



ESTUDIO HIDROLÓGICO QUEBRADA SIN NOMBRE

CUENCA No. 140 RÍO CAIMITO

ELABORADO A SOLICITUD DE:
MYD SERVICIOS Y ASESORÍAS, S.A.

Corregimiento Barrio Colón, Distrito La Chorrera, Provincia de Panamá Oeste.



Hidrología, Cuencas
Hidrográfica y
Medio Ambiente.

Elaborado por Ing. Héctor A. Mojica P.
ID. 7,839-15

Contenido

1. INTRODUCCIÓN.	1
2. OBJETIVO DEL INFORME.	2
2.1. Objetivo General.	2
2.2. Objetivo Específicos.	2
3. LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO.	3
Tabla 1. Coordenadas de la Ubicación del Proyecto.	3
Mapa 1. Localización Regional del Proyecto.	4
4. HIDROLOGÍA.	5
4.1. Caracterización de la fuente hídrica.	5
4.1.1. Cuenca hidrográfica Río Caimito.	6
4.1.2. Quebrada sin nombre.	6
Mapa 2. Hidrografía del Proyecto.	7
Mapa 3. Área de drenaje de la quebrada sin nombre.	8
5. IDENTIFICAR SI EL PROYECTO ESTÁN DENTRO DE ALGUNA ÁREA PROTEGIDA.	9
6. GEOLOGÍA.	10
Tabla 2. Clasificación geológica.	10
Mapa 4. Geología.	11
7. CAPACIDAD AGROLÓGICA DE LOS SUELOS.	12
Tabla 3. Clasificación de la Capacidad Agrológica de los suelos del área bajo estudio.	12
Mapa 5. Capacidad agrologica.	13
8. COMPORTAMIENTO CLIMÁTICO.	14
8.1. Clasificación climática según A. Makay.	14
8.1.1. Clima Subecuatorial con estación seca prolongada.	14
8.2. Zonas de vida según Holdridge.	15
8.2.1. Bosque Húmedo Tropical.	15
Mapa 6. Zonas de vida según Holdridge.	17
8.3. Distribución de la precipitación.	18
8.3.1. Régimen pluviométrico por región (Pacífico).	19
9. TIPOS DE SUELOS.	19
10. INFORMACIÓN BÁSICA.	20

10.1. Información cartográfica existente.....	20
10.2. Información meteorológica.	20
Mapa 7. Localización de estaciones meteorológicas.....	21
10.3. Datos meteorológicos del área de estudio.....	22
10.3.1. Precipitación.	22
Tabla 4. Registro de Precipitación promedio y máxima mensual.....	22
10.3.2. Temperatura Mensual.	23
10.3.3. Viento.....	24
10.3.4. Humedad Relativa.....	25
10.3.5. Evaporación.	26
Tabla 5. Evaporación mensual.	27
10.3.6. Evapotranspiración potencial (ETP).....	28
Tabla 6. Evapotranspiración potencial – Método de Penman.....	28
Figura No. 10. Comportamiento de la temporada seca y lluviosa.....	29
10.3.2. Temporada seca.....	29
10.3.4. Período lluvioso.	29
11. BALANCE HIDRICO DE SUELOS.	30
Tabla 7. Balance Hídrico de suelos para la cuenca.	30
Mapa 8. Hidrogeología.....	31
12. HIDROGEOLOGÍA.	32
13. GEOMORFOLOGÍA DE LA QUEBRADA SIN NOMBRE.	32
14. PARÁMETROS FÍSICOS DE LA CUENCA.	33
14.1. Área de drenaje de la cuenca.	33
14.2. Perímetro de la cuenca.	33
14.3. Área de la cuenca.....	34
14.4. Ancho de la cuenca.	34
14.5. Longitud recta de la cuenca.	35
15. PARÁMETROS DE FORMA DE LA CUENCA.	35
15.1. Índice de compacidad o índice de Gravelius.	35
Tabla 8. Índice de compacidad para la evaluación de forma.....	36
15.2. Índice de Gravelius de la cuenca.	36

15.3. Factor de Forma (Kf).	36
Tabla 9. Clasificación del factor de forma.	37
15.4. Factor de forma cuenca.	37
15.5. Índice de alargamiento.	38
Tabla 10. Clasificación de Índice de alargamiento	38
15.6. Índice de alargamiento cuenca.	38
16. CARACTERÍSTICA DE RELIEVE DE LA CUENCA.	39
16.1. Pendiente media de la cuenca.	39
Tabla 11. Clasificación de las cuencas de acuerdo con la pendiente.	40
Tabla 12. Parámetros fisiográficos de la Quebrada sin nombre.	41
16.2. Curva Hipsométrica.	41
16.3. Curva hipsométrica de la cuenca.	42
Gráfica 1. Curva Hipsométrica de la cuenca.	43
Gráfica 2. Polígono de frecuencias de altitudes de la cuenca.	43
Tabla 13. Curvas de nivel de la cuenca.	44
17. CARACTERÍSTICA DEL SISTEMA DE DRENAJE.	44
17.1. Longitud del cauce (L).	44
17.2. Perfil del cauce.	45
Gráfica 3. Perfil Longitudinal del cauce.	45
Tabla 14. Parámetros red hidrográfica de una cuenca.	46
17.3. Cota de nacimiento (m.s.n.m.)	46
17.4. Cota en la confluencia con el sitio de estudio (m.s.n.m.)	46
17.5. Pendiente media del cauce.	47
17.6. Tiempo de concentración de la cuenca	47
18. DETERMINACIÓN DE CAUDAL DE DISEÑO.	48
18.1. Método Racional para caudales máximos.	48
18.1.1 Descripción del modelo.	48
Tabla 15. Coeficientes de escorrentías.	48
18.1.3. Cálculo del caudal hidrológico.	49
Tabla 16. Datos de la microcuenca quebrada sin nombre.	49
Tabla 17. Resultados del análisis por el método Racional.	50

19. ESTIMACIÓN DE VALORES HIDRÁULICO.....	52
Tabla 18. Datos de resultado de diseño de la sección hidráulica.	52
20. CONCLUSIONES.....	53
21. BIBLIOGRAFÍA.	53

1. INTRODUCCIÓN.

El presente estudio hidrológico para la quebrada sin nombre, ha sido desarrollado a solicitud de MYD SERVICIOS Y ASESORÍAS, S.A., para el proyecto Sitio de Disposición Final de Materiales Generales de Procesos Constructivos. Este estudio hidrológico se basa con los requerimientos mínimo que exige el Ministerio de Ambiente en cumplimiento con la legislación que ordena los recursos hídricos sobre la resolución No. DM.0431-2021 del 16 de agosto del 2021, “que establece los requisitos para la autorización de obras en cauce naturales y se dictan otras disposiciones”, para dar viabilidad a obras donde se establece los análisis hidrológicos para la cuenca de estudio, que deben ser considerados para la construcción y operación del proyecto precipitado.

El objetivo principal del estudio hidrológico es caracterizar hidrológicamente, morfológicamente y definir los cuerpos de agua que circundan para la huella del proyecto, tanto externa como internamente y así determinar los caudales máximos para períodos retornos estimados. Se presenta en el estudio los datos de los cuerpos de agua analizados, para la quebrada sin nombre afluente del Río Caimito la cual tiene proximidad a la huella del proyecto, por requerimientos del Ministerio de Ambiente.

Para el análisis se revisaron y levantaron datos de características del entorno natural y actual en donde se desarrollará la huella del proyecto. Además de datos meteorológicos de la zona bajo estudio, se identificaron las estaciones de precipitación y se determinaron parámetros como tiempo de concentración, entre otros. Para la hidrología se determinaron de manera integral las superficies de drenajes, pendientes y caudales hidrológicos de diseño.

En el informe se presenta una descripción general de la cuenca hidrográfica No. 140 Río Caimito, y de la quebrada sin nombre; incluyendo, localización y descripción general del área.

2. OBJETIVO DEL INFORME.

Presentar el estudio Hidrológico que evalúa la quebrada sin nombre la cual tiene como propósito una evaluación integral de las variables y componentes hidrológicos para determinar el grado de impacto que pueda presentar el proyecto, para el estudio de Impacto Ambiental. De tal forma que la huella del proyecto, cumpla con las recomendaciones de los requisitos establecidos por el Ministerio de Ambiente en su proceso de evaluación y desarrollo de la misma.

2.1. Objetivo General.

Desarrollar el Estudio Hidrológico requerido por el Ministerio de Ambiente, para su evaluación hidrológica en el proceso de evaluación y seguimiento ambiental.

2.2. Objetivo Específicos.

- Caracterizar los componentes morfológicos de la quebrada sin nombre.
- Determinar características hidrográficas que interviene el área de estudio requeridas por el Ministerio de Ambiente.
- Calcular los valores morfométricos de la cuenca de estudio.

3. LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO.

El proyecto “SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL DE MATERIALES GENERALES DE PROCESOS CONSRUCTIVOS”, ubicado en el corregimiento de Barrio Colón, distrito de La Chorrera, provincia de Panamá Oeste; cuyo promotor es la empresa “MYD SERVICIOS Y ASESORÍAS, S.A.”, debidamente registrada mediante el FOLIO N° 15566845 (S), desde febrero de 2018, la cual pretende desarrollar en proyecto en la Finca N° FOLIO REAL: 28263 CODIGO DE UBICACIÓN: 8609, con una superficie global de 3 has + 4375 m², de la Sección de la Propiedad del Registro Público, ubicado en el Limón, corregimiento de Barrio Colón, distrito de La Chorrera, provincia de Panamá Oeste; propiedad de la empresa Finca El Limón, S.A.

El corregimiento de Barrio Colón tiene un área de 14.79 km² y limita al norte con el corregimiento de El Arado, al este con el corregimiento de Juan Demóstenes Arosemena, al oeste con el corregimiento de Barrio Balboa y Herrera y al sur con el corregimiento de Puerto Caimito y Playa Leona.

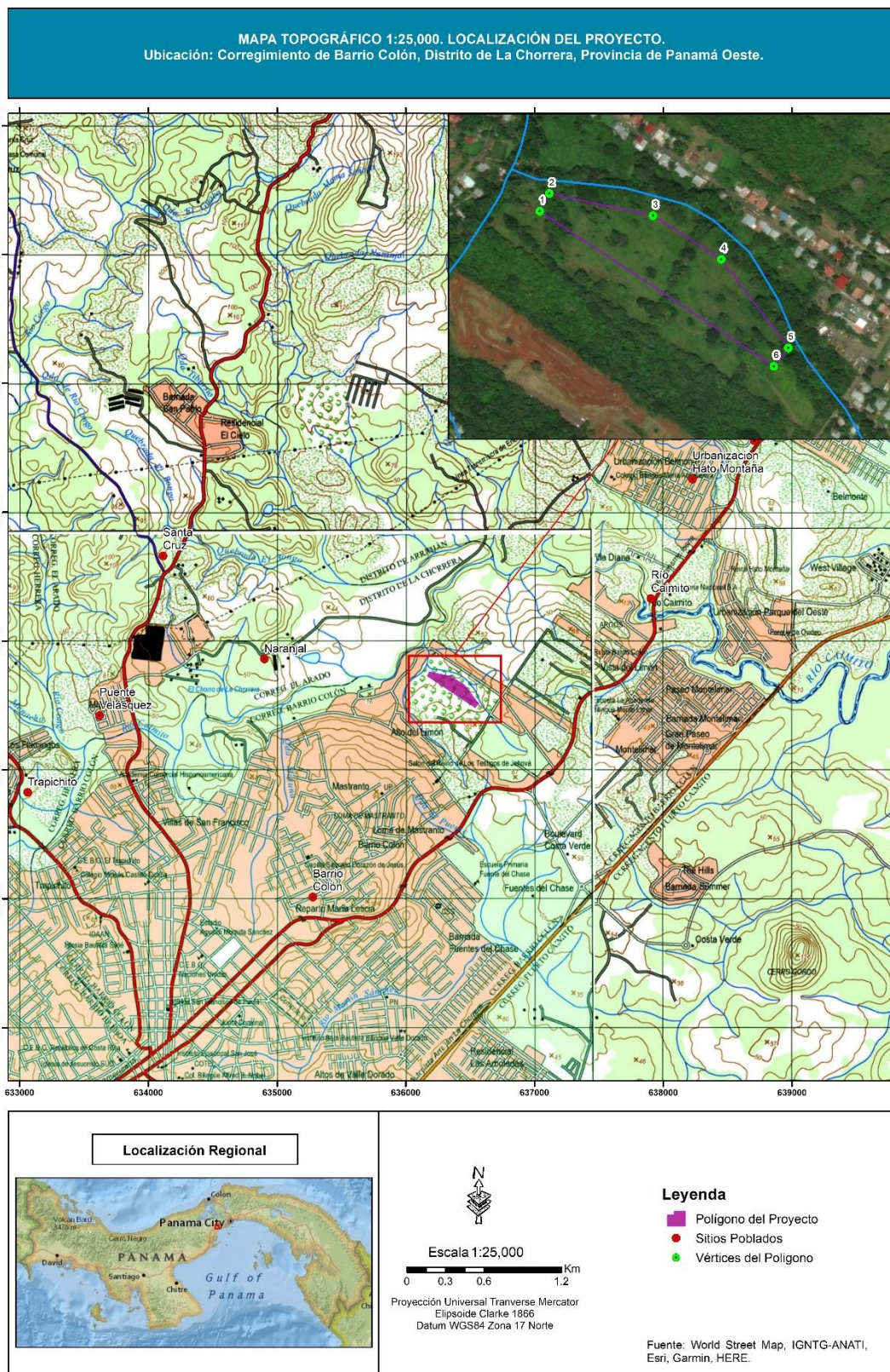
De acuerdo con los datos recolectados en el último Censo Poblacional de la República de Panamá (año 2010), la población en el corregimiento de Barrio Colón es de 33,214, de los cuales 16,128 son hombres y 17,086 son mujeres distribuidos en lugares poblados.

Tabla 1. Coordenadas de la Ubicación del Proyecto.

