca	Índice de alargamiento	Clasificación
Quebrada Santa Rita	6.06	Cuenca alargada

El índice de alargamiento de la microcuenca Quebrada Santa Rita es de 6.06, relación que indica que la cuenca posee un sistema de drenaje que se asemeja a una espiga, denotando un alto grado de evolución de sistema en capacidad de absorber mejor una alta precipitación sin generar una crecida de grandes proporciones.

18. CARACTERÍSTICA DE RELIEVE DE LA CUENCA

Son de gran importancia puesto que el relieve de una cuenca tiene más influencia sobre la respuesta hidrológica que su forma; con carácter general se puede decir que a mayor relieve o pendiente la generación de escorrentía se produce en lapsos de tiempo menores.

18.1 Pendiente media de la cuenca.

La pendiente es la variación de la inclinación de una cuenca; su determinación es importante para definir el comportamiento de la cuenca respecto al desplazamiento de las capas de suelo (erosión o sedimentación), puesto que, en zonas de altas pendientes, se presentan con mayor frecuencia los problemas de erosión mientras que en regiones planas aparecen principalmente problemas de drenaje y sedimentación.

La pendiente media de la cuenca se estima con base en un plano topográfico que contenga las curvas de nivel o en el modelo de elevación digital.

De acuerdo con el uso del suelo y la red de drenaje, la pendiente influye en el comportamiento de la cuenca afectando directamente el escurrimiento de las aguas lluvias; esto es, en la magnitud y en el tiempo de formación de una creciente en el cauce principal. En cuencas de pendientes fuertes existe la tendencia a la generación de crecientes en los ríos en tiempos relativamente cortos; estas cuencas se conocen como torrenciales, igual que los ríos que la drenan.

Cuadro 13. Clasificación de las cuencas de acuerdo con la pendiente.

Pendiente media (%)	Tipo de relieve
0-3	Plano
3-7	Suave
7-12	Medianamente accidentado
12-20	Accidentado
20-35	Fuertemente accidentado
35-50	Muy fuertemente accidentado
50-75	Escarpado
Mayor a 75	Muy escarpado

La pendiente media de la microcuenca de la quebrada Santa Rita se calculó en base, con el modelo de elevación digital del área de drenaje de la cuenca, por medio del análisis del sistema de información geográfica ARCGIS.

Cuenca	Pendiente media (%)	Clasificación
Quebrada Santa Rita	11.35	Medianamente accidentado

Cuadro 14. Parámetros fisiográficos de la microcuenca.

PARÁMETROS FISIOGRÁFICOS DE UNA CUENCA HIDROGRÁFICA			
Parámetros de forma de la cuenca	PARÁMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	Cuenca Hidrográfica Quebrada Santa Rita
	Área total de la cuenca	km2	9.14
	Perímetro de la cuenca	km	17.68
	Longitud de río principal	km	7.48
	Centroides	m	663794.23
	Este X	m	1003513.98
	Norte Y	m	
	Ancho promedio de la cuenca	km	1.23
	Coeficiente de compacidad	-	1.65
	Factor de forma	-	0.1642
Radio de Circularidad		km	0.3674
Pendiente media de la Cuenca		%	11.35

Fuente: Cuadro elaborado por el consultor con datos de salida de ARGIS. Este estudio 2022.

18.2 Curva Hipsométrica.

Constituye un criterio de la variación territorial del escurrimiento resultante de una región lo que genera la base para caracterizar zonas climatológicas y ecológicas.

Los datos de elevación son significativos, sobre todo para considerar la acción de la altitud en el comportamiento de la temperatura y la precipitación. La curva hipsométrica refleja con precisión el comportamiento global de la altitud de la cuenca y la dinámica del ciclo de erosión.

Es la representación gráfica del relieve de la cuenca en función de las superficies correspondiente (Díaz et al., 1999).

Para construir la curva se lleva a escalas convenientes la elevación dada en las ordenadas y la superficie de la cuenca en las abscisas, para la cual cada punto tiene cota al menos igual a esa altitud. Esta última se obtiene calculando la superficie correspondiente al área definida en la

cuenca entre curva de nivel cuya cota se ha definido en las ordenadas y los límites de la cuenca por encima de la citada cota, verificándose esta operación para todos los intervalos seleccionado en las ordenadas.

Se denomina elevación mediana de una cuenca hidrográfica aquella que determina la cota de la curva de nivel que divide la cuenca en dos zonas de igual área; es decir, la elevación correspondiente al 50 % del área total.

Las curvas hipsométricas también han sido asociadas con las edades de los ríos de las respectivas cuencas.

