



2024

**ESTUDIO HIDROLÓGICO
QUEBRADA NARANJAL
PROYECTO LOTIFICACIÓN VILLAS DEL LAGO**

CUENCA NO. 138 RÍOS ENTRE EL ANTÓN Y CAIMITO

**ELABORADO A SOLICITUD DE:
CAPISUCIA, S.A.**

Corregimiento El Espino, Distrito de San Carlos, 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 Y DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO..... | 2 |
| Tabla 1. Coordenadas de la Ubicación del Polígono 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 entre el Antón y el Caimito..... | 6 |
| 4.1.2. Quebrada Naranjal..... | 6 |
| Mapa 2. Área de drenaje. | 7 |
| Mapa 3. Hidrología del Proyecto. | 8 |
| 5. IDENTIFICAR SI EL PROYECTO ESTÁN DENTRO DE ALGUNA ÁREA PROTEGIDA..... | 9 |
| 6. GEOLOGÍA..... | 10 |
| Tabla 2. Clasificación geológica..... | 10 |
| 7. TIPOS DE SUELOS..... | 10 |
| Mapa 4. Geología..... | 11 |
| 8. 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 |
| 9. DESCRIPCIÓN CLIMÁTICA DE LA CUENCA..... | 14 |
| 9.1. Clima Subecuatorial con estación seca prolongada. | 14 |
| 9.2. Zonas de vida según Holdridge..... | 15 |
| 9.2.1. Bosque Húmedo Premontano. | 15 |
| Mapa 6. Zonas de vida según Holdridge..... | 16 |
| 9.3. Distribución de la precipitación. | 17 |
| 9.4. Régimen pluviométrico por región (Pacífico). | 17 |
| 10. HIDROMETRÍA..... | 18 |
| 10.1. Si existe estación hidrológica..... | 18 |

| | |
|--|-----------|
| Tabla 4. Registros de caudales Río Antón. | 18 |
| 11. INFORMACIÓN BÁSICA. | 19 |
| 11.1. Información cartográfica existente..... | 19 |
| 11.2. Información meteorológica. | 19 |
| Mapa 7. Localización de estaciones meteorológicas..... | 20 |
| 11.3. Comportamiento climático del área de estudio..... | 21 |
| 11.3.1. Precipitación. | 21 |
| Tabla 5. Registro de Precipitación..... | 21 |
| 11.3.2. Temperatura Mensual. | 22 |
| 11.3.3. Viento..... | 23 |
| 11.3.4. Humedad Relativa..... | 24 |
| 11.3.5. Evaporación. | 25 |
| Tabla 6. Evaporación mensual. | 26 |
| Figura No. 10. Comportamiento de la temporada seca y lluviosa..... | 27 |
| 11.3.6. Temporada seca..... | 27 |
| 11.3.7. Período lluvioso. | 27 |
| 12. BALANCE HIDRICO DE SUELOS. | 28 |
| Tabla 7. Balance Hídrico de suelos para la cuenca. | 28 |
| Mapa 8. Hidrogeología..... | 29 |
| 13. HIDROGEOLOGÍA. | 30 |
| 14. GEOMORFOLOGÍA DE LA QUEBRADA NARANJAL. | 30 |
| 15. PARÁMETROS FÍSICOS DE LA CUENCA. | 31 |
| 15.1. Área de drenaje de la cuenca. | 31 |
| 15.2. Perímetro de la cuenca. | 32 |
| 15.3. Área de la cuenca..... | 32 |
| 15.4. Ancho de la cuenca. | 33 |
| 15.5. Longitud recta de la cuenca. | 33 |
| 16. PARÁMETROS DE FORMA DE LA CUENCA. | 33 |
| 16.1. Índice de compacidad o índice de Gravelius. | 33 |
| Tabla 8. Índice de compacidad para la evaluación de forma..... | 34 |
| 16.2. Índice de Gravelius de la cuenca. | 34 |

| | |
|---|----|
| 16.3. Factor de Forma (Kf). | 34 |
| Tabla 9. Clasificación del factor de forma. | 35 |
| 16.4. Factor de forma cuenca. | 35 |
| 16.5. Índice de alargamiento. | 36 |
| Tabla 10. Clasificación de Índice de alargamiento | 37 |
| 16.6. Índice de alargamiento cuenca..... | 37 |
| 17. CARACTERÍSTICA DE RELIEVE DE LA CUENCA..... | 37 |
| 17.1. Pendiente media de la cuenca..... | 37 |
| Tabla 11. Clasificación de las cuencas de acuerdo con la pendiente..... | 38 |
| Tabla 12. Parámetros fisiográficos de la Quebrada Naranjal. | 39 |
| 17.2. Curva Hipsométrica..... | 39 |
| 17.3. Curva hipsométrica de la cuenca..... | 40 |
| Gráfica 1. Curva Hipsométrica de la cuenca. | 41 |
| Gráfica 2. Polígono de frecuencias de altitudes de la cuenca. | 41 |
| Tabla 13. Curvas de nivel de la cuenca. | 42 |
| 18. DETERMINACIÓN DE CAUDAL..... | 42 |
| 18.1. Método de Trasposición de caudales. | 42 |
| Tabla 14. Caudales promedio mensuales. | 43 |
| Tabla 15. Datos de la cuenca quebrada sin nombre..... | 44 |
| 19. CONCLUSIONES..... | 45 |
| 20. BIBLIOGRAFÍA. | 45 |

1. INTRODUCCIÓN.

El presente estudio hidrológico para el proyecto de lotificación Villas del Lago, ha sido desarrollado a solicitud de CAPISUCIA, S.A. para la venta de lotes en 18 hectáreas. 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 Naranja, el cual sus cauces recorren dentro de 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. 138 Ríos entre el Antón el Caimito y de la quebrada Naranjal; incluyendo, localización y descripción general del área.

2. OBJETIVO DEL INFORME.

Presentar el estudio Hidrológico que evalúa la quebrada Naranjal 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 Naranjal.
- 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 Y DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.

La huella del proyecto a realizar sobre está ubicada en el corregimiento de El Espino, distrito de San Carlos, provincia de Panamá Oeste, el cual será desarrollado por la empresa Capisucia, S.A.

El corregimiento de El Espino tiene un área de 35.09 km² y limita al norte con el corregimiento de Los Llanitos, al este con el corregimiento de Guayabito, al oeste con el corregimiento El Higo y al sur con el corregimiento de Las Uvas.

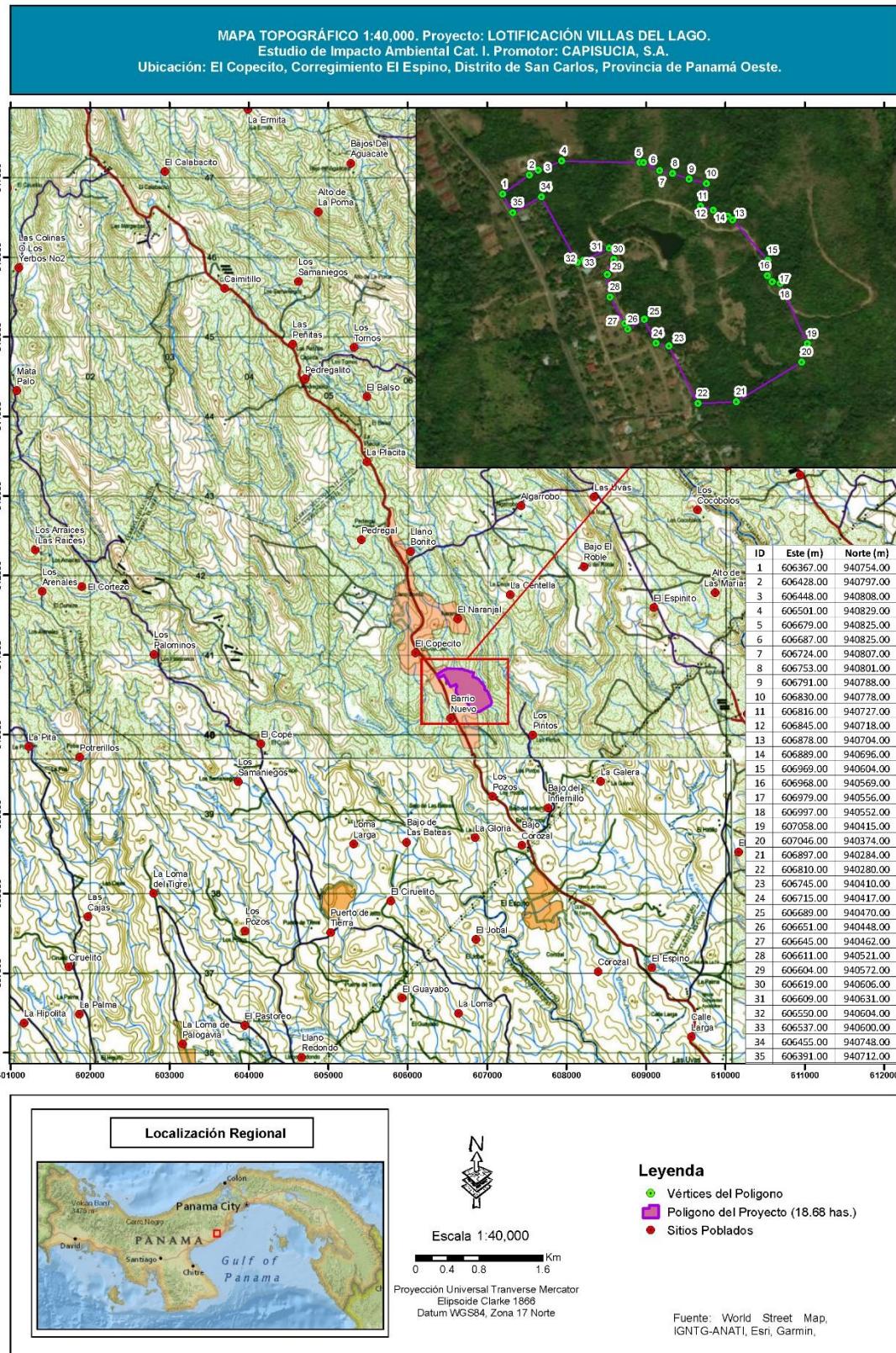
El proyecto consiste en lotes para venta y construcción de viviendas, sobre las 18 hectáreas que comprende la huella del proyecto.