ID	Este (m)	Norte (m)
1	636169.00	984731.00
2	636184.00	984759.00
3	636348.00	984724.00
4	636456.00	984655.00
5	636562.00	984515.00
6	636539.00	984486.00

Fuente: Cuadro elaborado por el consultor. Este estudio 2024.

Mapa 1. Localización Regional del Proyecto.



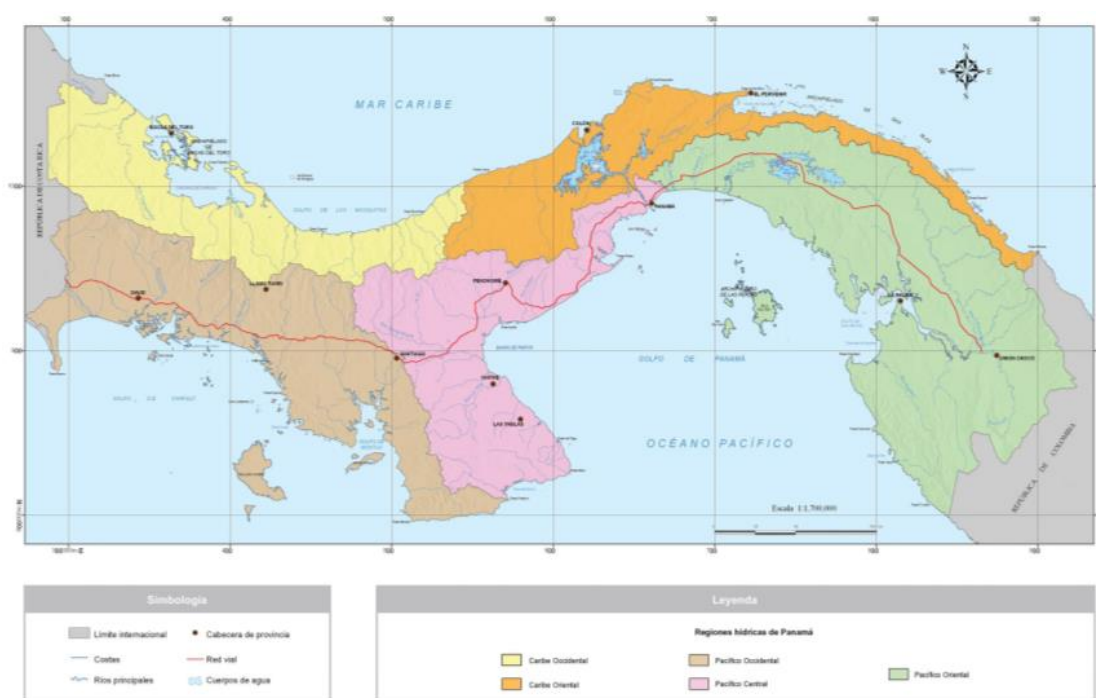
4. HIDROLOGÍA.

Los estudios hidrológicos analizan la información recopilada de las cuencas, como son el comportamiento climático de las cuencas, caudales promedios mensuales, caudales mínimos mensuales, definición de áreas de aportes, periodo de retorno, intensidad y el caudal que se definirá para el estudio.

4.1. Caracterización de la fuente hídrica.

La quebrada sin nombre de flujo permanente, objeto de este estudio hidrológico, pertenece a la región hídrica Pacífico Central. Esta región cubre a la región suroeste de la provincia de Coclé, Panamá Oeste, la zona sureste de la provincia de Herrera y Los Santos. Los cursos de agua de las cuencas hidrográficas de esta región, desembocan hacia la vertiente del océano Pacífico. Sus rangos de precipitación oscilan entre 1027 y 1722 mm, registrándose precipitaciones promedio de 1400 mm. Forman parte de la cuenca hidrográfica río Caimito, designada con el número 140 según el Proyecto Hidrometeoro lógico Centroamericano (**PHCA, 1967-1972**).

Figura No. 1. Mapa de Regiones Hídricas de Panamá.



Fuente: Atlas Ambiental de Panamá. 2010.

4.1.1. Cuenca hidrográfica Río Caimito.

La cuenca 140 corresponde al Río Caimito, se sitúa en la vertiente del Pacífico, dentro de la provincia de Panamá Oeste y ocupa una superficie de 501.61 km², representando el 0.66% del territorio nacional. Sus coordenadas geográficas son 8°52' de latitud norte y 79°42' de longitud oeste. Sus límites naturales son: por el norte, con la cuenca del Canal de Panamá; por el sur, con el golfo de Panamá; por el este, con la cuenca entre los Río Caimito y Juan Díaz; y por el oeste, con la cuenca entre los Ríos Antón y Caimito.

El Río Caimito es un río de Panamá, que desemboca en la vertiente del Océano Pacífico, específicamente en el golfo de Panamá. Es uno de los principales ríos de la provincia de Panamá Oeste, y recorre los distritos de Arraiján, La Chorrera y Capiro. Tiene una longitud de 72 km y su cuenca hidrográfica abarca 501.61 km². Nace en el noreste de Capiro y recorre el distrito de La Chorrera de oeste a este, atravesando la Carretera Panamericana y la Autopista Arraiján-La Chorrera, para cambiar de rumbo al sur hasta su desembocadura en Puerto Caimito. Tiene como afluentes a los ríos Aguacate, Bernardino, Congo y Copé.

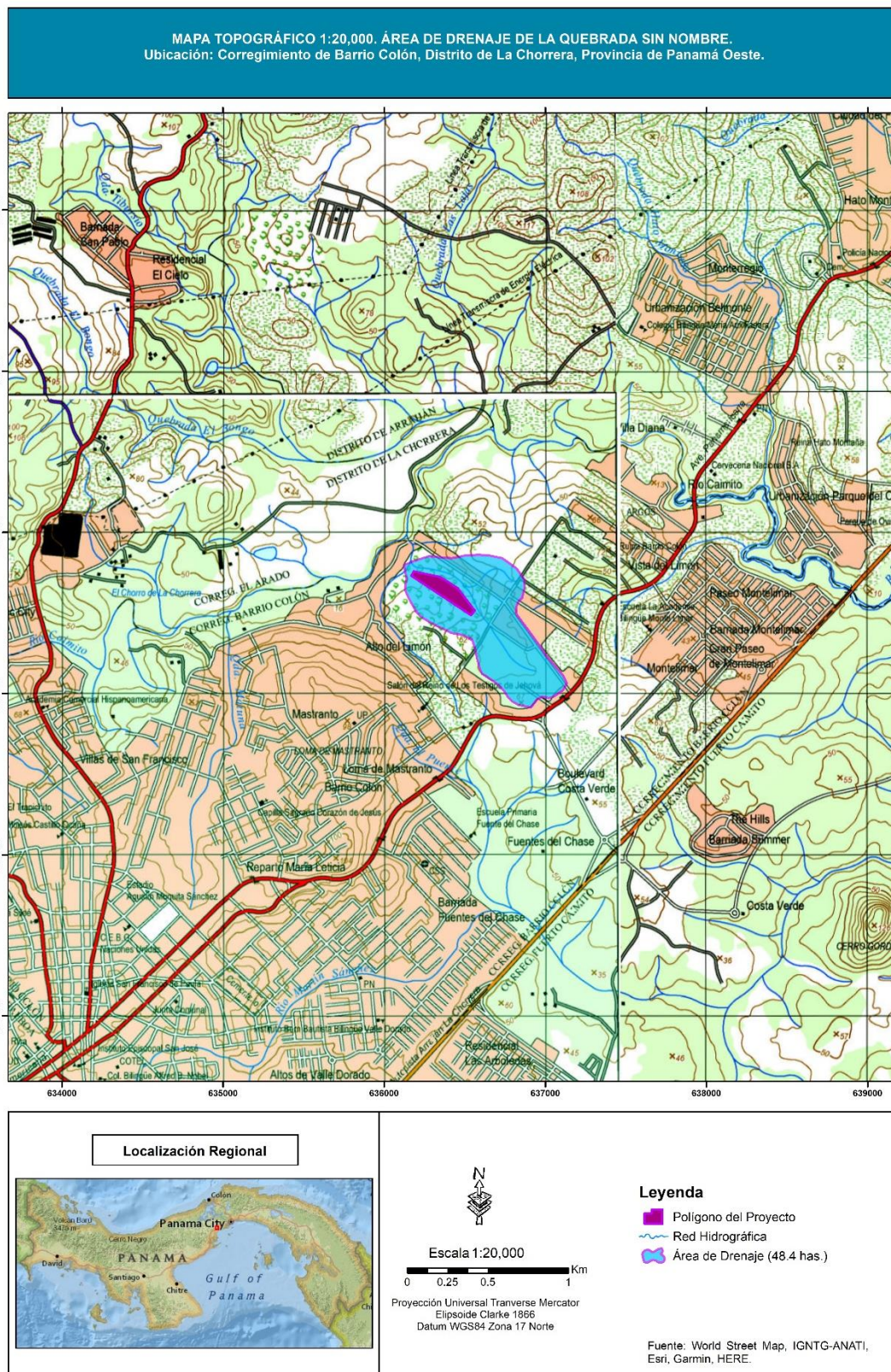
4.1.2. Quebrada sin nombre.

La quebrada sin nombre, es definida como una fuente hídrica de flujo intermitente de orden uno, está localizada al sureste de la provincia de Panamá Oeste, cuenta con un área de drenaje de 0.48 km² o 48.4 has, hasta el sitio de interés en este estudio (colindancia aguas abajo al proyecto) representando el 0.095 % del área de la cuenca 140 Río Caimito. El cauce principal tiene una longitud de 1.06 kilómetros desde el punto más alto de su nacimiento hasta el sitio de desfogue con otra quebrada sin nombre. No posee afluentes tributarios de hacia la mismas sobre la quebrada se realizan descargas de agua de la red pluvial de las avenidas y calles del poblado y de las aguas servidas de las residencias adyacentes a la corriente de agua. El paisaje de esta microcuenca está dominado por tierras medianamente bajas.

Mapa 2. Hidrografía del Proyecto.



Mapa 3. Área de drenaje de la quebrada sin nombre



6. 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.

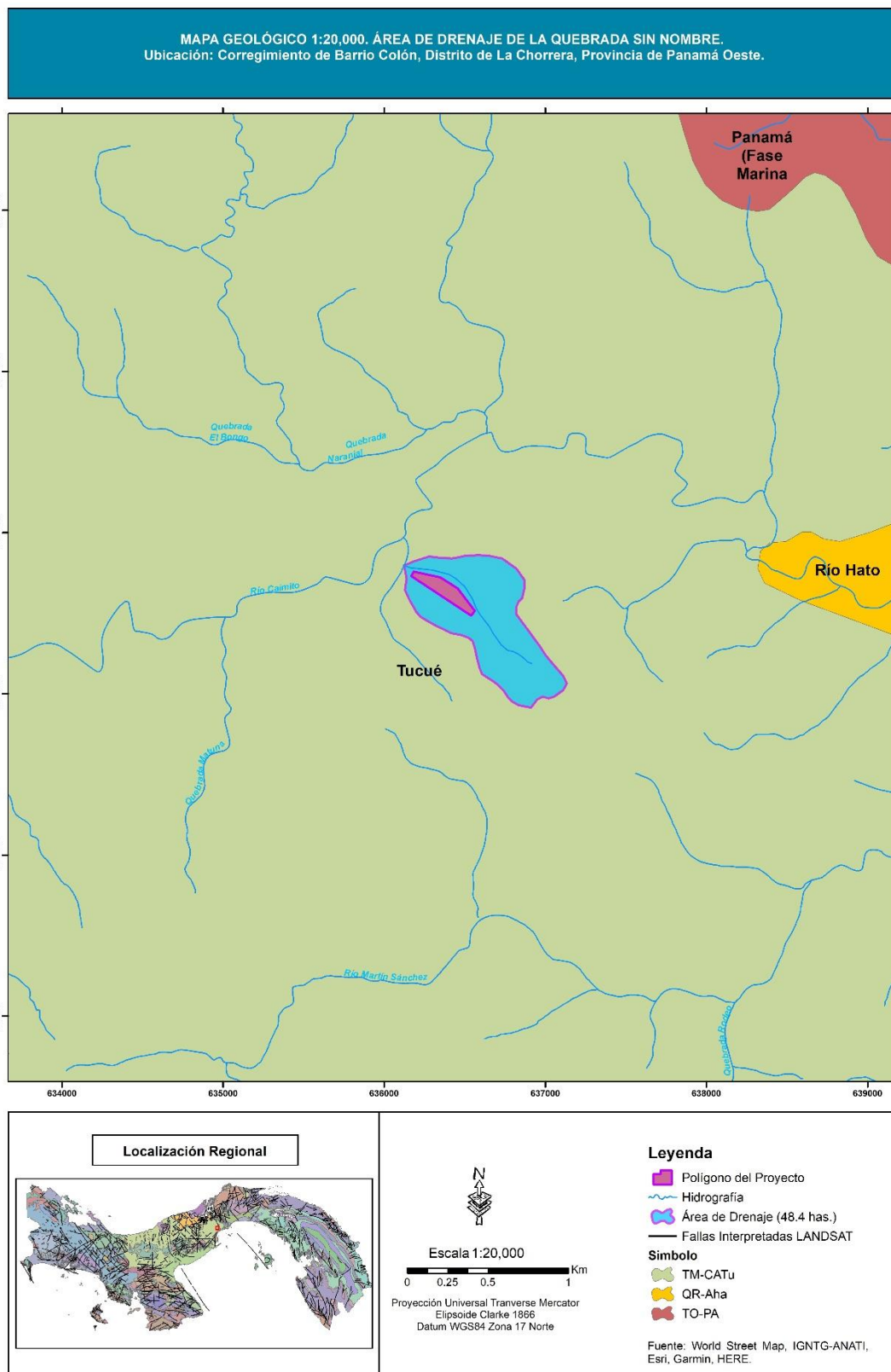
Los suelos que conforman el área, son suelos residuales productos de la meteorización de la roca madre, específicamente de la formación Tucué; roca de origen volcánico, consideradas como más antiguas en el istmo de Panamá afloran en pequeñas áreas en la región suroccidental de las Penínsulas de Azuero y Soná. Se trata de formaciones de origen volcánico de quimismo básico, que se encuentran actualmente metamorfoseados en las facies de esquistos verdes del grupo Cañazas, perteneciente al Periodo terciario.