Figura 5. Clasificación de los ríos de acuerdo a la curva hipsométrica.

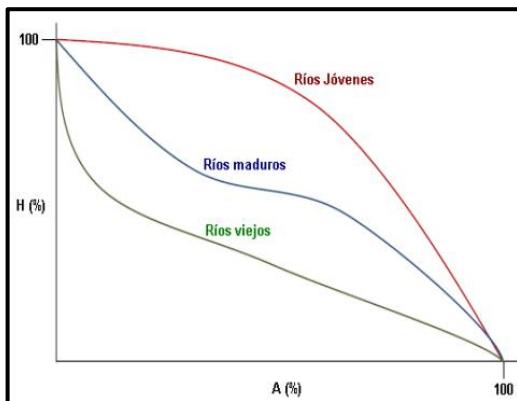


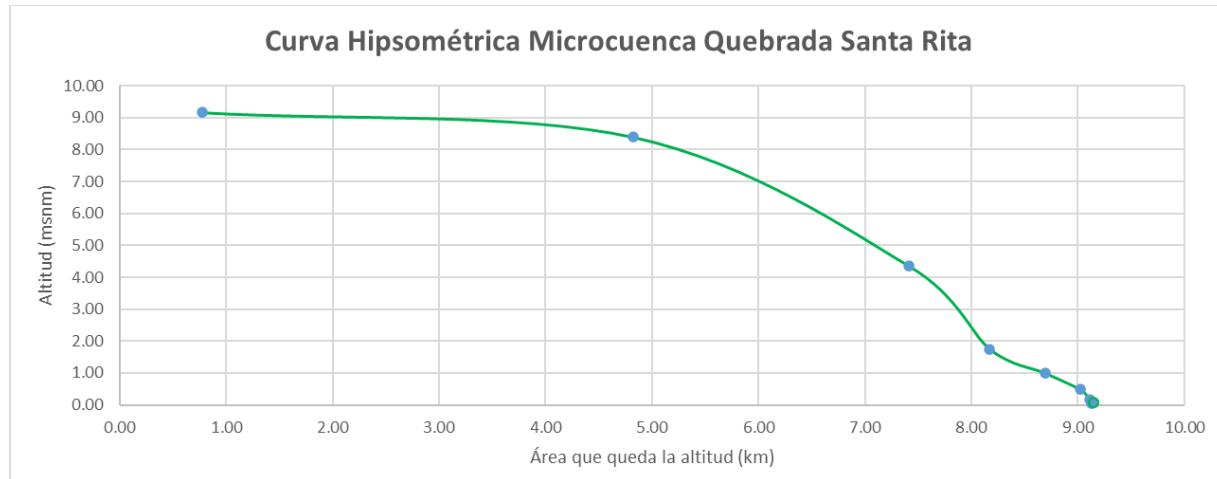
Figura 5. Área de drenaje típica.

18.2 Curva hipsométrica de la microcuenca Quebrada Santa Rita.

Se presenta la clasificación del río de acuerdo a los resultados obtenidos de la curva hipsométrica para la cuenca de la quebrada Santa Rita, de la cual se obtuvo, según la curva mencionada, que es un río joven. (Ver gráfica 2. Curva hipsométrica)

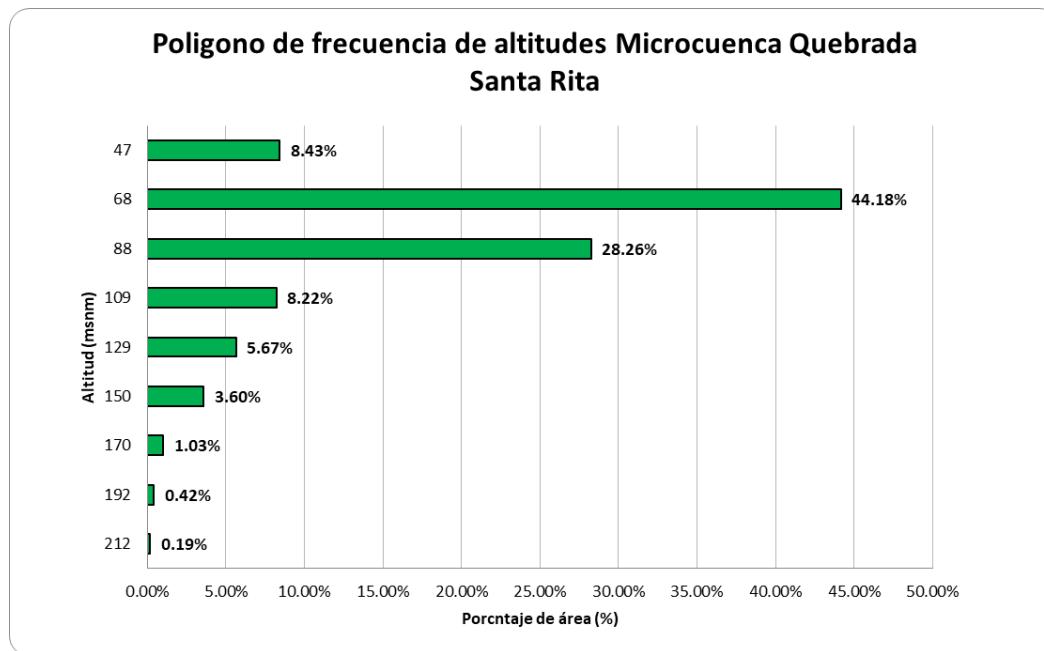
Cuenca	Clasificación
Quebrada Santa Rita	Río joven, es una cuenca con gran potencial erosivo (fase de juventud)