Tabla 1. Coordenadas de la Ubicación del Polígono del proyecto.

| VERTICE | Este (m) | Norte (m) |
|---------|-----------|-----------|
| 1 | 606367.00 | 940754.00 |
| 2 | 606428.00 | 940797.00 |
| 3 | 606448.00 | 940808.00 |
| 4 | 606501.00 | 940829.00 |
| 5 | 606679.00 | 940825.00 |
| 6 | 606687.00 | 940825.00 |
| 7 | 606724.00 | 940807.00 |
| 8 | 606753.00 | 940801.00 |
| 9 | 606791.00 | 940788.00 |
| 10 | 606830.00 | 940778.00 |
| 11 | 606816.00 | 940727.00 |
| 12 | 606845.00 | 940718.00 |
| 13 | 606878.00 | 940704.00 |
| 14 | 606889.00 | 940696.00 |
| 15 | 606969.00 | 940604.00 |
| 16 | 606968.00 | 940569.00 |
| 17 | 606979.00 | 940556.00 |
| 18 | 606997.00 | 940552.00 |
| 19 | 607058.00 | 940415.00 |
| 20 | 607046.00 | 940374.00 |
| 21 | 606897.00 | 940284.00 |
| 22 | 606810.00 | 940280.00 |
| 23 | 606745.00 | 940410.00 |
| 24 | 606715.00 | 940417.00 |
| 25 | 606689.00 | 940470.00 |
| 26 | 606651.00 | 940448.00 |
| 27 | 606645.00 | 940462.00 |
| 28 | 606611.00 | 940521.00 |
| 29 | 606604.00 | 940572.00 |
| 30 | 606619.00 | 940606.00 |
| 31 | 606609.00 | 940631.00 |
| 32 | 606550.00 | 940604.00 |
| 33 | 606537.00 | 940600.00 |
| 34 | 606455.00 | 940748.00 |
| 35 | 606391.00 | 940712.00 |

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

Mapa 1. Localización Regional del Proyecto.



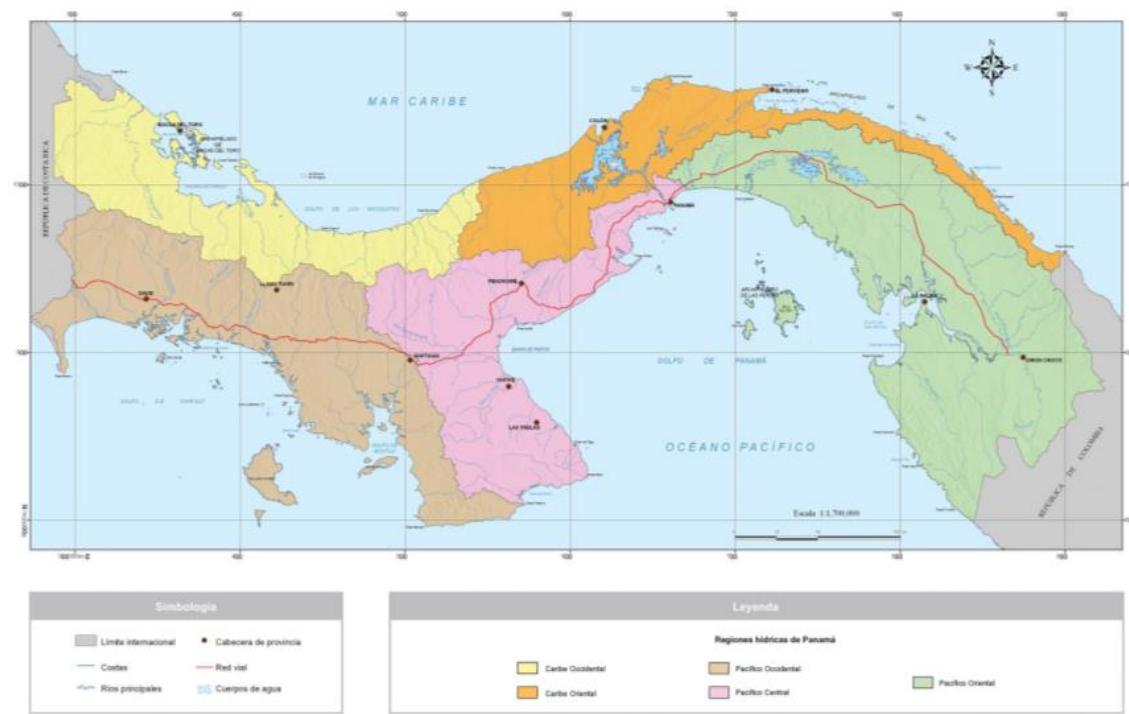
4. HIDROLOGÍA.

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 Naranjal, 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 ríos ente el Antón y el Caimito, designada con el número 138 según el Proyecto Hidrometeorológico 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 entre el Antón y el Caimito.

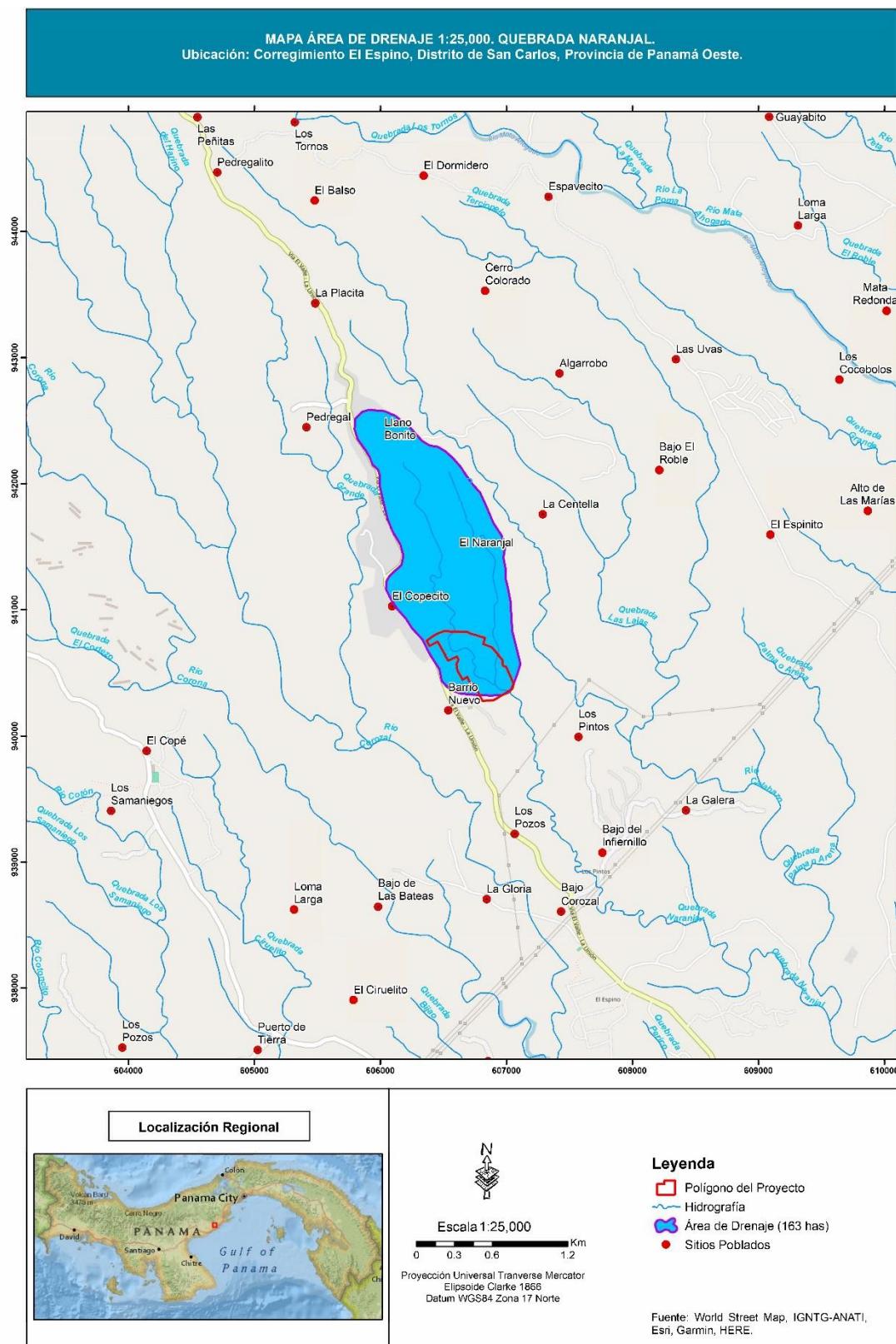
La cuenca 138 corresponde Ríos entre el Antón y Caimito, se sitúa en la vertiente del Pacífico, dentro de la provincia de Panamá Oeste y Coclé, ocupa una superficie de 1432 km², representando el 1.89% del territorio nacional. Y su río principal es el Chame. Sus límites naturales son: por el norte, con la cuenca de los ríos Indio y Chagres; por el sur, con el golfo de Panamá; por el este, con la cuenca del Río Caimito; y por el oeste, con la cuenca del Ríos Antón.