Tabla 2. Clasificación geológica.

Clasificación geológica del área de estudio					
Geología					
Grupo	Formación	Símbolo	Significado	Área (km ²)	%
Cañazas	Tucué	TM-CATu	Andesitas/basaltos, lavas, brechas, tobas y plugs.	0.48	100
TOTAL				0.48	100

Fuente: Tabla generada por el consultor con datos de salida de ARCGIS. Este estudio 2024.

Mapa 4. Geología.



7. CAPACIDAD AGROLÓGICA DE LOS SUELOS.

Los suelos se clasifican en ocho clases de tierras y se designan con números romanos, que van del I la VIII. Las tierras de clase I son las tierras óptimas, es decir, que no tienen limitaciones y a medidas 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.

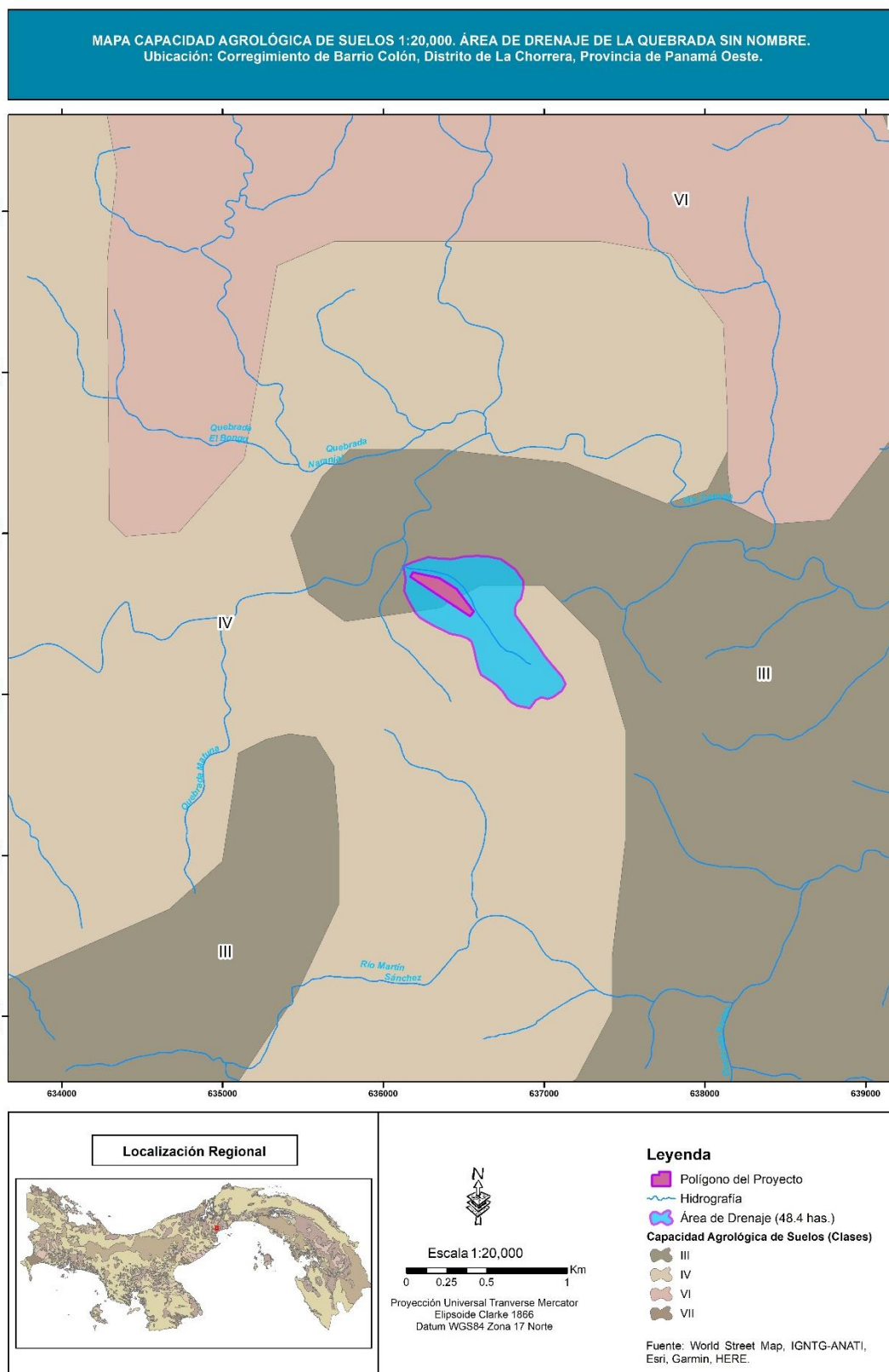
La capacidad agrologica de suelos para el área en donde se ubica la quebrada sin nombre se clasifica en dos clases según su capacidad de uso (ver tabla 3).

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

Nomenclatura	Clasificación	Área (km ²)	%
III	Arable, severas limitaciones en la selección de las plantas, requiere conservación especial o ambas	0.16	33.3
IV	Arable, muy severas limitaciones en la selección de las plantas, requiere manejo muy cuidadoso o ambas	0.32	66.7
TOTAL		0.48	100

Fuente: Tabla generada por el consultor con datos de salida de ARCGIS. Este estudio 2024.

Mapa 5. Capacidad agrologica.



8. COMPORTAMIENTO CLIMÁTICO.

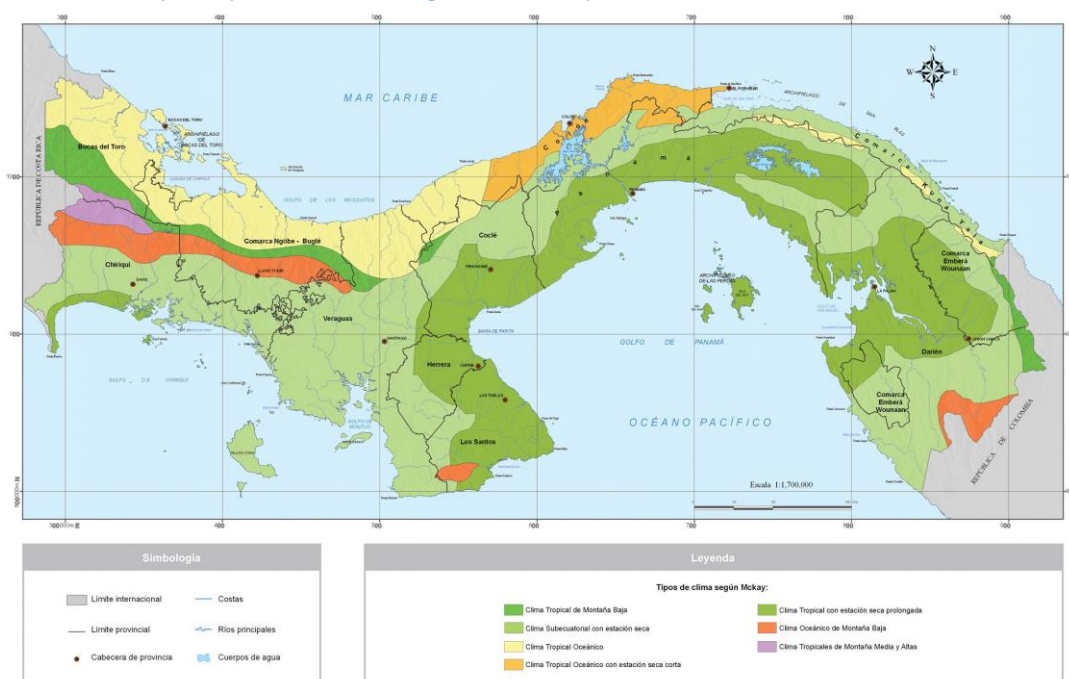
8.1. Clasificación climática según A. Makay.

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.

8.1.1. Clima Subecuatorial con estación seca prolongada.

Es cálido, con temperaturas medias de 27 a 28°C. Los totales pluviométricos anuales, siempre inferiores a 2,500 mm son los más bajos de todo el país, los cuales llegan a 1,122 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.

Figura No. 3 Mapas tipos de clima según A. Mckay.



Fuente: Atlas Ambiental de Panamá. 2010.

8.2. 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:

El área de la quebrada sin nombre, se encuentra dentro de la siguiente zona de vida:

8.2.1. Bosque Húmedo Tropical.

Ocupa el área más grande en Panamá, alcanzando 29,899.9 km² o sea el 40.0% del territorio nacional, se encuentra presente tanto en la vertiente Atlántica como Pacífica del país, específicamente en las provincias de Panamá, Colón, Coclé, Darién, Chiriquí, Veraguas, Bocas del Toro 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.

Es reemplazado por asociaciones del Premontano Húmedo en las tierras bajas con altitudes encontradas entre los 300 a 400 metros, o dependiendo de la rapidez con que aumente la precipitación con relación al descenso de la bio-temperatura debido a la elevación de la planicie interior y áreas montañosas por el Bosque Muy Húmedo Tropical. Las áreas abruptas como las pendientes fuertes que deberían estar reservadas para uso forestal o utilizarse juiciosamente para cultivos arbóreos permanentes, están siendo utilizadas para otros fines como la ganadería extensiva y la agricultura migratoria.

La mayor parte de esta zona de vida al norte de la división continental se caracteriza por planicies de pendientes leves, ideales para el crecimiento de muchas especies forestales tropicales de valor comercial mundial, son tierras bien drenadas o que pueden drenarse transformándose en óptima para la agricultura actual o futura, o bien para que queden disponibles para el uso forestal.

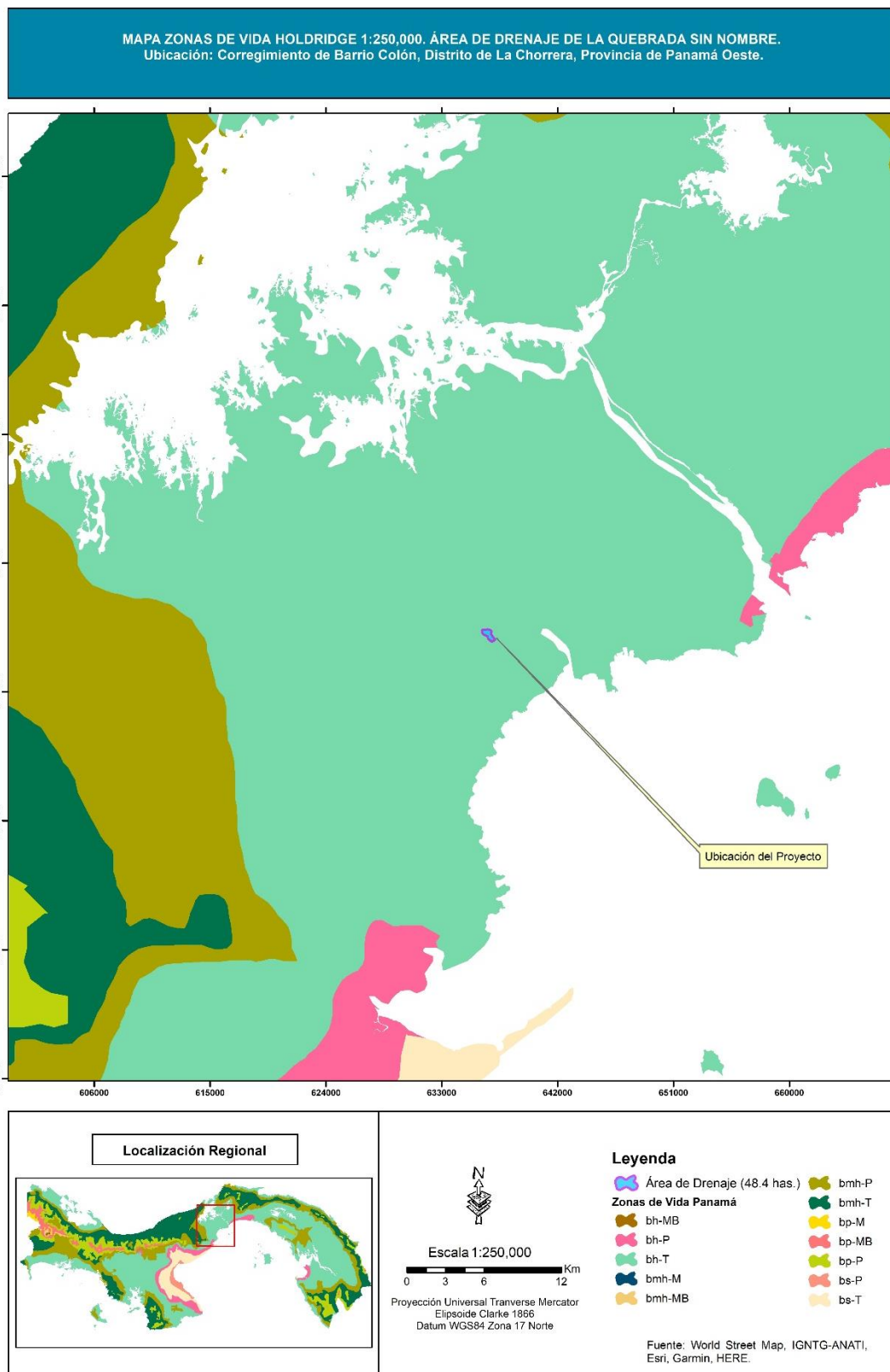
Figura No. 4. Clasificación de Zonas de vida según Holdridge.

Zona de vida	Síglas*	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

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

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

Mapa 6. Zonas de vida según Holdridge.