Gráfica 2. Curva Hipsométrica de la microcuenca.



Fuente: Grafica elaborada por el consultor con datos de salida de ARCGIS. Este estudio 2022.

Gráfica 3. Polígono de frecuencias de altitudes de la microcuenca.



Fuente: Grafica elaborado por el consultor con datos de salida de ARCGIS. Este estudio 2022.

Cuadro 15. Curvas de nivel de la microcuenca.

CURVAS CARACTERÍSTICAS DE UNA CUENCA										
CUADRO DE ÁREAS ENTRE CURVAS DE NIVEL										
Nº	COTA (msnm)			Área (km2)					Ci*Ai	
	Mínima	Máxima	Promedio "Ci"	Área Parcial (km ²) "Ai"	Área Acumulada (km ²)	Área que queda sobre la superficie (km ²)	Porcentaje de área entre C.N.	Porcentaje de área sobre C.N.		
1	47	67	57.0	0.773357571	0.77	9.17	8.43%	100.0	44.08	
2	68	87	77.5	4.051371364	4.82	8.40	44.18%	91.6	313.98	
3	88	108	98.0	2.591741774	7.42	4.35	28.26%	47.4	253.99	
4	109	128	118.5	0.753479347	8.17	1.75	8.22%	19.1	89.29	
5	129	149	139.0	0.51967357	8.69	1.00	5.67%	10.9	72.23	
6	150	169	159.5	0.330357151	9.02	0.48	3.60%	5.2	52.69	
7	170	190	180.0	0.094658209	9.11	0.15	1.03%	1.6	17.04	
8	192	210	201.0	0.038809866	9.15	0.06	0.42%	0.6	7.80	
9	212	231	221.5	0.017038478	9.13	0.06	0.19%	0.6	3.77	
				9.1705				100%		
ALTITUD MEDIA DE LA CUENCA (m.s.n.m)								93.53		

Fuente: Tabla elaborado por el consultor con datos de salida de ARCGIS. Este estudio 2022.

19. CARACTERÍSTICA DEL SISTEMA DE DRENAJE

19.1 Longitud del cauce (L).

Es la longitud del cauce principal, medida desde el punto de concentración hasta el tramo de mayor longitud del mismo.

Igualmente, los tiempos promedios de subida y las duraciones promedias totales de las crecientes torrenciales tendrán siempre una evidente relación con la longitud de los cauces. Una longitud mayor supone mayores tiempos de desplazamiento de las crecidas y como consecuencia de esto, mayor atenuación de las mismas, por lo que los tiempos de subida y las duraciones totales de éstas serán evidentemente mayores.

Como se denota en la siguiente tabla la longitud del cauce de la quebrada Santa Rita es de 7.46 Km desde su nacimiento, en la parte alta de la cuenca, hasta su confluencia con el río Las Lajas.

Cuenca	Longitud (km)
Quebrada Santa Rita	7.46

19.2 Perfil del cauce.

El perfil longitudinal de un río es muy característico. La línea que dibuja la quebrada desde su nacimiento hasta el sitio de estudio se representa gráficamente como una curva cuya forma ideal es la de una curva exponencial cóncava hacia arriba, en la cabecera, y a la altura del nivel de base, en la desembocadura.