El Río Chame 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 cuenca 138 y recorre todo el distrito de Chame. Tiene una longitud de 40.93 km y su cuenca hidrográfica abarca 1432 km². Nace en el norte de Chame y recorre todo el distrito Chame de norte a sur, atravesando la Carretera Panamericana y los corregimientos de Sora, Buenos Aires, Cabuya, Nueva Gorgona y Chame, hasta su desembocadura en el Océano Pacifico. Tiene como afluentes a los ríos María y Las Dos Bocas.

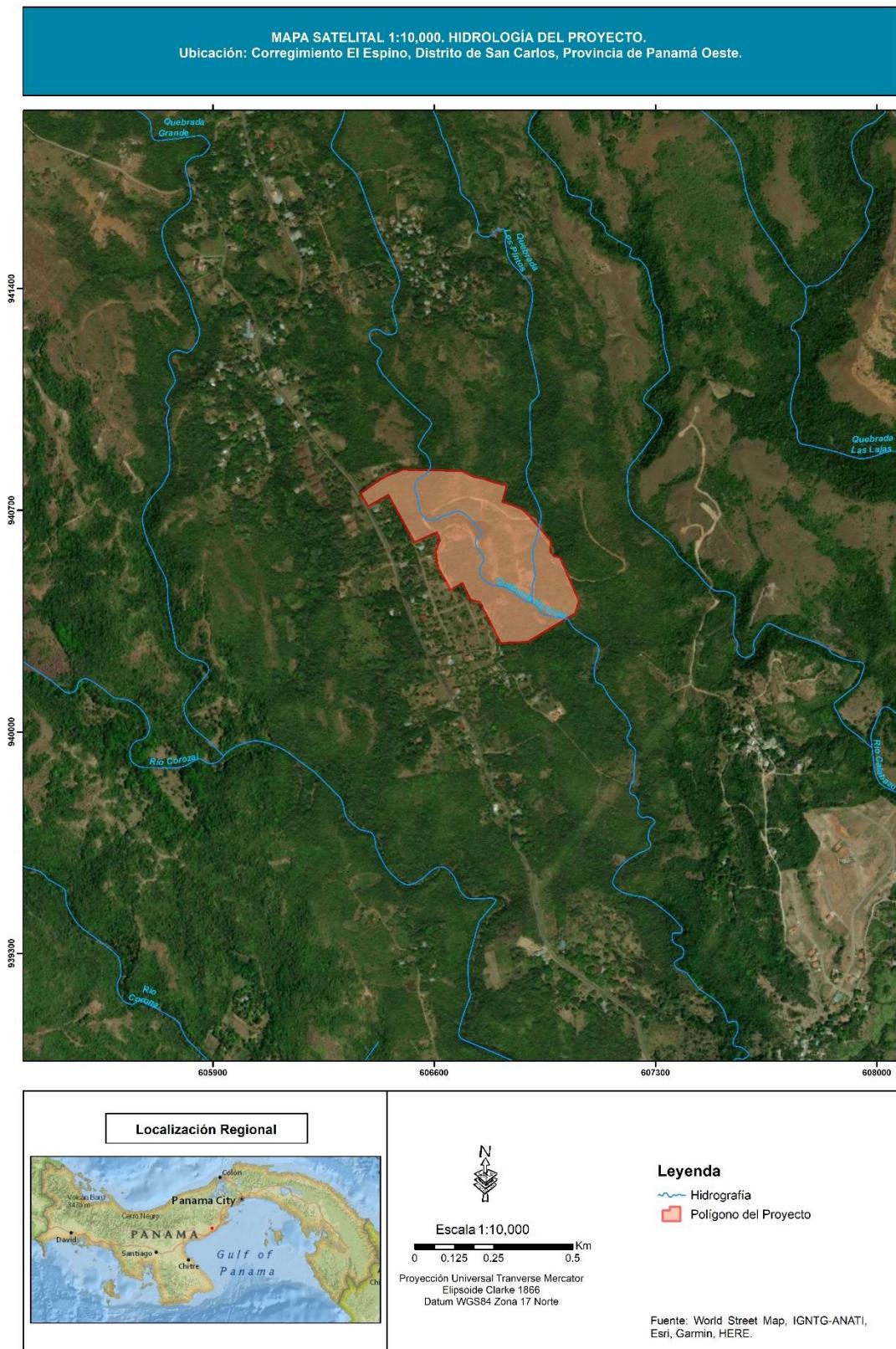
4.1.2. Quebrada Naranjal.

La quebrada Naranjal, es definida como una fuente hídrica de flujo permanente de orden uno, está localizada al noroeste de la provincia de Panamá Oeste, cuenta con un área de drenaje de 5.36 km² o 536.4 has, representando el 0.37 % del área de la cuenca 138 Ríos entre el Antón y Caimito. El cauce principal tiene una longitud de 8.26 kilómetros desde el punto más alto de su nacimiento hasta el sitio de desfogue con el Río Calabazo de flujo permanente. Posee tres afluentes tributarios de orden uno (quebrada los Pintos, y dos quebradas sin nombre. Además de una red de canales y drenajes pluviales de la zona urbana que escurren sus aguas hacia este cauce. El paisaje de esta microcuenca está dominado por tierras medianamente altas. El área de drenaje hasta el sitio de estudio es de 1.63 km² y el cauce principal tiene una longitud de 2.53 kilómetros desde el punto más alto de su nacimiento hasta el sitio de interés de estudio.

Mapa 2. Área de drenaje.



Mapa 3. Hidrología del Proyecto.

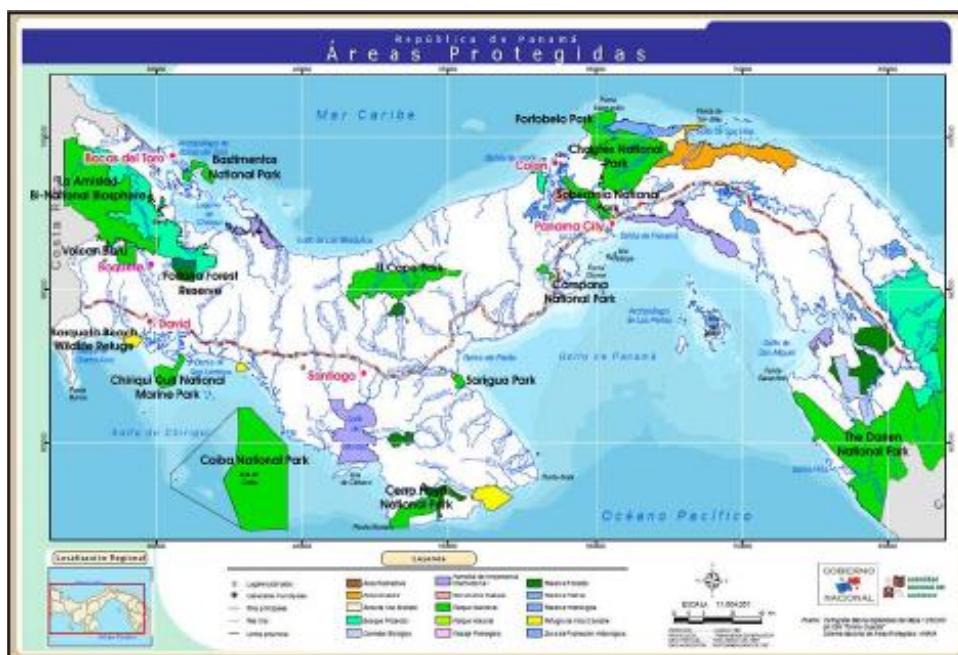


5. IDENTIFICAR SI EL PROYECTO ESTÁ DENTRO DE ALGUNA ÁREA PROTEGIDA.

Las áreas protegidas son sitios que poseen gran riqueza natural, económica, cultural y son clave para la investigación científica. Están regulados por normativas que velan por su conservación y que, dependiendo de su clasificación, permiten que se realicen actividades que no alteren los recursos naturales que las integran. En Panamá hay cerca de 90 áreas protegidas, de las cuales 17 son parques nacionales.