8.3. Distribución de la precipitación.

En la cuenca hidrográfica 140 del Río Caimito 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 4 a 5 meses, con un período lluvioso de 7 a 8 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. Existe una zona de confluencia de los vientos alisios de ambos hemisferios (norte y sur) que afecta el clima de los lugares que caen bajo su influencia y que para nuestro país tiene particular importancia.

La cuenca registra una precipitación media anual de 2084 mm. El 90% de la lluvia, ocurre entre los meses de mayo a noviembre y el 10% 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 2000 a 2100 mm como total anual. Los excesos o escorrentía superficial se inician entre los meses de mayo y junio y se extienden hasta el mes de noviembre. El área registra un período de transición de la estación seca a la lluviosa que demora aproximadamente 52 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).

8.3.1. Régimen pluviométrico por región (Pacífico).

Se caracteriza por abundantes lluvias, de intensidad entre moderada a fuerte, acompañadas de actividad eléctrica que ocurren especialmente en horas de la tarde. La época de lluvias se inicia en firme en el mes de mayo y dura hasta noviembre, siendo los meses de septiembre y octubre los más lluviosos; dentro de esta temporada se presenta frecuentemente un período seco conocido como Veranillo, entre julio y agosto.

El período entre diciembre y abril corresponde a la época seca. Las máximas precipitaciones en esta región están asociadas generalmente a sistemas atmosféricos bien organizados, como las ondas y ciclones tropicales (depresiones, tormentas tropicales y huracanes).

9. TIPOS DE SUELOS.

Los suelos de área en donde se ubican la microcuenca de la quebrada sin nombre, son de orden Alfisoles, Ultisoles, e Inceptisoles.

Son suelos bastante jóvenes y poco desarrollados que están empezando a mostrar el desarrollo de los horizontes. Suelos minerales que presentan un endopedión argílico o kándico, con un porcentaje de saturación de bases de medio a alto. Y en los Inceptisoles el contenido de arcilla es más elevado, siendo las texturas dominantes franco arcillosa, franco arcillo arenosa y arcillosa.

10. INFORMACIÓN BÁSICA.

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

- Información cartográfica existente
- Información meteorológica

10.1. 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.

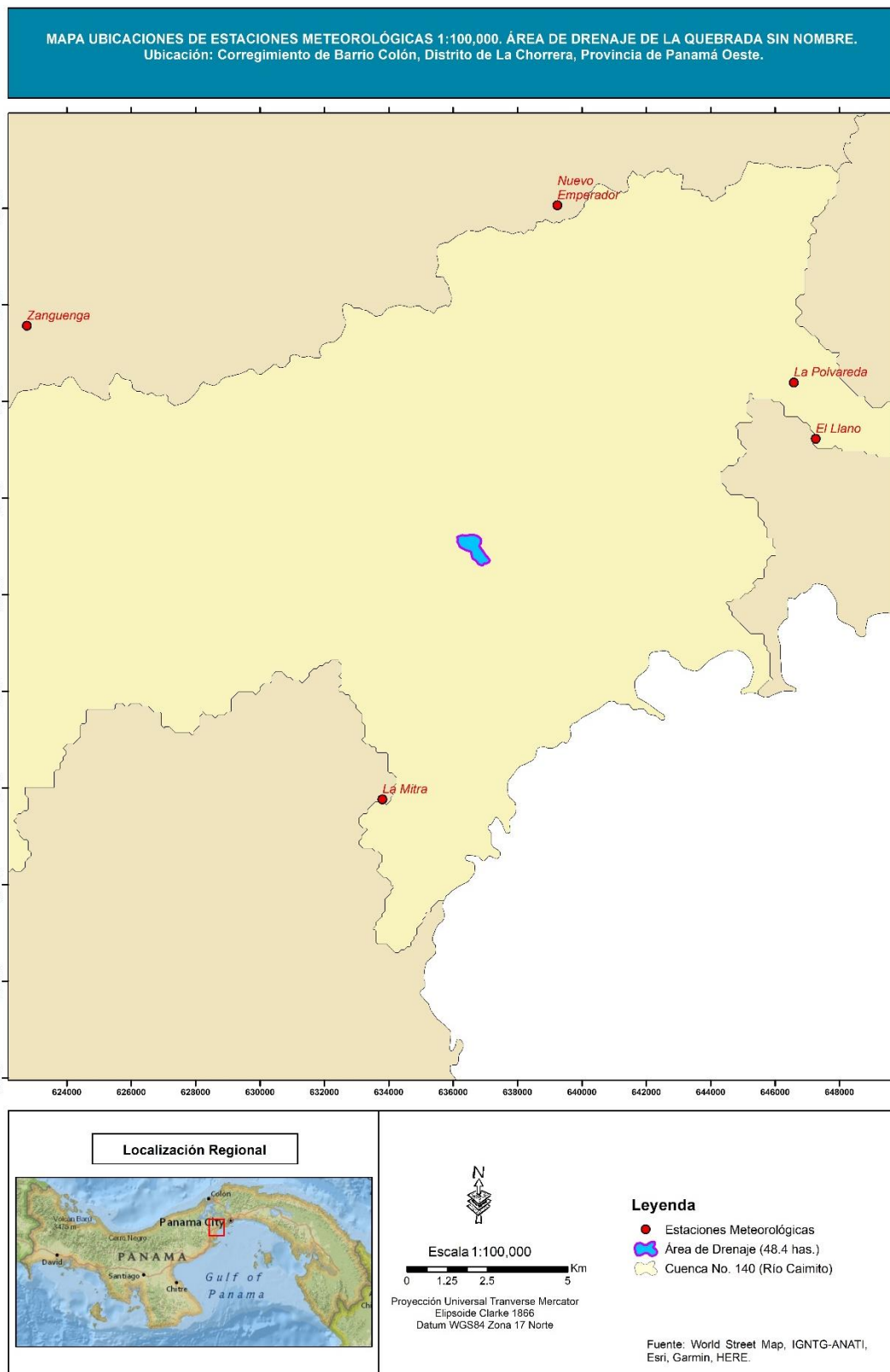
Además, se utilizó datos suministrados, por sistema de información geográfica (ARCGIS), así como para levantar polígonos de área de drenaje e isoyetas de precipitación de la cuenca y características morfométricas de la cuenca; para definir la superficie de drenaje, longitud del cauce y otras.

10.2. Información meteorológica.

El área en donde se encuentra la microcuenca de la quebrada sin nombre en donde se ubica la huella del proyecto del solicitante de este estudio, no cuenta dentro de su área con estaciones de medición de precipitación, pero por estar ubicada dentro de la cuenca hidrográfica del Río Caimito (140), cuenta con información de estaciones cercanas.

La distribución espacial de las estaciones que se encuentran cercanas y cuyo comportamiento tiene influencia dentro de la superficie de drenaje de la quebrada sin nombre objeto de este estudio hidrológico. La Estación de La Mitra, es la más representativa del área, que está dentro de la cuenca 140.

Mapa 7. Localización de estaciones meteorológicas.



10.3. Datos meteorológicos del área de estudio.

Para el presente estudio se tomó en consideración los datos meteorológicos de las Estación de la Mitra, la cual es la más representativa del área, operada por la Autoridad del Canal de Panamá. La misma se encuentra localizada: Estación La Mitra 8° 50' 00" N y 79° 47' 00" O, a una altura sobre el nivel medio del mar de 60 metros y Estación Gasparillal 8° 51' 47" N y 80° 00' 56" O, a una altura sobre el nivel medio del mar de 346 metros. Para el estudio se consideró un período de registro de lluvias desde 1974 hasta el 2000.

10.3.1. Precipitación.

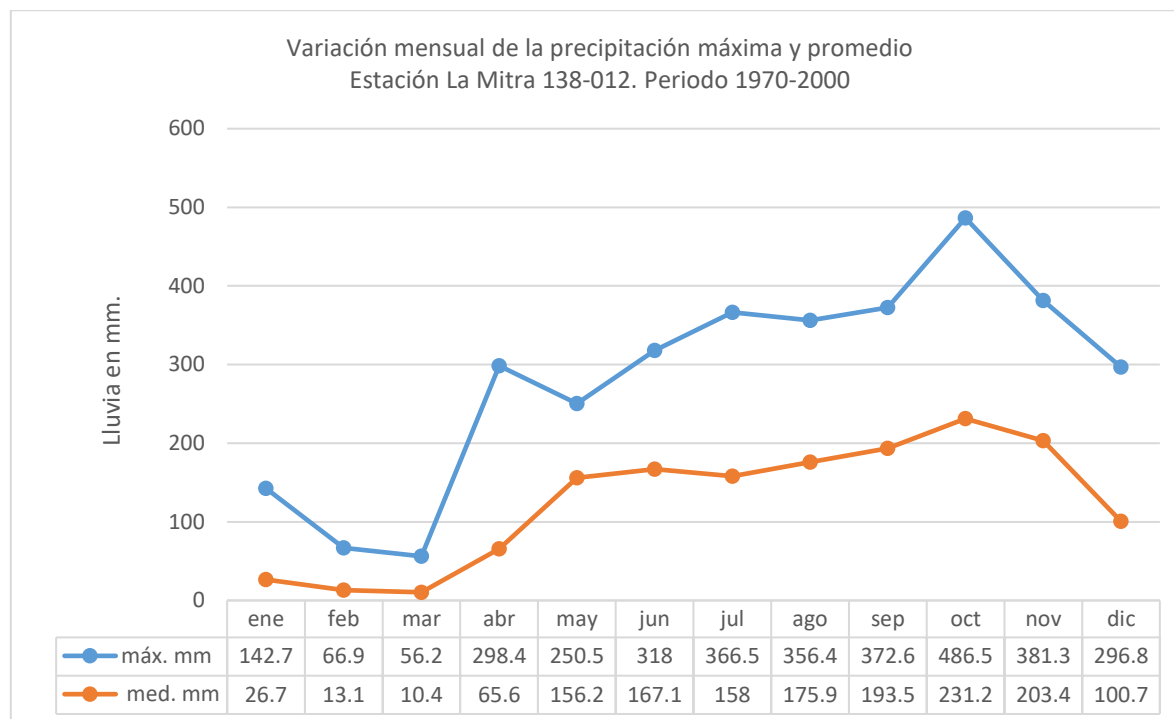
La estación meteorológica cercana corresponde La Mitra registrada como 138 - 012 esta se encuentra a una elevación 60 msnm. De acuerdo a estos registros las precipitaciones anuales promedios son 125.7 mm, las precipitaciones máximas suelen registrarse en octubre con un máximo registrado de 486.5 mm y las precipitaciones mínimas suelen registrarse en febrero con un mínimo registrado de 66.9 mm. (Ver tabla 4).

Tabla 4. Registro de Precipitación promedio y máxima mensual.

Precipitación Mensual		
Estación La Mitra		
Mes	Lluvia Promedio (mm)	Lluvia máxima (mm)
Enero	26.7	142.6
Febrero	13.1	66.9
Marzo	10.4	56.2
Abril	65.6	298.4
Mayo	156.2	250.5
Junio	167.1	318.0
Julio	158.0	366.5
Agosto	175.9	356.4
Septiembre	193.5	372.6
Octubre	231.2	486.5
Noviembre	203.4	381.3
Diciembre	100.7	296.8
Anual	125.7	Suma = 3392.7

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

Figura No. 5. Histórico de Lluvias.



Fuente: Instituto de Meteorología e Hidrología de Panamá, con datos de estación La Mitra.

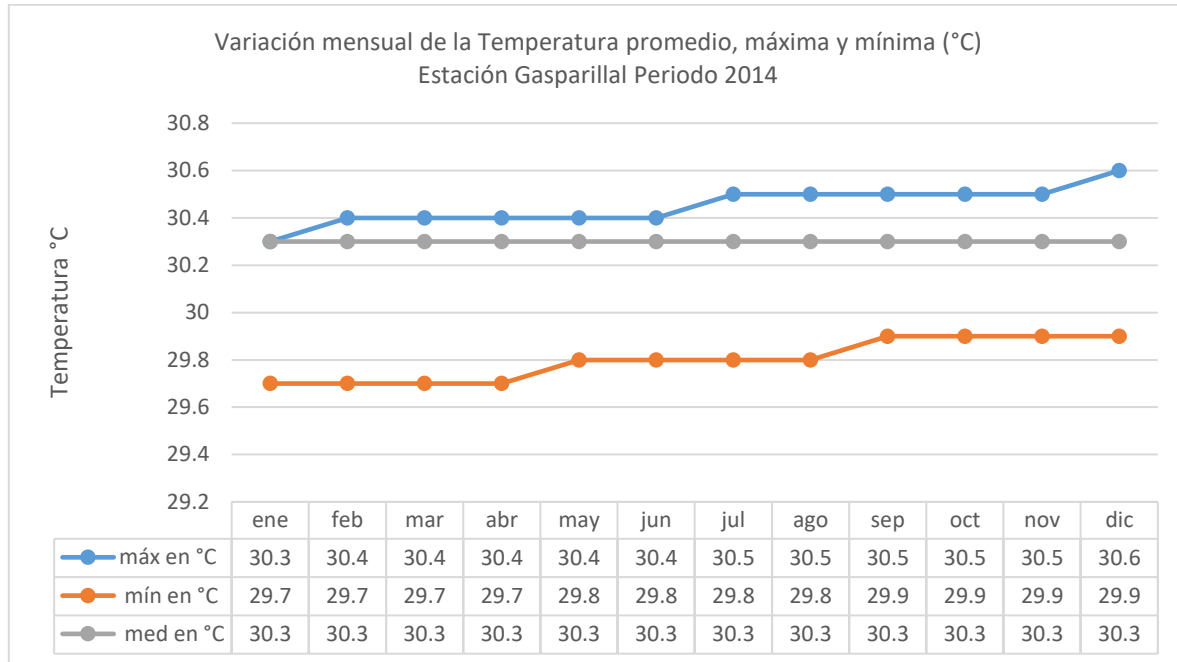
10.3.2. Temperatura Mensual.