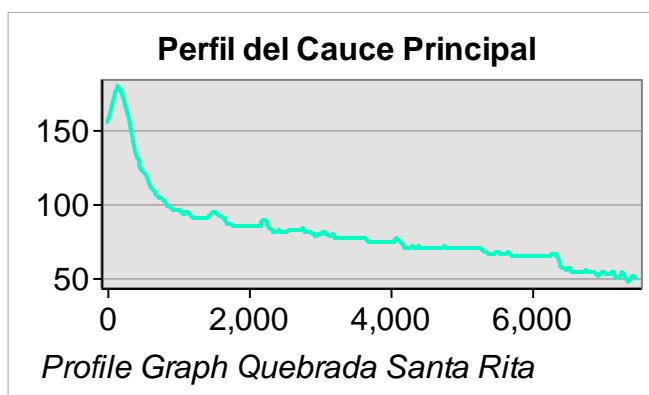
La profundidad y anchura del lecho aumentan aguas abajo, en la medida que disminuye la pendiente. Esto es debido a que aguas abajo aumenta el caudal y disminuye la velocidad, por lo que la carga material transportada cambia de gruesa a fina. En la *gráfica 4*, se presenta el perfil longitudinal del cauce de la quebrada Hernández.

Cuadro 16. Parámetros red hidrográfica de una cuenca.

Parámetros de la red hidrográfica de la microcuenca Quebrada Santa Rita.

PARÁMETROS RED HIDROGRÁFICA DE UNA CUENCA			
PARÁMETROS		UNIDAD DE MEDIDA	Cuenca Hidrográfica
Parámetros de la red hidrográfica de la cuenca	Tipo de corriente	-	
	Orden 1	-	29
	Orden 2	-	2
	Orden 3	-	0
	Orden 4	-	0
	Orden 5	-	0
	Orden 6	-	0
	N° Total de ríos	-	31
	Grado de ramificación	-	7
	Frecuencia de densidad de los ríos (Dr)	ríos/km ²	3.3917
	Cotas del cauce principal	msnm	231
	Altitud máxima (Hmax)	msnm	47
	Altitud mínima (Hmin)	msnm	92
	Pendiente media del río principal (Sm)	m/m	0.025
	Altura media del río principal (H)	msnm	1.2970
	Tiempo de concentración (Tc)	horas	

Fuente: Cuadro elaborado por el consultor con datos de salida de ARCGIS. Este estudio 2022.

Gráfica 4. Perfil longitudinal del cauce principal.

Fuente: Grafica suministrado con datos de salida de ARCGIS. Este estudio 2022.

19.3 Cota de nacimiento (m.s.n.m.)

Se muestra la cota del punto más elevado de la corriente principal. Unidad de medida metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.)

Cuenca	Cota de nacimiento (m.s.n.m.)
Quebrada Santa Rita	231

19.4 Cota en la confluencia con el sitio de estudio.

Se presenta la cota del punto más bajo de la cuenca, usualmente, el punto de salida de la cuenca o en el sitio de estudio.

Cuenca	Cota confluencia con el sitio de estudio (m.s.n.m.)
Quebrada Santa Rita	47

19.5 Pendiente media del cauce.

Es la relación entre la altura total del cauce principal (cota máxima menos cota mínima) y la longitud del mismo.

$$Pm = \frac{H_{max} - H_{min}}{L} * 100$$

$$Pm = \frac{231\text{ m} - 47\text{ m}}{7460} * 100$$

$$Pm = 2.47\%$$

Dónde:

Pm : pendiente media

H_{max} : cota máxima

H_{min} : cota mínima

L : longitud del cauce (metros)

Cuenca	Pendiente media de los cauces (%)
Quebrada Santa Rita	2.47

19.6 Tiempo de concentración de la cuenca

Es considerado como el tiempo de viaje de una gota de agua de lluvia que escurre superficialmente desde el lugar más lejano de la cuenca hasta el punto de salida. Para su cálculo se pueden emplear diferentes fórmulas que se relacionan con otros parámetros propios de la cuenca.

Método	Tc cuenca Quebrada Santa Rita
kirpich	1.2970 Horas

Donde:

TC = Tiempo de concentración (min).
 L = Longitud del curso principal (m).
 S = Pendiente media del curso principal (m/m).

$$T_C = 0.0195 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

20. CÁLCULO DE ANALISIS DE CRECIDAD PARA LA QUEBRADA SANTA RITA

Para la elaboración de la metodología, se realizaron, entre otros aspectos:

- La correlación de la información de la microcuenca.
- Delimitación de las zonas hidrológicamente homogéneas.
- Aplicación del Método de Análisis de Crecidas Máxima.

20.1 Correlación de información de la cuenca.

El empleo de ecuaciones que permitan estimar caudales máximos a partir de parámetros morfométricos fácilmente medibles y precipitaciones, constituye una alternativa importante de análisis en aquellas cuencas no instrumentadas con estaciones hidrométricas y que carecen de mapas detallados o actualizados con información de tipo de suelo, uso y cobertura vegetal, caso común en análisis hidrológicos de cuencas pequeñas a lo largo del territorio nacional.