Panamá cuenta con un robusto Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP), que abarcan aproximadamente 32% de área terrestre y 12% de áreas marinas del territorio nacional, como se muestra en la siguiente imagen. De acuerdo a lo mostrado en la Figura 2 y al listado de Áreas Protegidas de la República de Panamá, la zona del proyecto no se ubica dentro de ninguna de estas áreas protegidas, por lo que se cumple con lo planteado por el Ministerio de Ambiente en el artículo 4 de la resolución No. DM 0431-2021 (de 16 de agosto 2021) como “Requisitos para la autorización de obras en cauces naturales en la República de Panamá”.

Figura No 2. Áreas Protegidas en Panamá.



Fuente: Atlas Ambiental de Panamá. 2010.

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 Río Hato; roca de origen volcánico, Volcanismo de la época de mioceno medio y superior, periodo terciario.

Tabla 2. Clasificación geológica.

| Clasificación geológica del área de estudio | | | | | |
|---|-----------|---------|--|-------------------------|-----|
| Geología | | | | | |
| Grupo | Formación | Símbolo | Significado | Área (km ²) | % |
| Aguadulce | Río Hato | QR-Aha | Conglomerado, areniscas, lutitas, tobas, areniscas no consolidadas, poméz. | 1.63 | 100 |
| TOTAL | | | | 1.63 | 100 |

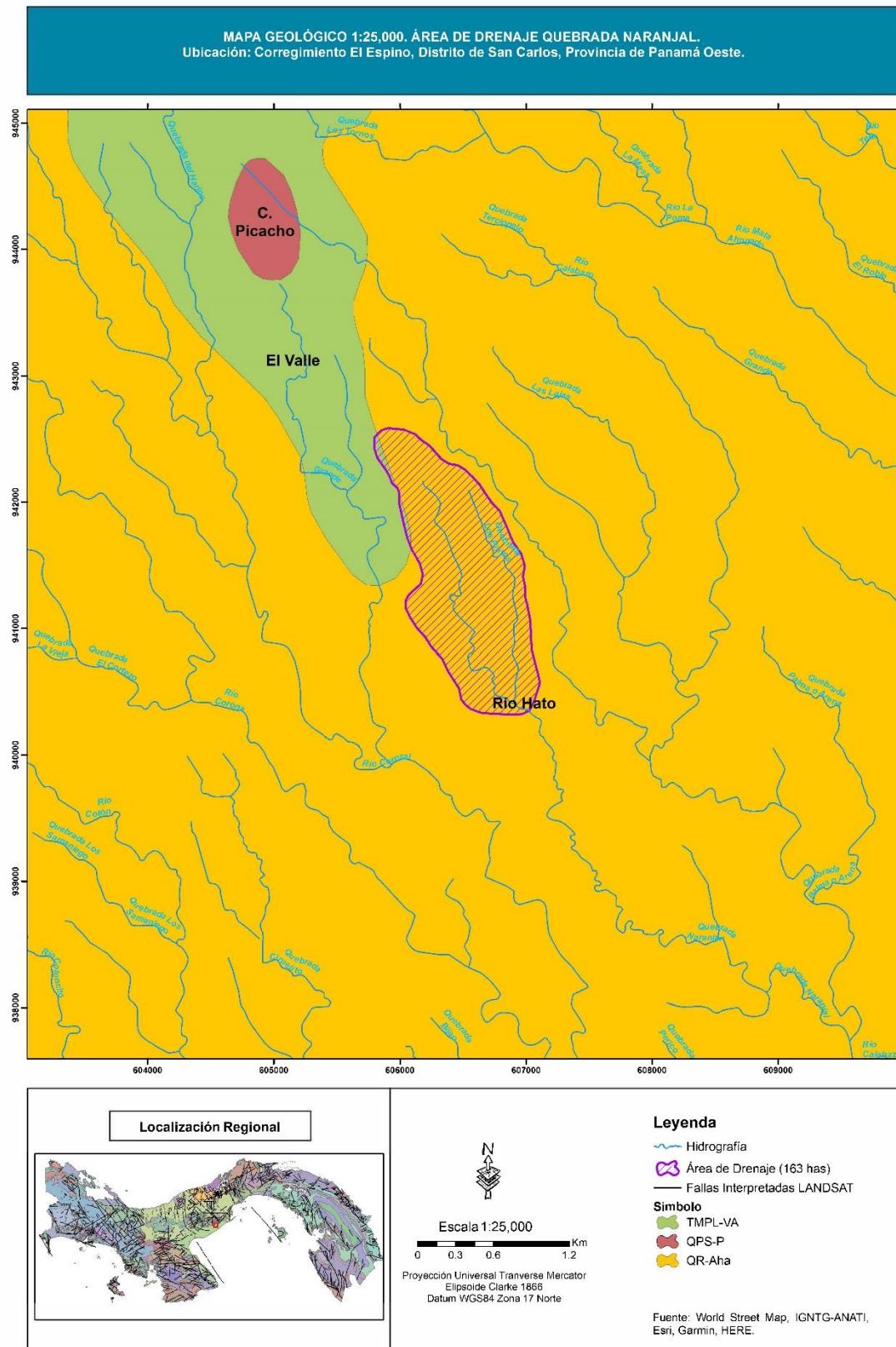
Fuente: Tabla generada por el consultor con datos de salida de ARCGIS. Este estudio 2024.

7. TIPOS DE SUELOS.

Los suelos de área en donde se ubican la microcuenca de la quebrada Naranjal, 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 endopiedión 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.

Mapa 4. Geología.



8. 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 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.

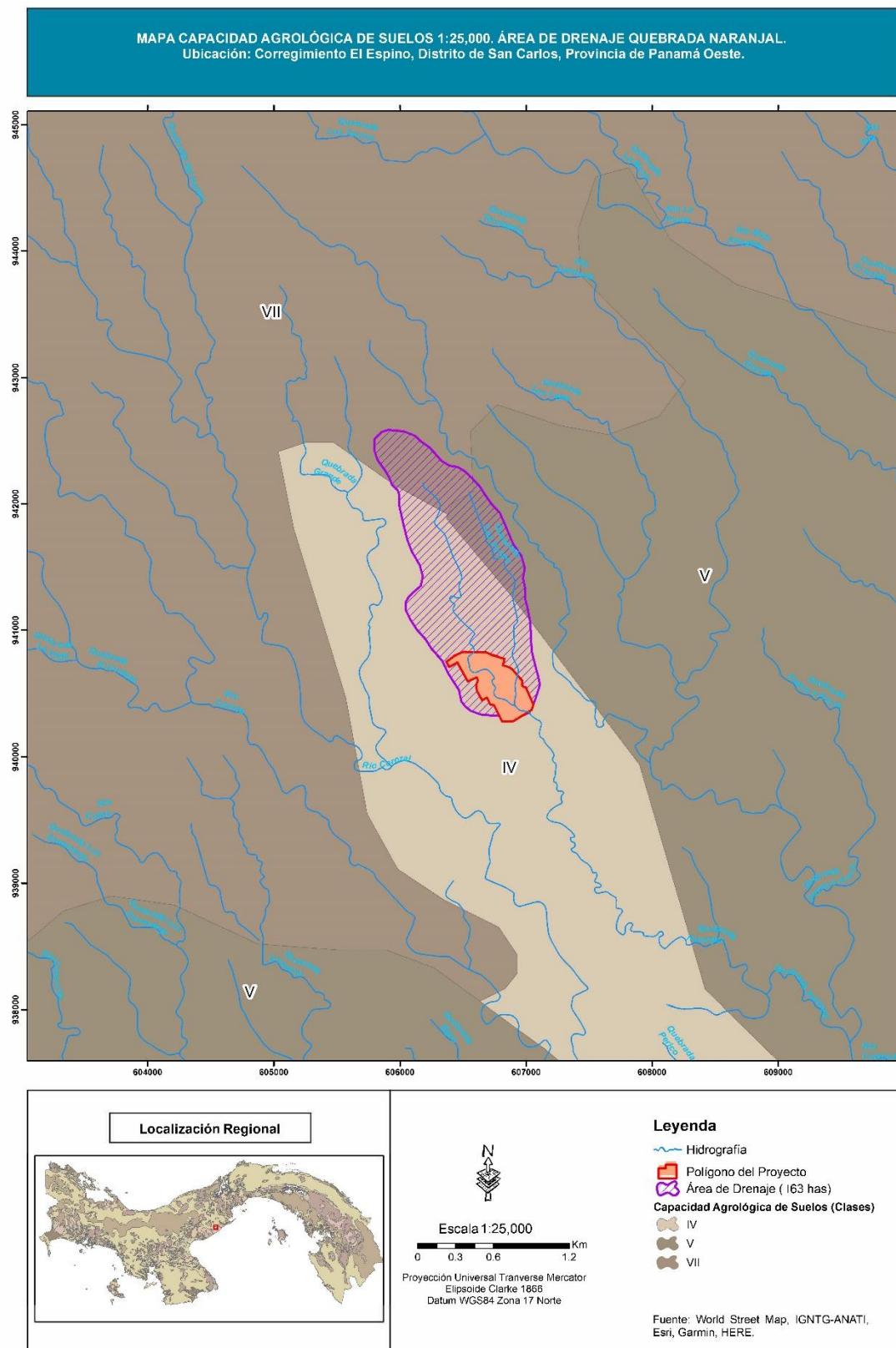
La capacidad agrologica de suelos para el área en donde se ubica la quebrada Naranjal se clasifica en tres clases según su capacidad de uso (ver tabla 3).