Las temperaturas en las zonas tropicales y por consiguiente en el área de estudio, se caracterizan por su baja variabilidad a lo largo del año (menor de 0.5 °C). En el caso particular de la estación Gasparillal la variabilidad de la temperatura a lo largo del año es de 0.2 °C, es decir la diferencia de temperatura entre el mes más cálido Diciembre (30.6 °C) y el menos cálido enero (30.2 °C). La variación espacial de la temperatura depende fundamentalmente de la elevación. De acuerdo a la estación Gasparillal, ubicada a una elevación de 100 msnm, la temperatura media es de 30.3 °C.

En la Figura 6 se muestra la variación a lo largo del año de las temperaturas promedio, máxima y mínima y se presenta un resumen mensual de los valores normales de temperaturas medias, máximas y mínimas registradas en la estación Gasparillal. Se observa que en los meses más secos (noviembre y diciembre) la variación entre las mínimas temperaturas y las máximas, en promedio, es aproximadamente 0.8 °C, y 0.4 °C en el

período húmedo (septiembre y octubre). El promedio de los valores normales de temperatura mínima es 0.3 °C y de las máximas, 0.5 °C.

Figura No. 6. Variación mensual de Temperatura (°C).



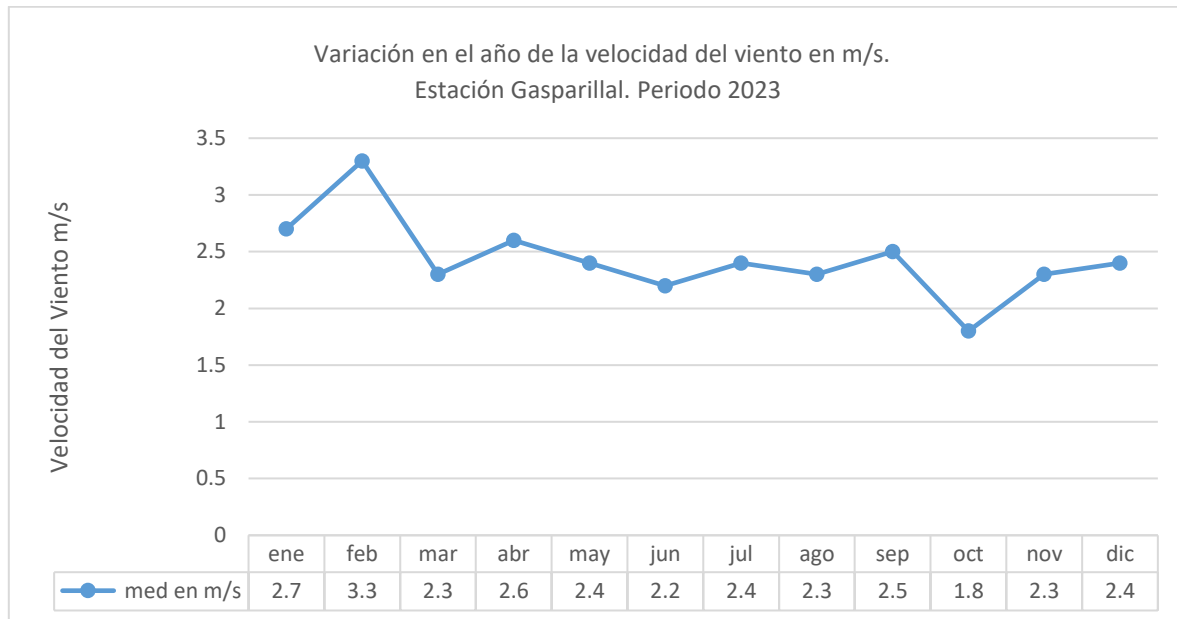
Fuente: Variación mensual de la temperatura promedio, máxima y mínima. Estación Gasparillal.

10.3.3. Viento.

En nuestro país influyen tres tipos de viento a escala sinóptica, a saber: los vientos alisios, los Oeste Sinópticos, y los Oeste Ecuatoriales. Tomando en consideración la estación meteorológica de Gasparillal la más cercana al sitio del proyecto con registro de viento, de 10 metros de altura de la superficie del suelo, podemos inferir que durante el período seco (diciembre a abril) los alisios son los vientos que predominan en la región de estudio, penetrando con dirección del Norte a una velocidad promedio de 2.8 m/s en los meses de febrero y marzo de 10 metros de altura.

A continuación, se muestran la velocidad del viento en los meses lluviosos de aproximadamente 2.25 m/s, a 10 metros de la superficie del suelo.

Figura No. 7. Variación mensual del Viento.



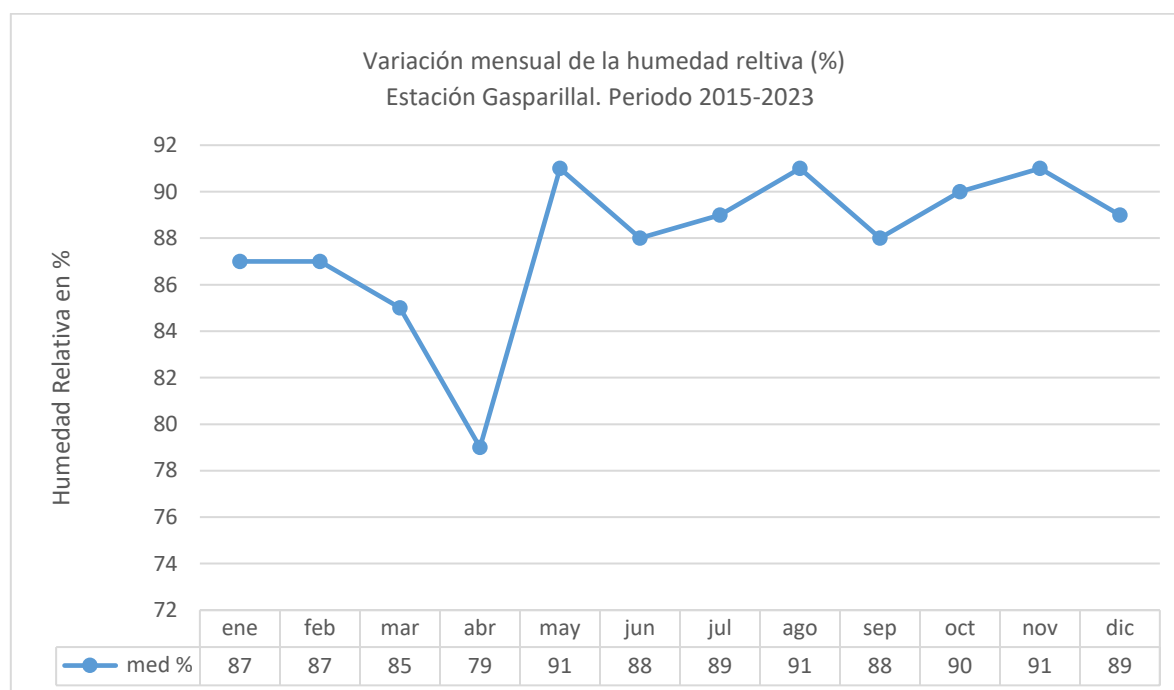
Fuente: Variación en el año de la velocidad del viento. Estación Gasparillal.

10.3.4. Humedad Relativa.

La humedad relativa es una forma de medir el contenido de humedad del aire, y de esta manera es útil como indicador de la evaporación, transpiración y probabilidad de lluvia convectiva. La humedad relativa varía proporcionalmente con el régimen de lluvia.

En la estación Gasparillal, los meses secos registran los menores valores de humedad relativa. El promedio anual de la humedad relativa es de 87.9 %. En la Figura No. 8 se presentan los valores promedios mensuales de humedad relativa registrada en la estación Gasparillal. Se observa que los valores mínimos de humedad relativa ocurren en la estación seca con un promedio de 79 %. Al inicio de la estación lluviosa, la humedad relativa se va incrementando hasta llegar a un máximo, en agosto, de 91 %.

Figura No. 8. Variación mensual de la humedad relativa.



Fuente: Variación mensual de humedad relativa. Estación Gasparillal.

Una vez que la estación lluviosa está establecida, la humedad relativa experimenta poca variación con valores medios mensuales entre 89 % y 91 %.

10.3.5. Evaporación.

La estación meteorológica completa de Tocumen es la más próxima a la cuenca del Río Caimito con registros de evaporación. Se viene recopilando información desde junio de 1970. La Dirección de Hidro meteorología utiliza tanque evaporímetro tipo A estándar.

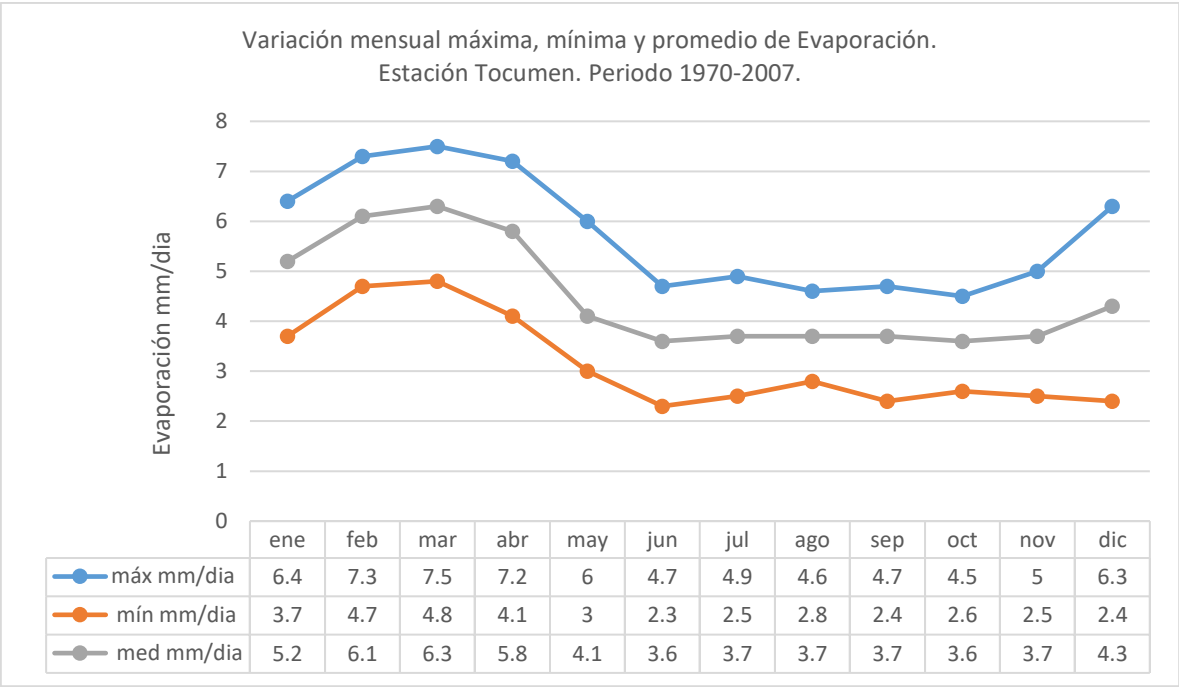
En la Tabla 5 se presenta el valor mensual normal de la evaporación diaria en milímetros registrada hasta 2007 (máx., mín. y promedio) y en la Figura No. 9 se puede apreciar la variación a lo largo del año de la evaporación promedio máxima y mínima.

Tabla 5. Evaporación mensual.

Evaporación mensual (en mm/día)													
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Anual
Prom	5.2	6.1	6.3	5.8	4.1	3.6	3.7	3.7	3.7	3.6	3.7	4.3	4.5
Máx	6.4	7.3	7.5	7.2	6.0	4.7	4.9	4.6	4.7	4.5	5.0	6.3	7.5
Mín	3.7	4.7	4.8	4.1	3.0	2.3	2.5	2.8	2.4	2.6	2.5	2.4	2.3

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

Figura No. 9. Variación mensual de evaporación.



Fuente: Variación mensual de la evaporación en mm/día. Estación Tocumen.

De acuerdo a la tabla anterior la evaporación potencial anual es aproximadamente 1642 mm que corresponde al promedio diario en el año, que es 4.5 mm, multiplicado por los 365 días del año.

10.3.6. Evapotranspiración potencial (ETP)

La evapotranspiración es uno de los parámetros esenciales en la determinación del balance superficial, nos permite determinar la cantidad de agua que regresa a la atmósfera a través de la evaporación directa de la superficie del suelo más la transpiración de las plantas. Es el agua que precipitó pero que no va a formar parte de la disponibilidad de recursos hídricos en un área determinada. Se expresa en milímetros por unidad de tiempo.

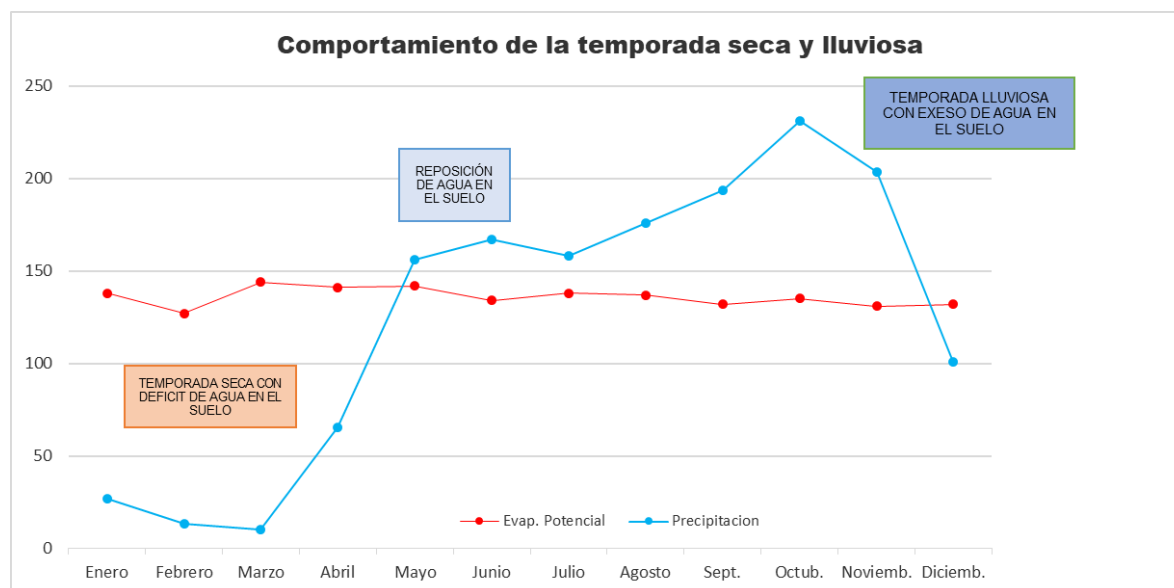
En la Tabla 6, se da un resumen de los parámetros que se utilizaron para calcular la evapotranspiración potencial mediante el método de Penman-Montieth en la estación Tocumen, resultando 1225 mm/año.