20.2 Zonas Hidrológicamente homogéneas.

Para definir las regiones de crecidas máximas se agruparon los resultados de la determinación de las ecuaciones que relacionan la crecida media anual con el área de drenaje de la cuenca y la elaboración de la curva de frecuencia adimensional, es decir, las áreas con igual ecuación e igual tabla de distribución de frecuencia, dando como resultado 9 zonas.

Cuadro 17. Delimitación de las regiones hidrológicamente.

Zona	Nº de ecuación	Ecuación	Distribución de frecuencia
1	1	$Q_{máx} = 34A^{0.59}$	Tabla 1
2	1	$Q_{máx} = 34A^{0.59}$	Tabla 3
3	2	$Q_{máx} = 25A^{0.59}$	Tabla 1
4	2	$Q_{máx} = 25A^{0.59}$	Tabla 4
5	3	$Q_{máx} = 14A^{0.59}$	Tabla 1
6	3	$Q_{máx} = 14A^{0.59}$	Tabla 2
7	4	$Q_{máx} = 9A^{0.59}$	Tabla 3
8	5	$Q_{máx} = 4.5A^{0.59}$	Tabla 3
9	2	$Q_{máx} = 25A^{0.59}$	Tabla 3

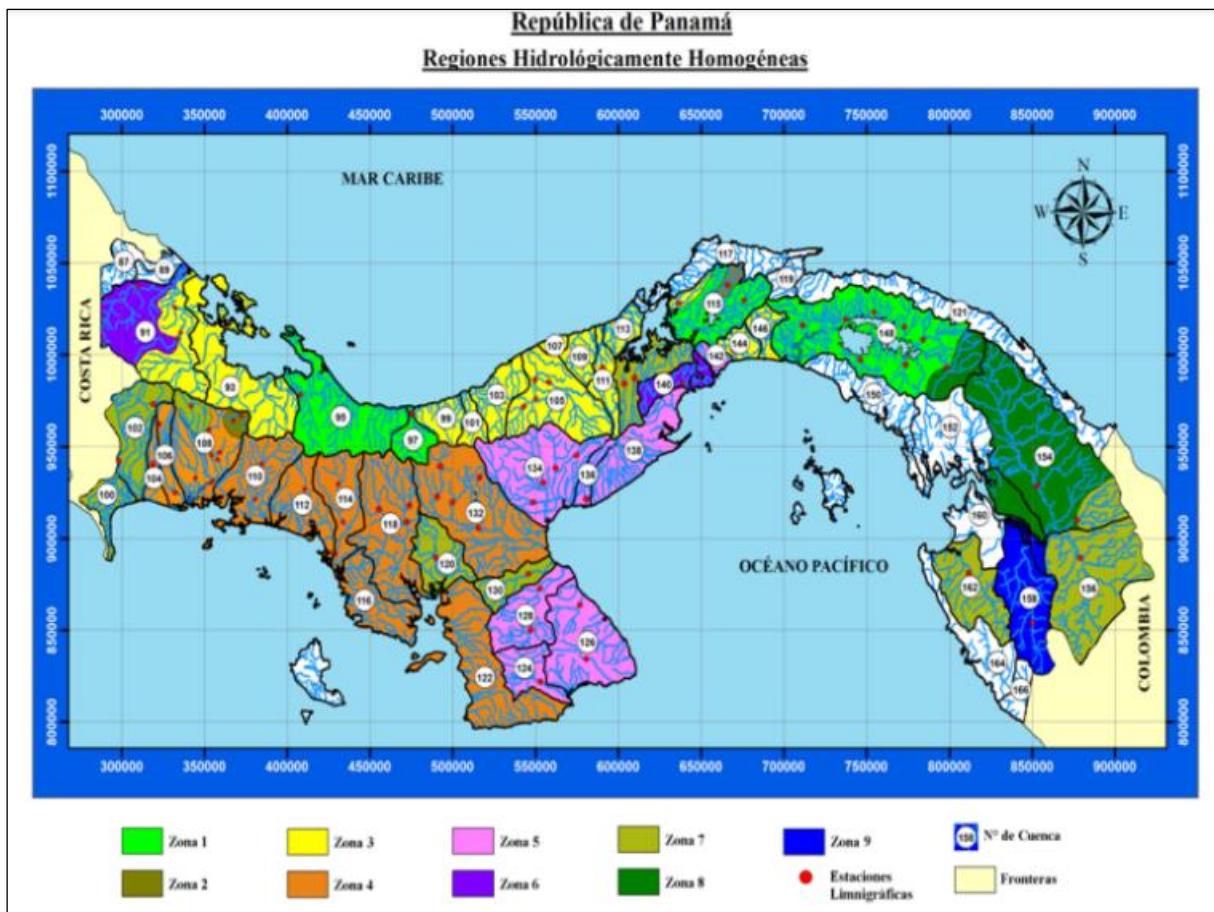
Fuente: Revista científica ERIS/USAC, Gonzalez D. 2010

Cuadro 18. Factores para diferentes períodos de retorno en años.