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

| Nomenclatura | Clasificación | Área (km ²) | % |
|--------------|--|-------------------------|-----|
| IV | Arable, muy severas limitaciones en la selección de las plantas, requiere manejo muy cuidadoso o ambas | 1.06 | 65 |
| V | No arable, poco riesgo de erosión, pero con otras limitaciones, apta para bosques y pastos. | 0.28 | 17 |
| VII | No arable, con limitaciones muy severas apta para bosques, pastos, tierras de reservas. | 0.29 | 18 |
| TOTAL | | 1.63 | 100 |

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

Mapa 5. Capacidad agrologica.



9. DESCRIPCIÓN CLIMÁTICA DE LA CUENCA.

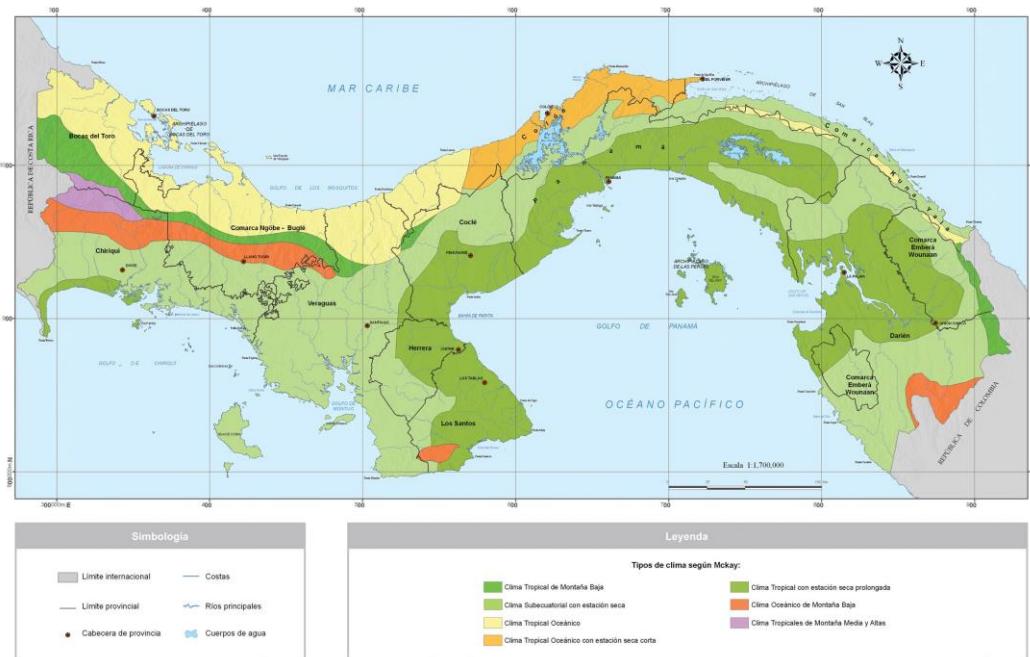
El clima del área está determinado por la localización geográfica, la altura sobre el nivel del mar, el relieve y la extensión territorial. Para la clasificación climática se utilizó el sistema de Alberto McKay y Holdridge, teniendo en cuenta las características pluviométricas y térmicas del área de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

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:

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

9.2.1. Bosque Húmedo Premontano.

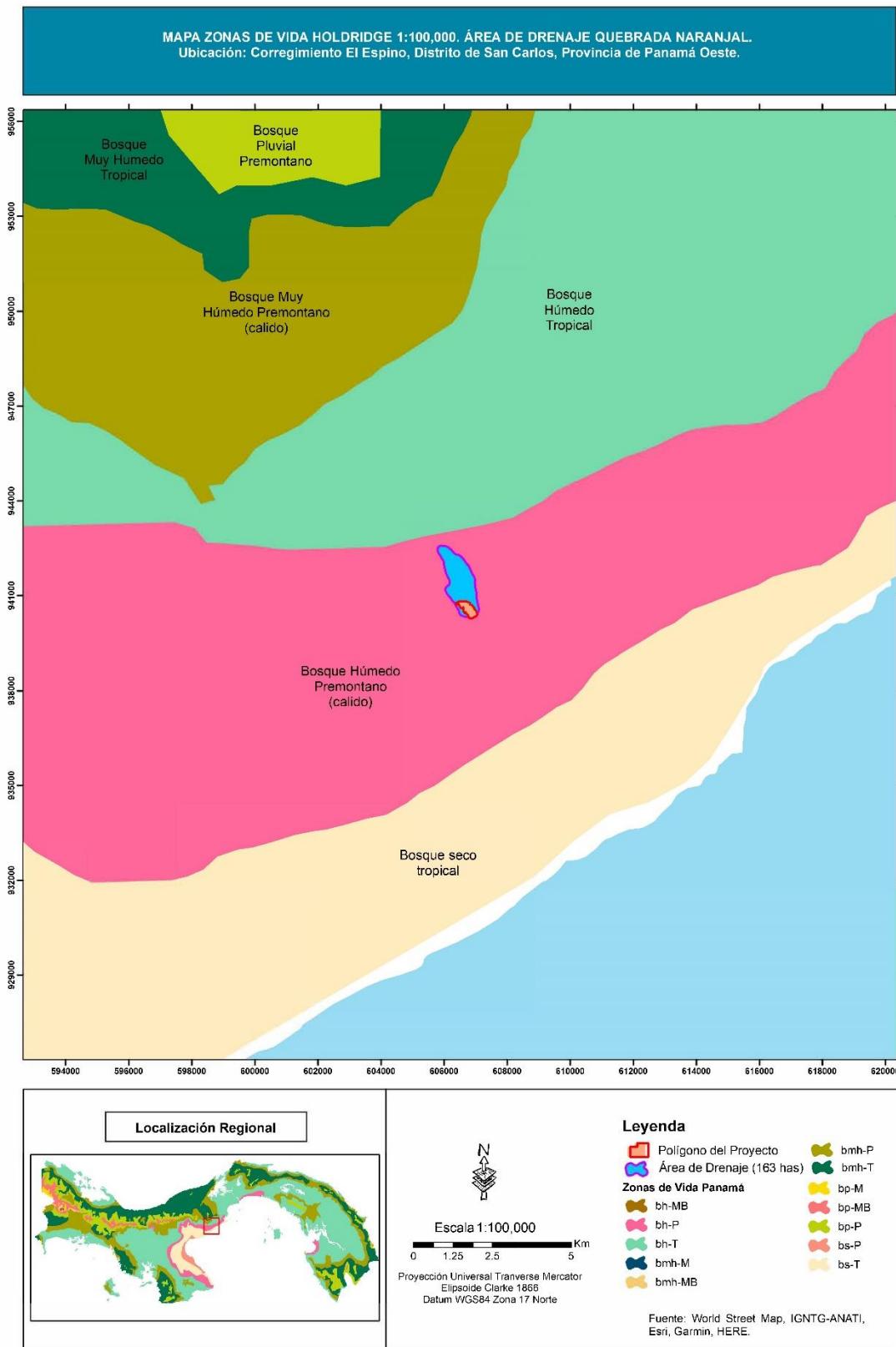
Ocupa una mediana área en Panamá, alcanzando 2,296.6 km² o sea el 3.07 % del territorio nacional. Sus temperaturas oscilan entre los 24 °C y su nivel de precipitación anual va de los 1450 a 2000 mm. Esta zona bioclimática es considerada como la más favorable para el desarrollo diversificado de cultivos permanentes y de pastizales, debido a la abundante precipitación que cae casi todos los meses del año con un período seco poco marcado durante los meses de febrero y marzo.

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

| Zona de vida | Siglas ^a | 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 |

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

Mapa 6. Zonas de vida según Holdridge.



9.3. Distribución de la precipitación.

En la cuenca hidrográfica 138 Ríos entre el Antón y 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 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 2259.4 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, en el mes de junio. El período entre diciembre y abril corresponde a la temporada seca.

Para el área en estudio la precipitación es de 1804 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 53 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).

9.4. 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 lluvioso; 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 atmosférico bien organizados, como las ondas y ciclones tropicales (depresiones, tormentas tropicales y huracanes).

10. HIDROMETRÍA.

10.1. Si existe estación hidrológica.

Dentro de la quebrada Naranjal no existen estaciones hidrológicas, pero la misma pertenece a la cuenca 138, pero su cercanía con la cuenca 136 que, si cuenta con estación hidrológica por lo que se tienen registros históricos de caudales máximos mensuales y caudales mínimos mensuales del río Antón.

Tabla 4. Registros de caudales Río Antón.