Tabla 6. Evapotranspiración potencial – Método de Penman.

Evapotranspiración Potencial (mm) - Método de Penman												
Estación Tocumen (Elevación 14 msnm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
n/N	0.63	0.63	0.58	0.49	0.35	0.26	0.30	0.30	0.33	0.31	0.38	0.50
U	0.90	1.00	1.00	1.00	0.70	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.70
PoΔ/P*r	3.05	3.16	3.24	3.31	3.24	3.18	3.18	3.16	3.11	3.08	3.10	3.10
RA	13.22	14.24	15.26	15.58	15.51	15.26	15.34	15.51	15.34	14.66	13.56	12.88
ea	33.81	35.44	36.50	37.36	36.50	35.65	35.65	35.44	34.82	34.41	34.62	34.62
ed	24.11	24.03	24.38	26.19	29.57	29.80	29.34	29.42	29.74	29.49	29.05	27.07
σTK ⁴	15.90	16.05	16.16	16.25	16.16	16.07	16.07	16.05	15.99	15.94	15.97	15.97
T°C	26.20	26.90	27.40	27.80	27.40	27.00	27.00	26.90	26.60	26.40	26.50	26.56
Hr	0.71	0.68	0.67	0.70	0.81	0.84	0.82	0.83	0.85	0.86	0.84	0.78
ETP Día	3.3	3.8	4.1	4.1	3.4	3.1	3.2	3.2	3.2	3	2.9	3
ETP Mes	103	106	127	122	106	93	100	101	96	92.5	86.9	93
ETP Anual	1225 mm											

Fuente: Autoridad del Canal de Panamá.

Figura No. 10. Comportamiento de la temporada seca y lluviosa.



Fuente: Gráfica elaborada por el consultor, con datos de la estación la Mitra y Tocumen.

10.3.2. Temporada seca.

La temporada seca está claramente definida y caracterizada por un período de seis 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 48.2 Y 75.9 mm, entre marzo y abril, mes en el cual la temporada seca se acentúa.

10.3.4. Período lluvioso.

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

11. BALANCE HIDRICO DE SUELOS.

Sirve para planificar, puesto que a partir del balance hídrico se determina la provisión de agua en términos de un caudal confiable y permanente en el tiempo, durante las épocas secas. 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.

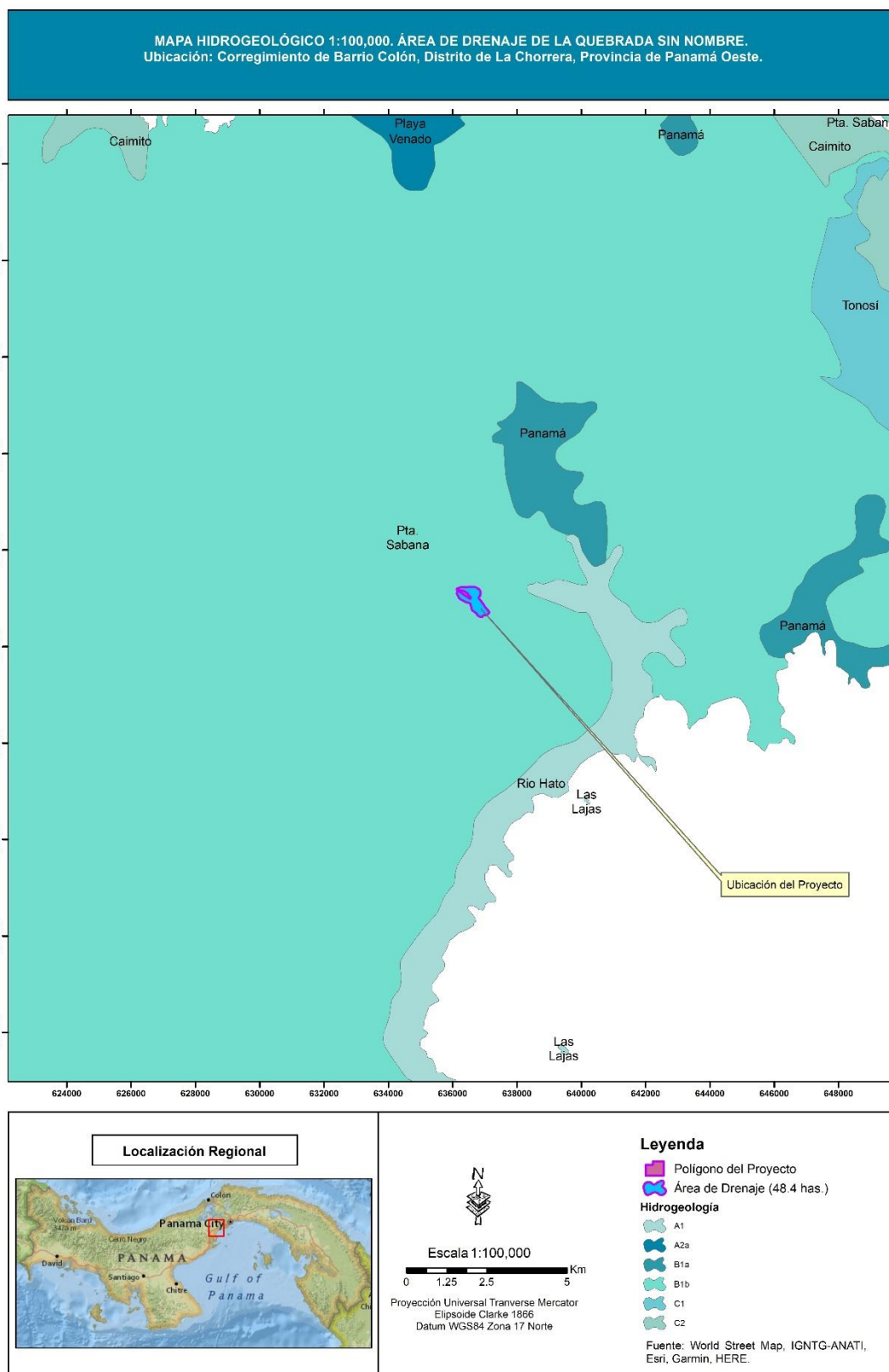
- Total, anual de la precipitación, según periodo de registro de la estación meteorológica más cercana. (En este caso sería la estación La mitra)
- Capacidad de almacenaje de agua en el suelo 200 mm de retención. (suelo arcilloso)
- Escorrentía superficial 611.3 mm.
- Déficit de agua en el suelo 124.1 mm.
- Perdidas por evapotranspiración 1102.3 mm.

Tabla 7. Balance Hídrico de suelos para la cuenca.

BALANCE HIDRICO DE SUELOS							
VEGETACIÓN: DENSIDAD MEDIA		SUELO: ARCILLOSO		PERIODO 1974-2000		RETENCION:200 mm	
AREA: DISTRITO DE LA CHORRERA, PROVINCIA DE PANAMÁ OESTE. CUENCA No. 140							
MES	P mm	Eto mm	Pre-Almc	Almc mm	Etr mm	Def mm	Exc mm
Enero	31.9	103	119.4	119.4	103	0	0
Febrero	17.1	106	30.5	30.5	106	0	0
Marzo	20.6	127	-75.9	0	51.1	75.9	0
Abril	73.8	122	-124.1	0	73.8	48.2	0
Mayo	225	106	119	119	106	0	0
Junio	189.6	93	200	200	93	0	15.6
Julio	155	100	200	200	100	0	55
Agosto	211.5	101	200	200	101	0	110.5
Septiembre	227.9	96	200	200	96	0	131.9
Octubre	272.5	92.5	200	200	92.5	0	180
Noviembre	205.2	86.9	200	200	86.9	0	118.3
Diciembre	83.5	93	190.5	190.5	93	0	0
TOTAL	1713.6	1226.4			1102.3	124.1	611.3

Fuente: Tabla elaborada por el consultor, con datos de la estación La Mitra y Tocumen. Este estudio 2024.

Mapa 8. Hidrogeología.



12. HIDROGEOLOGÍA.

Según el mapa de hidrogeología los acuíferos que se encuentran en la zona son: Acuíferos predominantes fisurados (discontinuos) Permeabilidad variable:

- Acuíferos moderadamente productivos ($Q = 3 - 10 \text{ m}^3/\text{h}$).
- Formaciones geológicas: Punta Sabana (K-VEps).
- Acuíferos locales (B1b) restringidos a zonas fracturadas, comprenden un conjunto de volcánicas (lavas y aglomerados), las lavas son masivas y los aglomerados se encuentran compactos. Los pozos más productivos se localizan en las zonas fracturadas. La calidad química de las aguas es generalmente buena.

13. GEOMORFOLOGÍA DE LA QUEBRADA SIN NOMBRE.

La caracterización morfométrica de la microcuenca hidrográfica para la quebrada sin nombre, 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 quebrada sin nombre) ubicada en el distrito de La Chorrera, Provincia de Panamá Oeste.

14. PARÁMETROS FÍSICOS DE LA CUENCA.

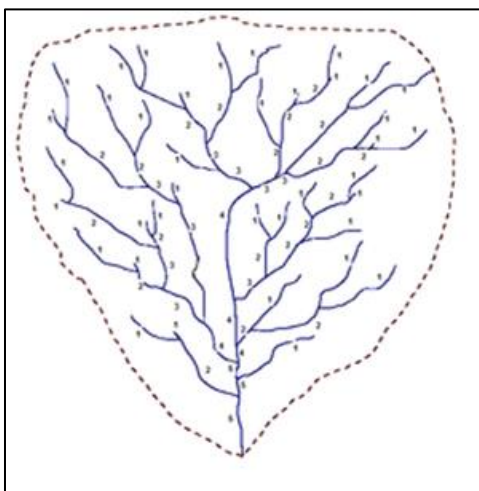
14.1. Área de drenaje de la cuenca.

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 No. 11. Ilustración de un área de drenaje típica.



Fuente: Morfometría de la cuenca (Horton R. E., 1945).

14.2. 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 sin nombre	3.17

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.

14.3. 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 sin nombre	0.48	Microcuenca (pequeña)

Figura No. 12. Unidad hidrograficas 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.

14.4. 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 cuenca (km)
Quebrada sin nombre	0.45

14.5. Longitud recta de la cuenca.

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

Cuenca	Longitud recta de la cuenca (km)
Quebrada sin nombre	1.24

15. 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.

15.1. 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.

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

Dónde:

P: perímetro de la cuenca (km)

A: área de la cuenca (km²)

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.

Tabla 8. 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 ova redonda- oval oblonga
Kc3	1,5-1,75	Forma oval-oblonga a rectangular- oblonga
Kc4	Mayor 1.75	Casi rectangular (alargada).

15.2. Índice de Gravelius de la cuenca.

P: perímetro de la cuenca 3.17 (km)

A: área de la cuenca 0.48 (km²)

$$Kc = \frac{3.17 \text{ km}}{2\pi\left(\frac{0.48 \text{ km}^2}{\pi}\right)^{\frac{1}{2}}}$$

$$Kc = 1.28$$

Cuenca	Índice de Gravelius	Clasificación
Quebrada sin nombre	1.28	Forma ova redonda- oval oblonga.

15.3. 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 (km²)

Tabla 9. Clasificación del factor de forma.

Kf	Característica
≤0.22	Muy alargada, baja susceptibilidad a las avenidas
0.22 a 0.30	Alargada, baja susceptibilidad a las avenidas
0.30 a 0.37	Ligeramente alargada, baja susceptibilidad a las avenidas
0.37 a 0.45	Ni alargada ni ensanchada, baja susceptibilidad a las avenidas
0.45 a 0.60	Ligeramente ensanchada, baja susceptibilidad a las avenidas
0.60 a 0.80	Ensanchada, media susceptibilidad a las avenidas
0.80 a 1.20	Muy ensanchada, tendencia a ocurrencia de avenidas
≥1.20	Rodeando el desagüe, tendencia a ocurrencia de avenidas

15.4. Factor de forma cuenca.

L: largo del cauce principal 1.08 (km)

A: área de la cuenca 0.48 (km²)

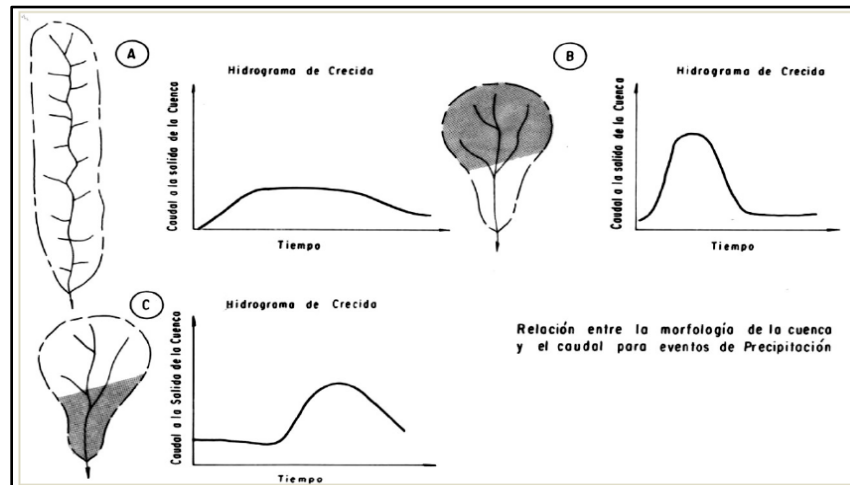
$$Kf = \frac{0.48 \text{ km}^2}{(1.08 \text{ km})^2}$$

$$Kf = 0.4150$$

Cuenca	Factor de forma	Clasificación
Quebrada sin nombre	0.4150	Ligeramente ensanchada, baja susceptibilidad a las avenidas.