Factores $Q_{máx}/Q_{prom.máx}$ para distintos Tr.				
Tr. años	Tabla 1	Tabla 2	Tabla 3	Tabla 4
1.005	0.28	0.29	0.3	0.34
1.05	0.43	0.44	0.45	0.49
1.25	0.62	0.63	0.64	0.67
2	0.92	0.93	0.92	0.93
5	1.36	1.35	1.32	1.30
10	1.66	1.64	1.6	1.55
20	1.96	1.94	1.88	1.78
50	2.37	2.32	2.24	2.10
100	2.68	2.64	2.53	2.33
1,000	3.81	3.71	3.53	3.14
10,000	5.05	5.48	4.6	4.00

Fuente: Revista científica ERIS/USAC, Gonzalez D. 2010

Figura 6. Mapas de zonas



Muestra el mapa de zonas, con las regiones hidrológicamente homogéneas que se utilizan para la evaluación de crecidas en las diferentes cuencas.

20.3 Aplicación método análisis regional de crecidas máximas.

Para determinar la crecida máxima que se pueda presentar en un sitio determinado para distintos períodos de recurrencia mediante este método, se procede de la siguiente manera:

- Se delimita y se mide el área de drenaje de la microcuenca hasta el sitio de interés, en km^2 (en este estudio el sitio de interés se tomó donde se realizará la descarga de la planta de tratamiento del proyecto PH Summer Village.)
- Se determina a qué zona pertenece el sitio de interés de acuerdo con el mapa de la figura 6.
- Se calcula el caudal promedio máximo utilizando una de las cinco ecuaciones.

- Se calcula el caudal máximo instantáneo para distintos períodos de recurrencia, multiplicando el caudal promedio máximo que se obtuvo en el punto anterior, por los factores que se presentan en el cuadro 18, utilizando la tabla correspondiente a la zona del sitio de interés.

La quebrada Santa Rita pertenece a la cuenca del Río Juan Díaz, la cual se encuentra localizada en la vertiente del Pacífico, en la provincia de Panamá, con un área de drenaje de 350.74 km². Se ubica en la zona 3 en el mapa de regiones hidrológicamente homogéneas la cual utiliza la ecuación 2 y la tabla de distribución de frecuencia 1 para el cálculo de caudales.

$$\text{zona 3, ecuación 2} = Q_{\text{prom}} = 25A^{0.59}$$

$$Q_{\text{prom}} = 25A^{0.59}$$

$$Q_{\text{prom}} = 25(0.65)^{0.59} = 19.38915 \text{ m}^3/\text{s}$$

Donde:

Q_{prom} = Caudal promedio máximo en m³/s

A = Área de drenaje hasta el punto de sitio de interés en Km²

A = Área de drenaje = 0.65 Km²

Cuenca	Caudal Promedio máximo (m ³ /seg)
Quebrada Santa Rita	19.38915

De la tabla 2 para períodos de retornos el Caudal máximo.

$$Q_{\text{max}} = F * Q_{\text{prom}}$$

Donde:

Q_{max} = Caudal máximo en m³/s.

F = Constante que depende del período de retorno.

Q_{prom} = Caudal promedio en m³/s.

Cálculo del caudal máximo para un periodo de retorno de 1:10 años:

F, de acuerdo al *cuadro 18*, tabla 1, F = 1.66

Entonces:

$$Q_{max} = 1.66 \text{ (19.39 m}^3/\text{s)}$$

$$Q_{max} = 32.18 \text{ m}^3/\text{s}$$

Cálculo del caudal máximo para un periodo de retorno de 1:50 años:

Del *cuadro 18*, tenemos de la tabla 1, que F = 2.37

Entonces:

$$Q_{max} = 2.37 \text{ (19.39 m}^3/\text{s)}$$

$$Q_{max} = 45.95 \text{ m}^3/\text{s}$$

Cálculo del caudal máximo para un periodo de retorno de 1:100 años:

Del *cuadro 15*, tenemos que en la tabla 1, F = 2.68

Entonces:

$$Q_{max} = 2.68 \text{ (19.39 m}^3/\text{s)}$$

$$Q_{max} = 51.96 \text{ m}^3/\text{s}$$

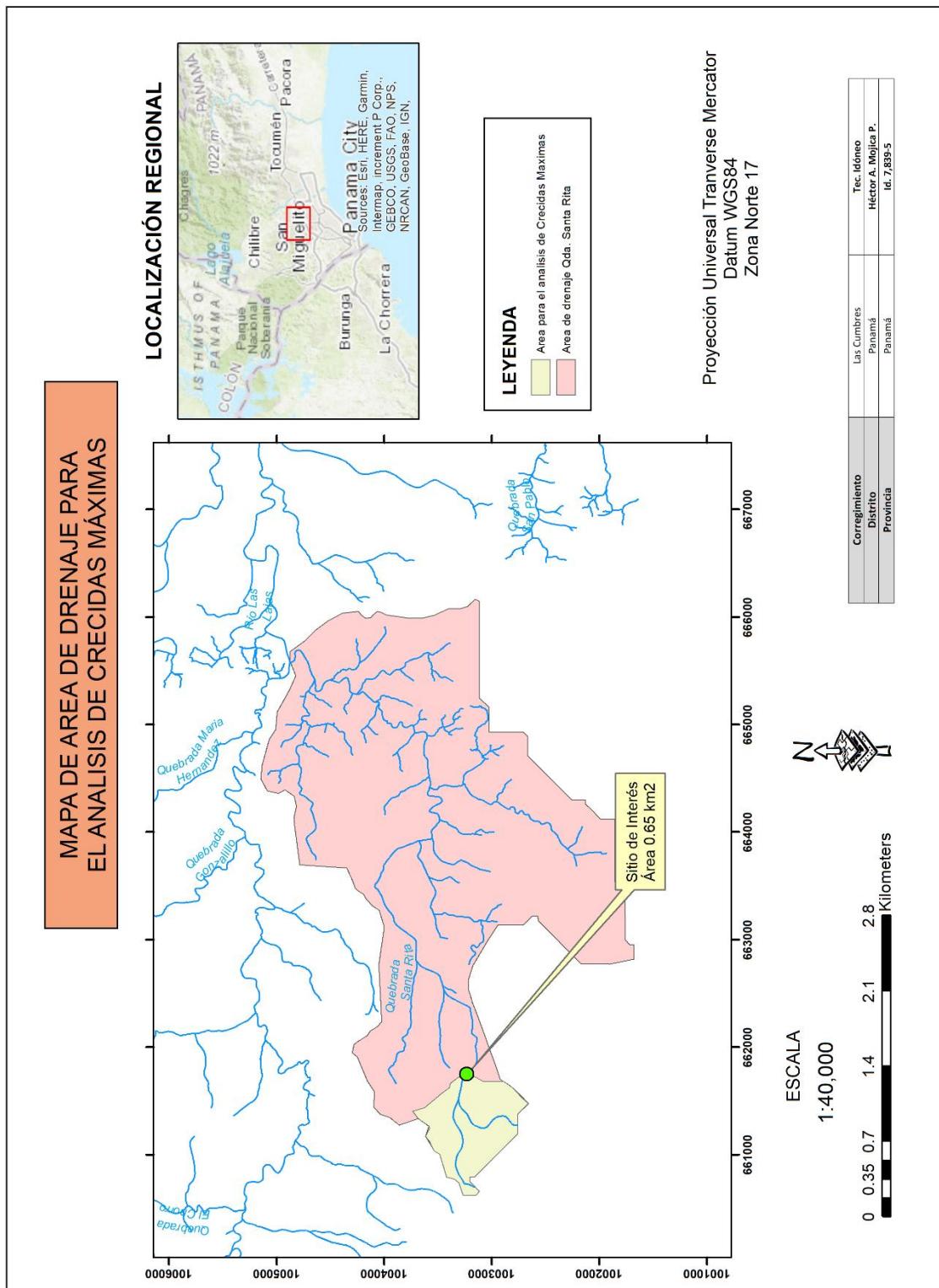
20.4 Tabla de resultados de crecidas máximas para el sitio de estudio.

Caudales máximos para cada período de retornos.

P. (Años)	Área de drenaje en Km ²	Q _{prom} (m ³ /s)	Factor F	Q _{max} (m ³ /s)
1:10	0.65	19.39	1.66	32.18
1:50	0.65	19.39	2.37	45.95
1:100	0.65	19.39	2.68	51.96

Fuente: datos obtenidos de análisis obtenidos. Este estudio. 2022

Mapa 12. Área de drenaje para el análisis de crecidas máximas. Este estudio 2022.