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  | EMPRESA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA , S. A. | | | | | | | | | | | |
| Latitud 08° 24' 00" | Dirección de Hidrometeorología | | | | | | | | | | | |
| Longitud 80° 15' 00" | Gerencia de Hidrología | | | | | | | | | | | |
| Área de Drenaje= 36.7 Km ² | Caudales Promedios Mensual , m ³ /s | | | | | | | | | | | |
| | Estación Hidrológica Antón, Interamericana | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

11. INFORMACIÓN BÁSICA.

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

- Información cartográfica existente
- Información 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.

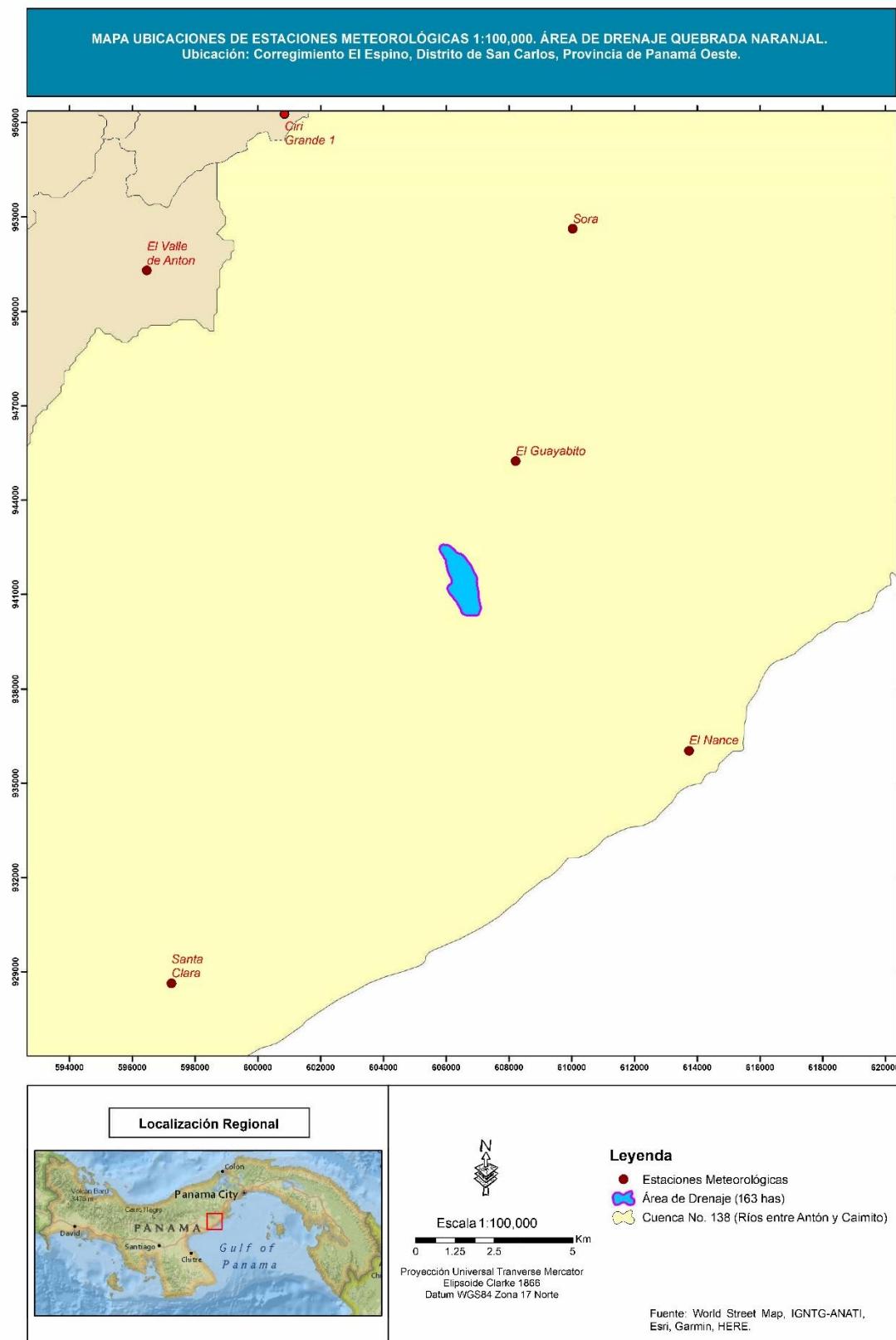
Además, se utilizó datos suministrados, por sistema de información geográfica (ARCGIS), así como para levantar polígonos de área de drenaje e isoyetas de precipitación de la cuenca y características morfométricas de la cuenca; para definir la superficie de drenaje, longitud del cauce y otras.

11.2. Información meteorológica.

El área en donde se encuentra la cuenca de la quebrada sin nombre en donde se ubica la huella del proyecto del solicitante de este estudio, cuenta dentro de su área con estaciones de medición de precipitación, pero por estar además de ubicada dentro de la cuenca hidrográfica de Río entre el Antón y Caimito (138), 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 Naranjal objeto de este estudio hidrológico. La Estación El Guayabito, es la más representativa del área, operada por la Empresa de Transmisión Eléctrica (ETESA).

Mapa 7. Localización de estaciones meteorológicas.



11.3. Comportamiento climático del área de estudio.

Para el presente estudio se tomó en consideración los datos meteorológicos de las Estación de El Guayabito, la cual es la más representativa del área, operada por la Empresa de Transmisión Eléctrica (ETESA). La misma se encuentra localizada: Estación El Guayabito 8° 33' 00" N y -80° 01' 00" O, a una altura sobre el nivel medio del mar de 220 metros. Para el estudio se consideró un período de registro de 28 años. Y para los datos de temperatura, velocidad del viento, humedad relativa y evaporación se utilizaron datos de la estación Antón 8° 23' 00" N y -80° 16' 00" O, a una altura sobre el nivel medio del mar de 33 metros con periodo de registro de 55 años.

11.3.1. Precipitación.

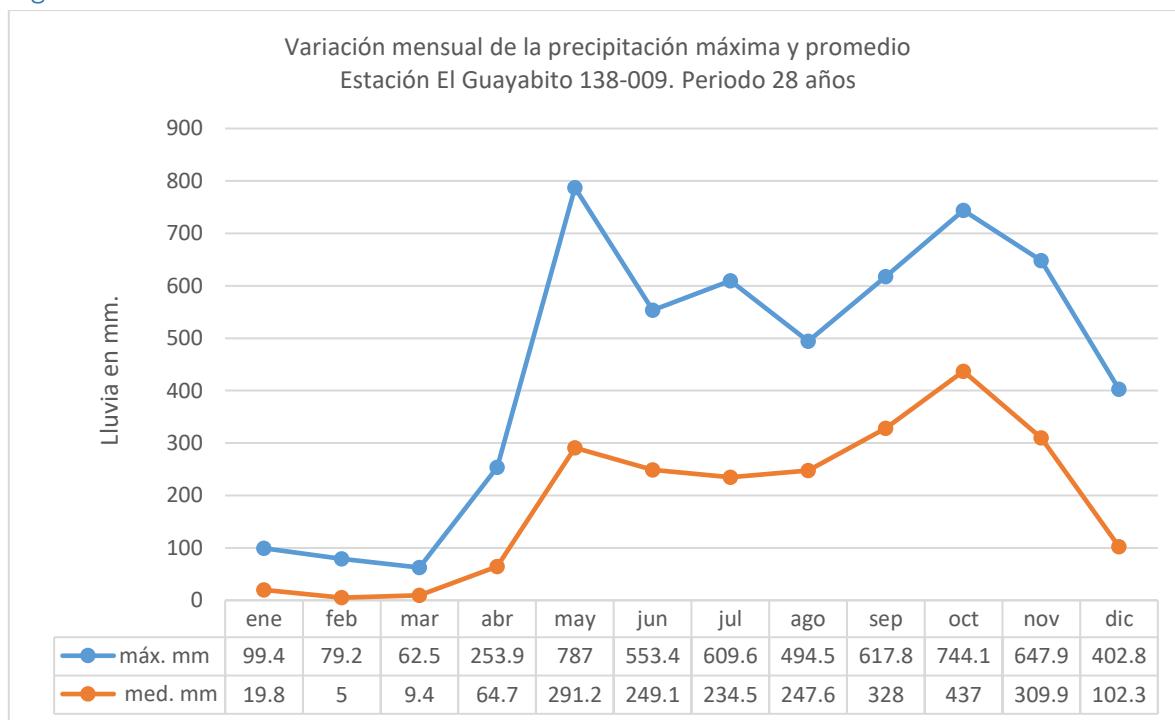
La estación meteorológica cercana corresponde a El Guayabito registrada como 138 - 009 esta se encuentra a una elevación 220 msnm. De acuerdo a estos registros las precipitaciones anuales promedios son 191.5 mm, las precipitaciones máximas suelen registrarse en agosto con un máximo registrado de 787 mm y las precipitaciones mínimas suelen registrarse en febrero con un mínimo registrado de 62.5 mm. (Ver tabla 5).