El factor de forma de la microcuenca Quebrada sin nombre es de 0.4150, el cual está indicando que la cuenca no tiende a ser circular sino ligeramente 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 No. 13. Relación entre la forma de algunas cuencas y el caudal pico para eventos máximos de precipitación.



Fuente: Morfometría de la cuenca Río San Pedro, Concho, Chihuahua en Base a Bell (1999).

15.5. 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 achatada, cuando son valores menores a la unidad

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

Donde:

L: longitud del cauce de la cuenca

An: ancho de la cuenca.

Tabla 10. Clasificación de Índice de alargamiento

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

15.6. Índice de alargamiento cuenca.

L: longitud del cauce de la cuenca 1.08 km

An: ancho de la cuenca 0.45 km

$$Ia = \frac{1.08 \text{ km}}{0.45 \text{ km}} = 2.65$$

Cuenca	Índice de alargamiento	Clasificación
Quebrada sin nombre	2.4	Cuenca alargada

El índice de alargamiento de la microcuenca de la Quebrada sin nombre es de 2.4, 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.

16. 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.

16.1. 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.

Tabla 11. 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 sin nombre 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 sin nombre	9.16	Medianamente accidentado.

Tabla 12. Parámetros fisiográficos de la Quebrada sin nombre.

PARÁMETROS FISIOGRAFICOS DE UNA CUENCA HIDROGRÁFICA			
PARÁMETROS		UNIDAD DE MEDIDA	Cuenca Hidrográfica
Parámetros de forma de la cuenca	Área total de la cuenca	km ²	0.4840
	Perímetro de la cuenca	km	3.17
	Longitud de río principal	km	1.08
	Centroides	Este X	636628.21
		Norte Y	984455.62
	Ancho promedio de la cuenca	km	0.45
	Coeficiente de compacidad	-	1.28
	Factor de forma	-	0.4150
	Radio de Circularidad	km	0.6053
	Pendiente media de la Cuenca	%	9.16

Fuente: Tabla elaborado por el consultor con datos de salida de ARCGIS. Este estudio 2024.

16.2. 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).

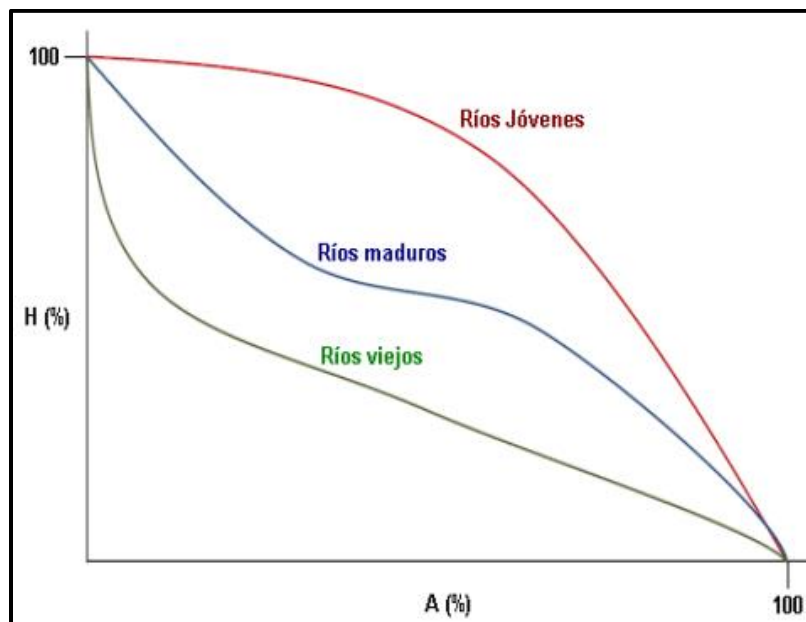
Para construir la curva se lleva a escalas convenientes la elevación dada en las ordenadas y la superficie de la cuenca en las abscisas, para la cual cada punto tiene cota al menos igual a esa altitud. Esta última se obtiene calculando la superficie correspondiente al área definida en la cuenca entre 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 No. 14. Clasificación de los ríos de acuerdo a la curva hipsométrica.



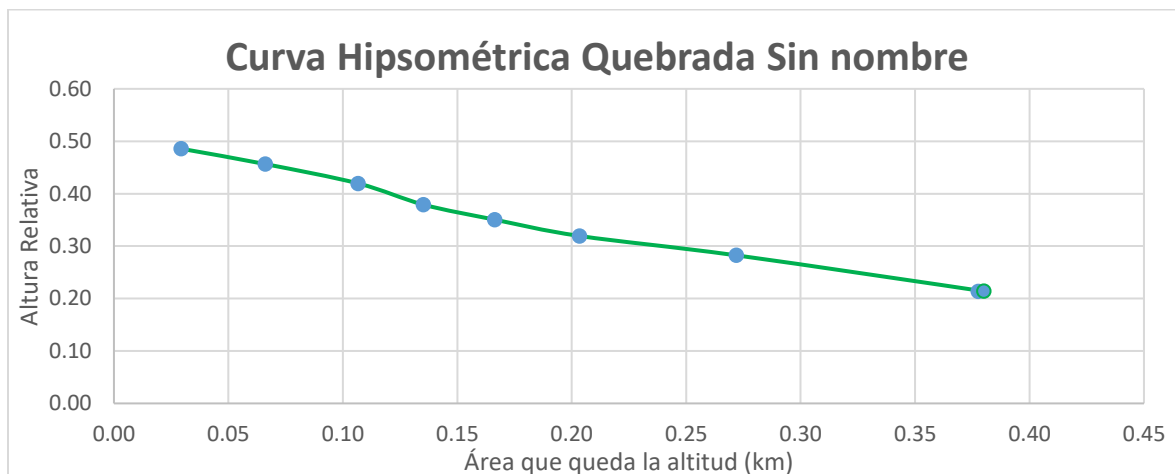
Fuente: Morfometría de la cuenca Río San Pedro, Concho, Chihuahua en Base a Bell (1999).

16.3. Curva hipsométrica de la cuenca.

Se presenta la clasificación del río de acuerdo a los resultados obtenidos de la curva hipsométrica para la cuenca de la Quebrada sin nombre, de la cual se obtuvo, según la curva mencionada, que es un río maduro. (Ver gráfica 1. Curva hipsométrica)

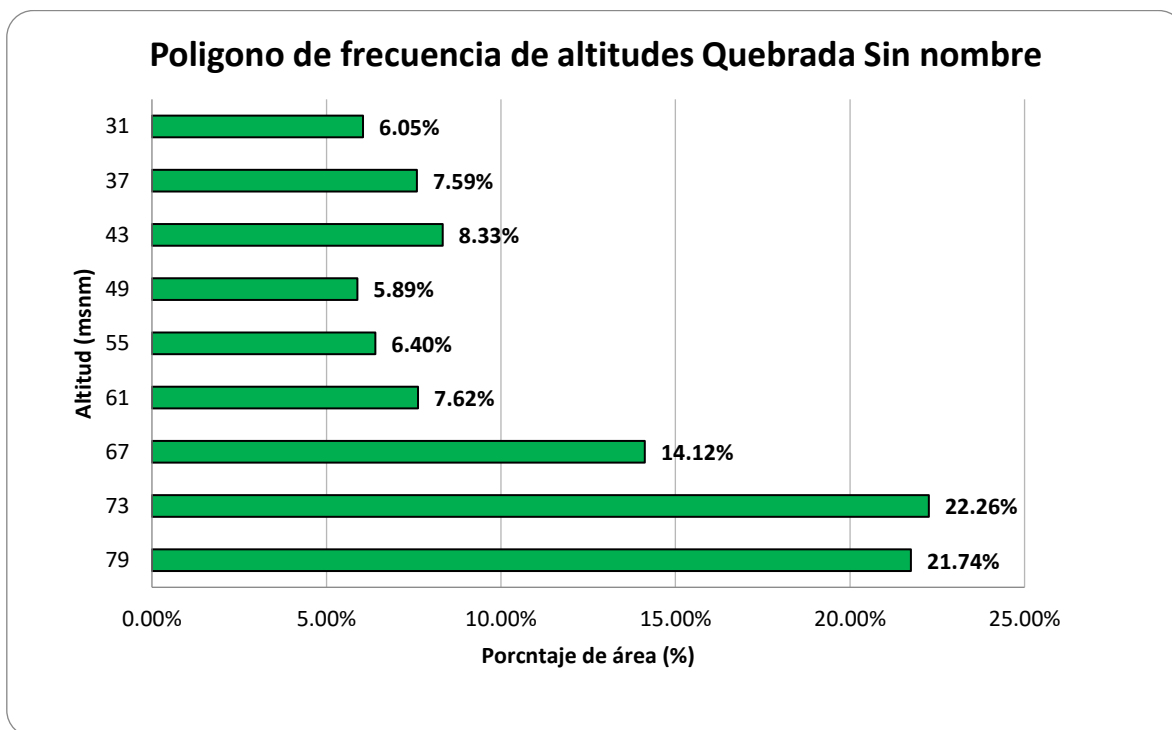
Cuenca	Clasificación
Quebrada sin nombre	Río maduro, refleja una cuenca en equilibrio.

Gráfica 1. Curva Hipsométrica de la cuenca.



Fuente: Grafica elaborada por el consultor con datos de salida de ARCGIS. Este estudio 2024.

Gráfica 2. Polígono de frecuencias de altitudes de la cuenca.



Fuente: Grafica elaborado por el consultor con datos de salida de ARCGIS. Este estudio 2024.

Tabla 13. Curvas de nivel de la cuenca.

CURVAS CARACTERÍSTICAS DE UNA CUENCA									
CUADRO DE ÁREAS ENTRE CURVAS DE NIVEL									
N°	COTA (msnm)			Área (km ²)					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	31	36	33.5	0.029375	0.03	0.49	6.05%	100.0	0.98
2	37	42	39.5	0.036875	0.07	0.46	7.59%	94.0	1.46
3	43	48	45.5	0.04046875	0.11	0.42	8.33%	86.4	1.84
4	49	54	51.5	0.02859375	0.14	0.38	5.89%	78.0	1.47
5	55	60	57.5	0.03109375	0.17	0.35	6.40%	72.1	1.79
6	61	66	63.5	0.03703125	0.20	0.32	7.62%	65.7	2.35
7	67	72	69.5	0.06859375	0.27	0.28	14.12%	58.1	4.77
8	73	78	75.5	0.108125	0.38	0.21	22.26%	44.0	8.16
9	79	85	82.0	0.105625	0.38	0.21	21.74%	44.0	8.66
				0.4858			100%		31.49
ALTITUD MEDIA DE LA CUENCA (m.s.n.m.)									65.05

Fuente: Tabla elaborado por el consultor con datos de salida de ARCGIS. Este estudio 2024.

17. CARACTERÍSTICA DEL SISTEMA DE DRENAJE

17.1. 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 sin nombre es de 1.08 Km desde su nacimiento hasta el sitio de desfogue con otra quebrada sin nombre.

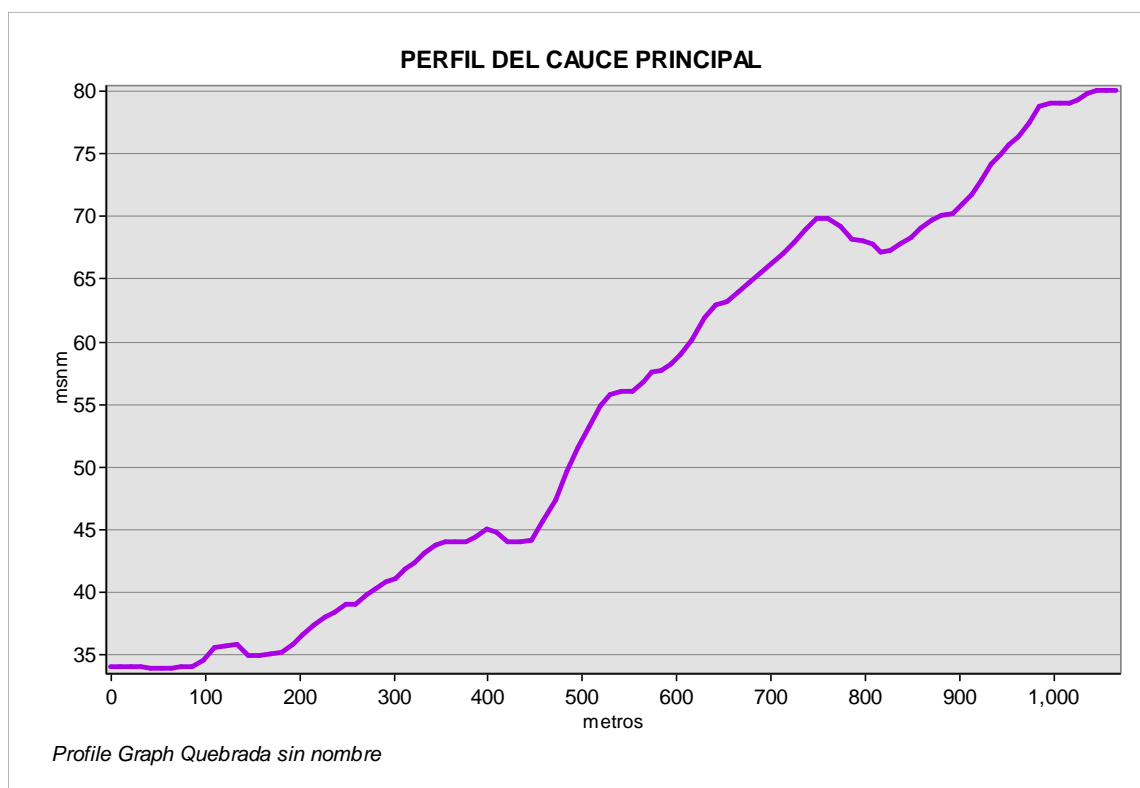
Cuenca	Longitud (km)
Quebrada sin nombre	1.08

17.2. 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, y disminuye la velocidad, por lo que la carga material transportada cambia de gruesa a fina.