21. CONCLUSIONES

- En la inspección del sitio del proyecto, la Quebrada Santa Rita sobre se ha intervenido con una obra en cauce de una canalización de 155.62 metros de longitud; con cajas de tubos doble de 72 pulgadas de diámetros cada una. Según los diseños presentados por el desarrollador de la obra.
- La superficie total del drenaje de la microcuenca de la Quebrada Santa Rita es de 914 has. Y el área de drenaje hasta el sitio de interés para hacer los análisis de crecidas máximas es de 65 has y su tiempo de concentración 1.2970 horas.
- El caudal máximo para la Quebrada Santa Rita, hasta el sitio de interés de estudio para un periodo de retorno de 1 en 100 años es 51.96 m³/s.
- Se hizo un análisis de la climatología del área objeto de estudio, determinando el comportamiento del clima; en particular del régimen de lluvias de la zona y los niveles de escorrentía superficial. Así también se realizó un balance hidrogeológico y balance hídrico de suelos, para el área que comprende la zona; con el propósito de determinar la disponibilidad de las fuentes hídricas subterráneas existentes.
- Este estudio se basa en los requisitos establecidos por el Ministerio de Ambiente en cumplimiento con la legislación que ordena los recursos hídricos, tal como lo establece la **Resolución DM.0431-2021 de 16 de agosto 2021**. Que establece los requisitos para la autorización de obras en cauce naturales y se dictan otras disposiciones, para dar viabilidad a obras como las que desarrollara la sociedad Inversiones Milla Ocho, S.A., buscando con ello mejorar entre otras cosas el área de la fuente hídrica analizada.

22. RECOMENDACIONES

- En tal sentido se sugiere de manera responsable el fiel cumplimiento de las normas establecidas por las leyes vigentes sobre los temas en cuestión relacionados con los recursos hídricos.
- Se le sugiere al promotor del proyecto mantenga la servidumbre hídrica de tres metros desde ambas zonas laterales del cauce, tal como lo indica el **artículo 41. del Decreto Ejecutivo 55 de 1973**. Y se mantenga la franja de protección de 10 metros en ambos laterales del río de las especies forestales dentro del bosque de galería, así como lo dicta la **Ley N°1 de 3 de febrero 1994. Artículo 23, numeral 2**.
- Se elaboró un balance hídrico de la estación hidrométrica más cercana para saber el comportamiento de las aguas pluviales durante los meses del año, para obtener de referencia los niveles de aguas de escorrentía que se dan durante el año.

23. BIBLIOGRAFÍA

- Ministerio de Ambiente (2010). Atlas Ambiental de la República de Panamá.
- Mapa hidrogeológico de Panamá. Publicado por la empresa de transmisión eléctrica s.a. (1999).
- ETESA. Información meteorológica de la estación nuevo emperador, operada por hidrometeorología de Etesa.
- Contraloría General de la República de Panamá. Datos de la dirección de estadística y censo de Panamá.
- Chow, V.T, Maidment, D y Mays, L. (1993). Hidrología Aplicada.
- Gonzalez D., Jaramillo I y De Calzadilla L. G. (2008). Resumen Técnico Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá.
- Herramienta informática de sistema de información geográfica arcmap 10.3

24. ANEXOS

A.1 Fotos tomadas en campo sobre de la Quebrada Santa Rita.

Figura A.1.1 Foto de aguas arriba sobre el cauce de la quebrada Santa Rita.



Figura A.1.2 Foto de aguas arriba sobre el cauce de la quebrada Santa Rita.



Figura A.1.3 Foto del proyecto PH SUMMER VILLAGE.



Figura A.1.4 Foto de la canalización sobre el cauce de la quebrada.



A.2 Mapas de zonas hídricas de la República de Panamá.

Figura A.2.1 Imagen de zonas hídricas en Panamá.



A.3 Cedula de representante legal del promotor y certificado de registro público.

Figura A.3.1 Imagen de fotocopia de cédula de representante legal del promotor Inversiones Milla Ocho, S. A.

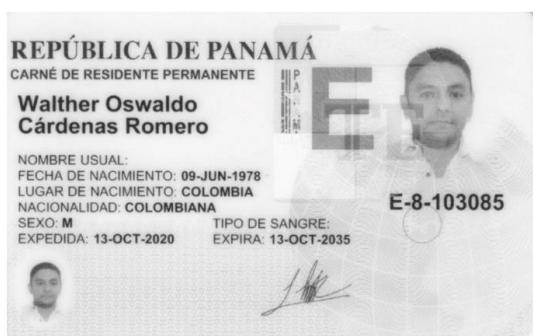


Figura A.3.2 Fotocopia de certificado de Registro Público de Panamá del promotor Inversiones Milla Ocho, S. A.