Tabla 5. Registro de Precipitación.

| Precipitación Mensual | | |
|-----------------------|----------------------|----------------------|
| Estación El Guayabito | | |
| Mes | Lluvia Promedio (mm) | Lluvia máxima (mm) |
| Enero | 19.8 | 99.4 |
| Febrero | 5.0 | 79.2 |
| Marzo | 9.4 | 62.5 |
| Abril | 64.7 | 253.9 |
| Mayo | 291.2 | 787.0 |
| Junio | 249.1 | 553.4 |
| Julio | 234.5 | 609.6 |
| Agosto | 247.6 | 494.5 |
| Septiembre | 328.0 | 617.8 |
| Octubre | 437.0 | 744.1 |
| Noviembre | 309.9 | 647.9 |
| Diciembre | 102.3 | 402.8 |
| Promedio Anual | 191.5 | Total= 5352.1 |

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

Figura No. 5. Histórico de Lluvias.



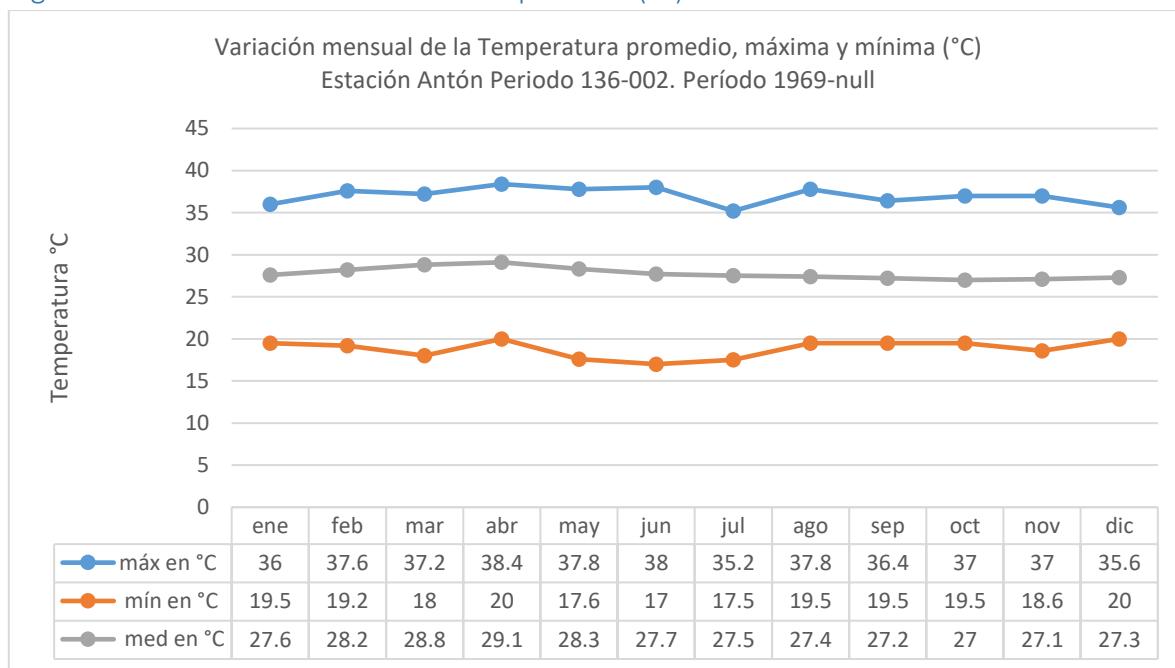
Fuente: Instituto de Meteorología e Hidrología de Panamá, con datos de estación El Guayabito.

11.3.2. 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 Antón la variabilidad de la temperatura a lo largo del año es de 2.1 °C, es decir la diferencia de temperatura entre el mes más cálido Abril (29.1 °C) y el menos cálido octubre (27 °C). La variación espacial de la temperatura depende fundamentalmente de la elevación. De acuerdo a la estación Antón, ubicada a una elevación de 33 msnm, la temperatura media es de 27.8 °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 Antón. Se observa que en los meses más secos (marzo y abril) la variación entre las mínimas temperaturas y las máximas, en promedio, es aproximadamente 19.2 °C, y 18.4 °C. En el período húmedo (agosto y octubre), el promedio de los valores normales de temperatura mínima es 19.5 °C y de las máximas, 37 °C.

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



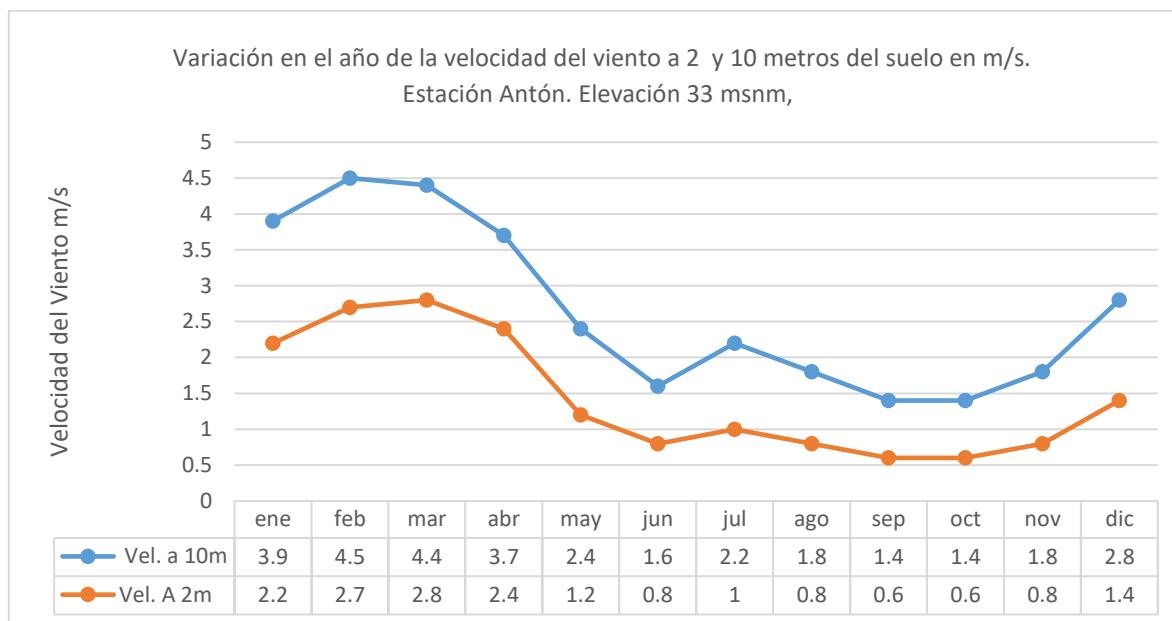
Fuente: Variación mensual de la temperatura promedio, máxima y mínima. Estación de Antón.

11.3.3. 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 Antón la más cercana al sitio del proyecto con registro de viento, de 2 y 10 metros de altura de la superficie del suelo, podemos inferir que durante el período seco (marzo y abril) los alisios son los vientos que predominan en la región de estudio, penetrando con dirección del Norte a una velocidad promedio de 4.05 m/s en los meses de marzo y abril de 10 metros de altura y una velocidad promedio de 2.6 m/s en los meses de marzo y abril de 2 metros de altura.

A continuación, se muestran la velocidad del viento en los meses lluviosos de aproximadamente 1.53 m/s, a 10 metros de la superficie del suelo y de 0.66 m/s, a 2 metros de la superficie del suelo.

Figura No. 7. Variación mensual del Viento.



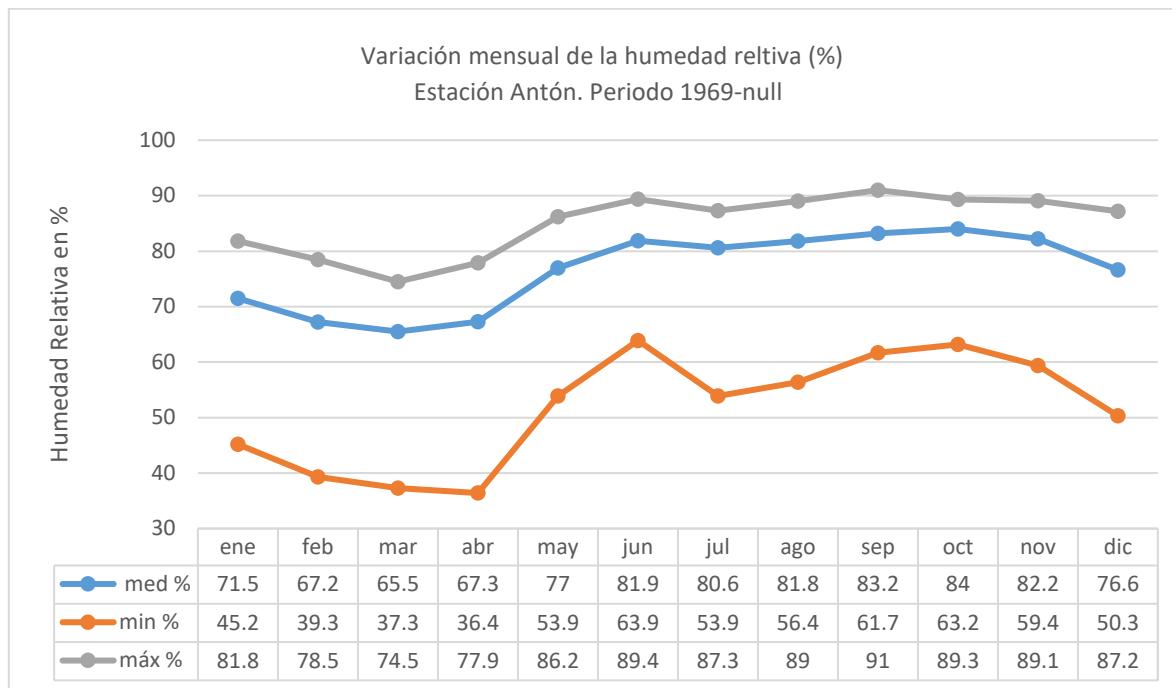
Fuente: Variación en el año de la velocidad del viento. Estación de Antón.