Gráfica 3. Perfil Longitudinal del cauce.



Fuente: Grafica elaborado por el consultor con datos de salida de ARCGIS. Este estudio 2024.

Tabla 14. Parámetros red hidrográfica de una cuenca.

PARÁMETROS RED HIDROGRÁFICA DE UNA CUENCA			
PARÁMETROS		UNIDAD DE MEDIDA	Cuenca Hidrográfica
Parámetros de la red hidrográfica de la cuenca	Tipo de corriente		-
	Número de orden de los ríos	Orden 1	-
		Orden 2	-
		Orden 3	-
		Orden 4	-
		Orden 5	-
		Orden 6	-
		N° Total de ríos	1
		Grado de ramificación	2
	Frecuencia de densidad de los ríos (Dr)		ríos/km2
	Cotas del cauce principal	Altitud máxima (Hmax)	msnm
		Altitud mínima (Hmin)	msnm
	Pendiente media del río principal (Sm)		m/m
	Altura media del río principal (H)		msnm
	Tiempo de concentración (Tc)		horas

Fuente: Cuadro elaborado por el consultor con datos de salida de ARCGIS. Este estudio 2024.

17.3. 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 sin nombre	89

17.4. Cota en la confluencia con el sitio de estudio (m.s.n.m.)

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 en el sitio de estudio (m.s.n.m.)
Quebrada sin nombre	37

17.5. Pendiente media del cauce.

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

$$Pm = \frac{Hmax - Hmin}{L} * 100$$

$$Pm = \frac{80\text{ m} - 37\text{ m}}{1080\text{ m}} = 0.040 * 100$$

$$Pm = 4\%$$

Dónde:

Pm: pendiente media

Hmax: cota máxima

Hmin: cota mínima

L: longitud del cauce

Cuenca	Pendiente media de los cauces (%)
Quebrada sin nombre	4

17.6. 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 sin nombre
kirpich	0.2436 horas = 14.61 minutos

Donde:

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

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

18. DETERMINACIÓN DE CAUDAL DE DISEÑO.

18.1. Método Racional para caudales máximos.

El área de drenaje para estimar el caudal hidrológico de la quebrada sin nombre hasta el punto de interés tiene una superficie de 48.4 hectáreas, y el Manual de Requisitos y Normas Generales actualizadas para la revisión de Planos, permite dentro de sus parámetros recomendados para el diseño del sistema de calles y drenajes pluviales de acuerdo a lo exigido en el Ministerio de Obras Públicas, usar la fórmula Racional hasta una superficie de drenaje de 250 has.

18.1.1 Descripción del modelo.

Para la determinación del caudal máximo, se utilizó el Método Racional.

$$Q = \frac{C * i * A}{360}$$

Donde:

Q = Caudal máximo instantáneo en m³/s.

C = Coeficiente de Escorrentía de la superficie de la cuenca bajo estudio.

I = Intensidad de la lluvia en mm/h.

A = Superficie de drenaje de la cuenca en has.

Para obtener el coeficiente de escorrentía se buscaron los valores recomendados por el MOP. El Ministerio de Obras Públicas exigirá la utilización de los siguientes valores de C

Tabla 15. Coeficientes de escorrentías.

C	0.85	Para diseños pluviales en áreas sub-urbanas y en rápido crecimiento
C	0.90-1.00	Para diseños pluviales en áreas urbanas deforestadas
C	1.00	Para diseños pluviales en áreas completamente pavimentadas

18.1.3. Cálculo del caudal hidrológico.

Tabla 16. Datos de la microcuenca quebrada sin nombre.

Área de drenaje	Ad	48.4 has
Longitud de la cuenca	$Lcuenca$	1.08 km
Punto más alejado	$Elev.$	80 m
Punto de interés	$Elev.$	37 m
Diferencia de elevación	ΔH	43 m
Pendiente	S	0.040 m/m

Tiempo de concentración de la cuenca se estima de la siguiente manera:

$$tc = \left(\frac{0.8886 * Lcuenca^3}{\Delta H} \right)^{0.385}$$

$$tc = \left(\frac{0.8886 * 1.08^3}{43} \right)^{0.385} = 0.2455 \text{ horas} = 14.73 \text{ minutos}$$

La intensidad de lluvia se estimará utilizando las fórmulas, tomadas de las curvas Intensidad-Duración y frecuencia de la Ciudad de Panamá para la vertiente del Pacífico, según el Manual de aprobación de planos, publicado por el Ministerio de Obras Públicas.

Donde:

- Intensidad para 10 años $i = \frac{323}{36+Tc}$
- Intensidad para 50 años $i = \frac{370}{33+Tc}$
- Intensidad para 100 años $i = \frac{445}{37+Tc}$

$$i = \frac{445}{37 + 14.73} = 8.6 \frac{plg}{hr} = 218.44 \text{ mm/hr}$$

Con $Tc = 14.73$ min y la curva IDF, obtenemos la siguiente intensidad para un periodo de retorno de 100 años de 218.44 mm/hr.

En este caso escogemos el coeficiente de escorrentía de 0.85 de acuerdo al área del proyecto. La pendiente es de 0.040 m/m, para el cauce de la quebrada sin nombre. Se obtuvo un tiempo de concentración de 0.2455 horas.

Con la fórmula del método racional obtenemos el caudal siguiente:

$$Q = \frac{C * i * A}{360}$$

$$Q = \frac{0.85 * 218.44 * 48.4}{360}$$

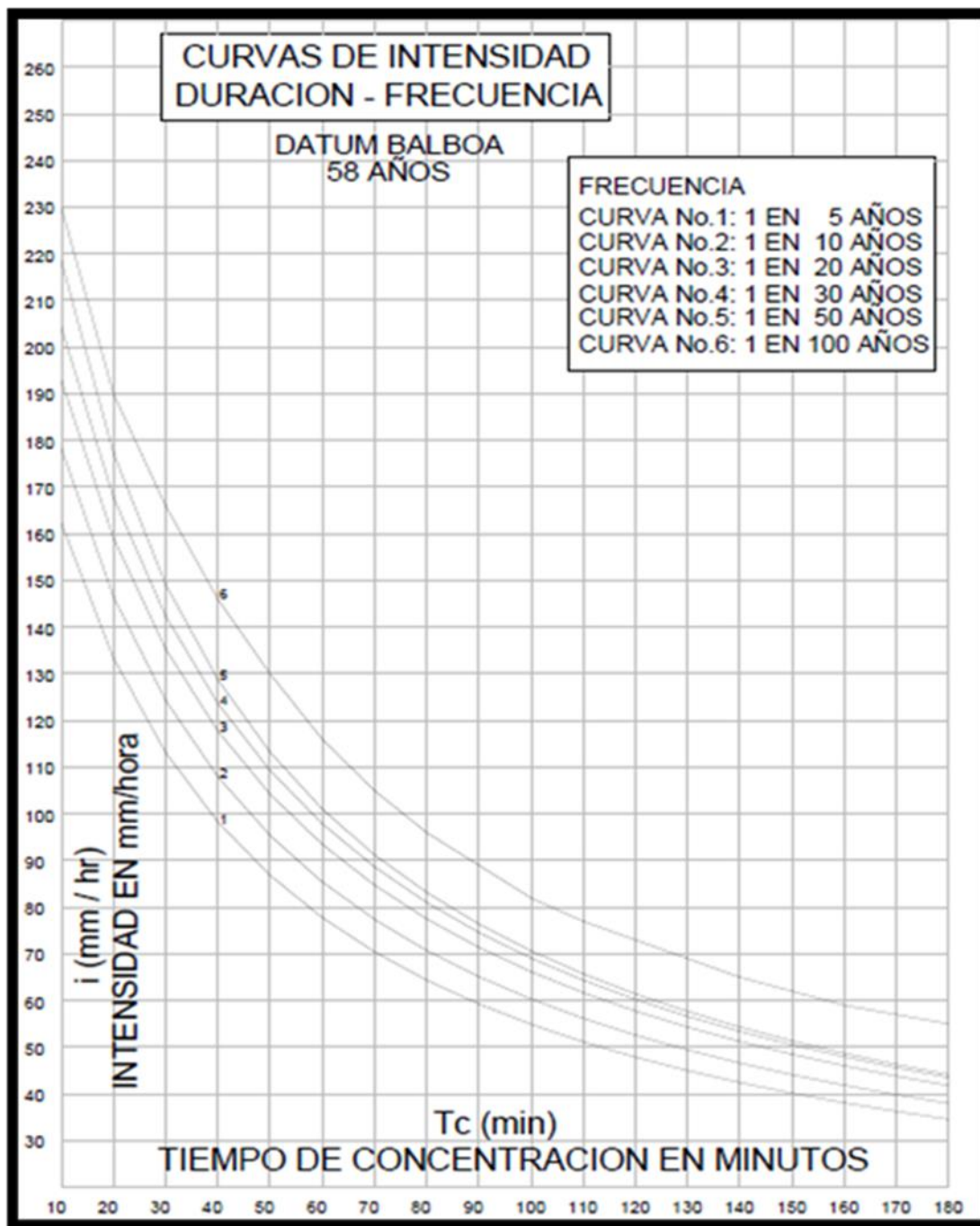
$$Q = 24.96 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabla 17. Resultados del análisis por el método Racional.

Tabla de Resultados del Caudal				
Periodo de retorno	Tr	100	Años	
Tiempo de concentración	Tc	14.73	Min	
Coeficiente de escorrentía	C	0.85	Áreas sub-urbana y en rápido crecimiento	
Caudal hidrológico máximo	Q	24.96	m ³ /s	

Para obtener el periodo de retorno de 100 años se utilizaron las curvas IDF de la figura 16 brindadas por el MOP, La curva No. 6.

Figura No. 16. Curvas IDF.



Fuente: Manual de Revisión de Planos, MOP.

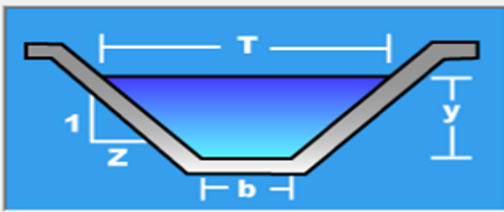
19. ESTIMACIÓN DE VALORES HIDRÁULICO.

En la siguiente tabla se muestran los diseños para la adecuación del cauce de la quebrada sin nombre de así requerirlo. Para caudales máximos de crecida ordinaria, el tirante de crecida es de 1.305 metros desde el nivel de fondo de la sección estimada para la quebrada sin nombre las terracerías óptimas recomendadas deben estar a dos metros por encima del nivel de tirante de agua.

Pero dentro del Cauce de la quebrada sin nombre y el área de protección forestal no se realizará ninguna obra en cauce.

Fórmulas utilizadas para resultados hidráulicos.	
Tirante normal (Yn)	$T = b + 2zy$
Área hidráulica	$A = y(b + zy)$
Espejo de agua	$T = b + 2zy$
Perímetro mojado	$P = b + 2y(1 + z^2)^{1/2}$
Radio Hidráulico	$R = A/P$
Profundidad hidráulica	$D = A/T$
Velocidad media	$V = Q/A$
Número de Froude	$F = V/(gD)^{1/2}$

Tabla 18. Datos de resultado de diseño de la sección hidráulica.

Sección Hidráulica para Caudal Hidrológicos Máximos					
Datos			Diseño del Canal		
Caudal (Q)	24.96	m³/s			
Ancho de Base	6	m			
Talud (Z)	1				
Rugosidad (n)	0.035				
Pendiente (S)	0.04	m/m			
Resultados					
Tirante (Yn)	0.8	m	Perímetro mojado (p)	8.263	m
Profundidad Hidraulica	0.716	m	Constante k	1	
Área hidráulica (A)	5.44	m²	Radio hidráulico (R)	0.658	m
Espejo de agua (T)	7.6	m	Velocidad media (v)	4.587	m/s
Número de Froude (F)	1.731		Aceleración de grav.	9.81	m/s²
Tipo de Flujo	Supercrítico		Quebrada sin nombre		

Fuente: Resultados calculados. Este estudio 2024

20. CONCLUSIONES.

Se determinaron y definieron las características hidrográficas que interviene el área de estudio tales como la fuente hídrica, hidrometría; dentro de la hidrometría se realizó una descripción climática del sitio y una descripción geomorfológica.

En el análisis se identificaron una fuente hídrica, denominada quebrada sin nombre la misma no será intervenida sobre todo su cauce y mantendrá la servidumbre hídrica al igual que el margen de protección forestal sobre su ribera, tal como lo dictamina las normas ambientales de Panamá.

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.

La demarcación del área de drenaje pluvial hasta sitio de intervención se dio de acuerdo a la topografía del sitio y el caudal de diseño se calculó mediante Método Racional.

21. BIBLIOGRAFÍA.

- Ministerio de Ambiente (2010). Atlas Ambiental de la República de Panamá.
- Mapa hidrogeológico de Panamá. Publicado por la empresa de transmisión eléctrica (1999).
- IMHPA. Información meteorológica, operada por el Instituto de Meteorología e Hidrología de Panamá. (2023).
- Datos portal web Aquarius de la Autoridad del Canal de Panamá.
- Contraloría General de la República de Panamá. Datos de la dirección de estadística y censo de Panamá.
- Anuario Hidrológico 2021 de la Autoridad del Canal de Panamá.
- Herramienta informática de sistema de información geográfica ARCGIS PRO.