11.3.4. 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 Antón, los meses secos registran los menores valores de humedad relativa. El promedio anual de la humedad relativa es de 76.6 %. En la Figura 8 se presentan los valores promedios mensuales de humedad relativa registrada en la estación Antón. Se observa que los valores mínimos de humedad relativa ocurren en la estación seca con un promedio de 37 %. Al inicio de la estación lluviosa, la humedad relativa se va incrementando hasta llegar a un máximo, en septiembre, de 91 %.

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



Fuente: Variación mensual de humedad relativa. Estación Antón.

Una vez que la estación lluviosa está establecida, la humedad relativa experimenta poca variación con valores medios mensuales entre 53 % y 63 %.

11.3.5. Evaporación.

La estación meteorológica de Antón es la más próxima dentro de la cuenca de río Antón con registros de evaporación. Se viene recopilando información desde junio de 1969. La Dirección de Hidro meteorología utiliza tanque evaporímetro tipo A estándar.

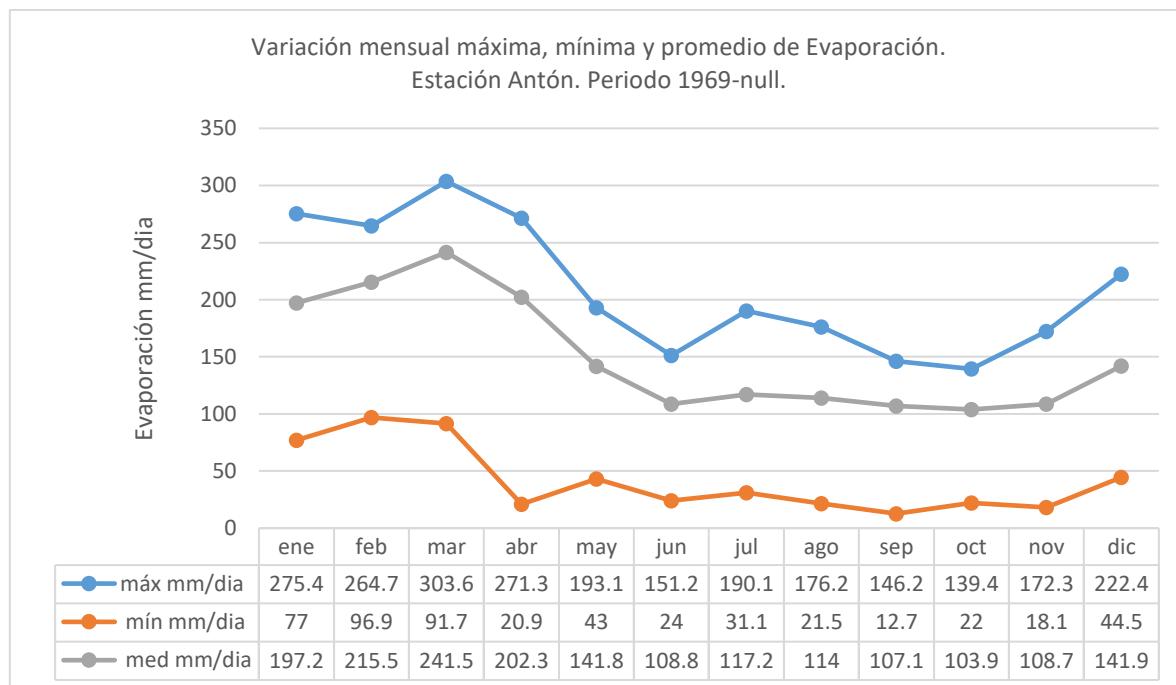
En la Tabla 6 se presenta el valor mensual normal de la evaporación diaria en milímetros registrada (máx., mín. y promedio) y en la Figura 9 se puede apreciar la variación a lo largo del año de la evaporación promedio máxima y mínima.

Tabla 6. Evaporación mensual.

| | Evaporación mensual (en mm/día) | | | | | | | | | | | | |
|------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | ene | feb | mar | abr | may | jun | jul | ago | sep | oct | nov | dic | Anual |
| Prom | 197.2 | 215.5 | 241.5 | 202.3 | 141.8 | 108.8 | 117.2 | 114 | 107.1 | 103.9 | 108.7 | 141.9 | 149 |
| Máx | 275.4 | 264.7 | 303.6 | 271.3 | 193.1 | 151.2 | 190.1 | 176.2 | 146.2 | 139.4 | 172.3 | 222.4 | 208 |
| Mín | 77 | 96.9 | 91.7 | 20.9 | 43 | 24 | 31.1 | 21.5 | 12.7 | 22 | 18.1 | 44.5 | 41 |

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

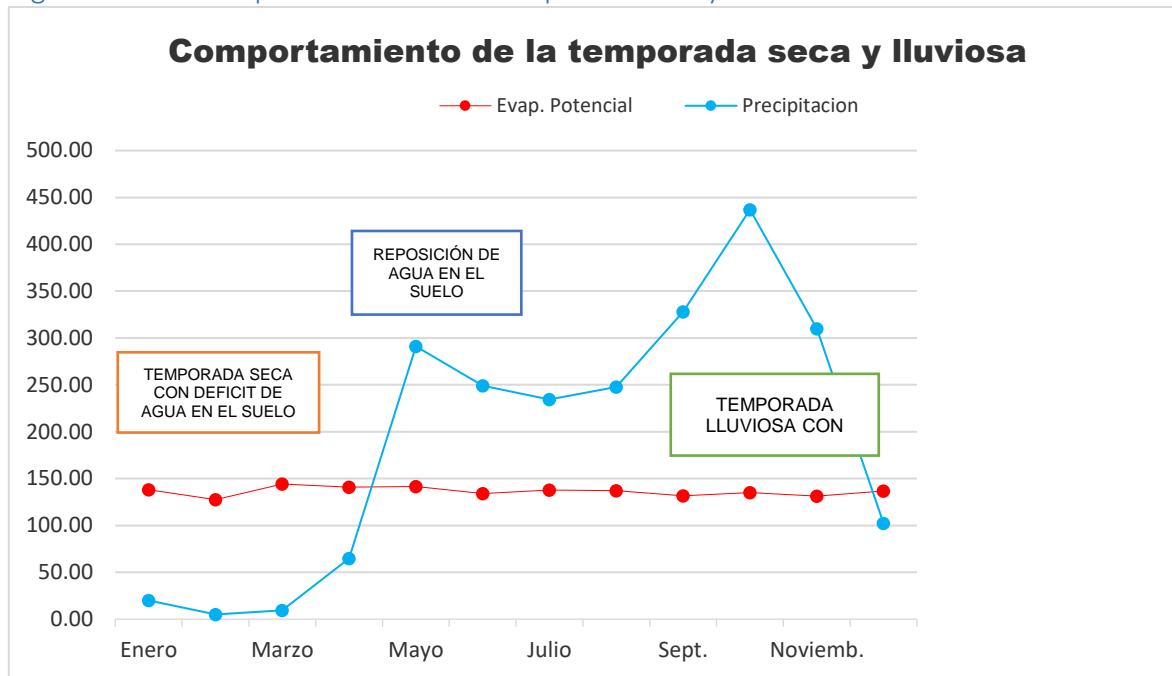
Figura No. 9. Variación mensual de evaporación.



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

De acuerdo a la tabla anterior la evaporación potencial anual es aproximadamente 1799,9 mm que corresponde al promedio diario en el año, que es 4.9 mm, multiplicado por los 365 días del año.

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



Fuente: Gráfica elaborada por el consultor.

11.3.6. Temporada seca.

La temporada seca está claramente definida y caracterizada por un período de cuatro 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 2.68 mm y 134.74 mm, desde enero a abril, mes en el cual la temporada seca se acentúa.

11.3.7. Período lluvioso.

El período lluvioso se caracteriza por registrar excesos de agua en el suelo a partir de junio en el caso de Guayabito. A partir de este momento el suelo alcanza su capacidad de retención máxima, la cual es de 150 mm. Los meses que registran los mayores excesos de agua en el suelo es el mes de octubre.

12. 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. Para la confección del Balance sobre el comportamiento de las aguas en el área objeto de estudio se tomó en cuenta los siguientes datos de precipitación de la estación El Guayabito.

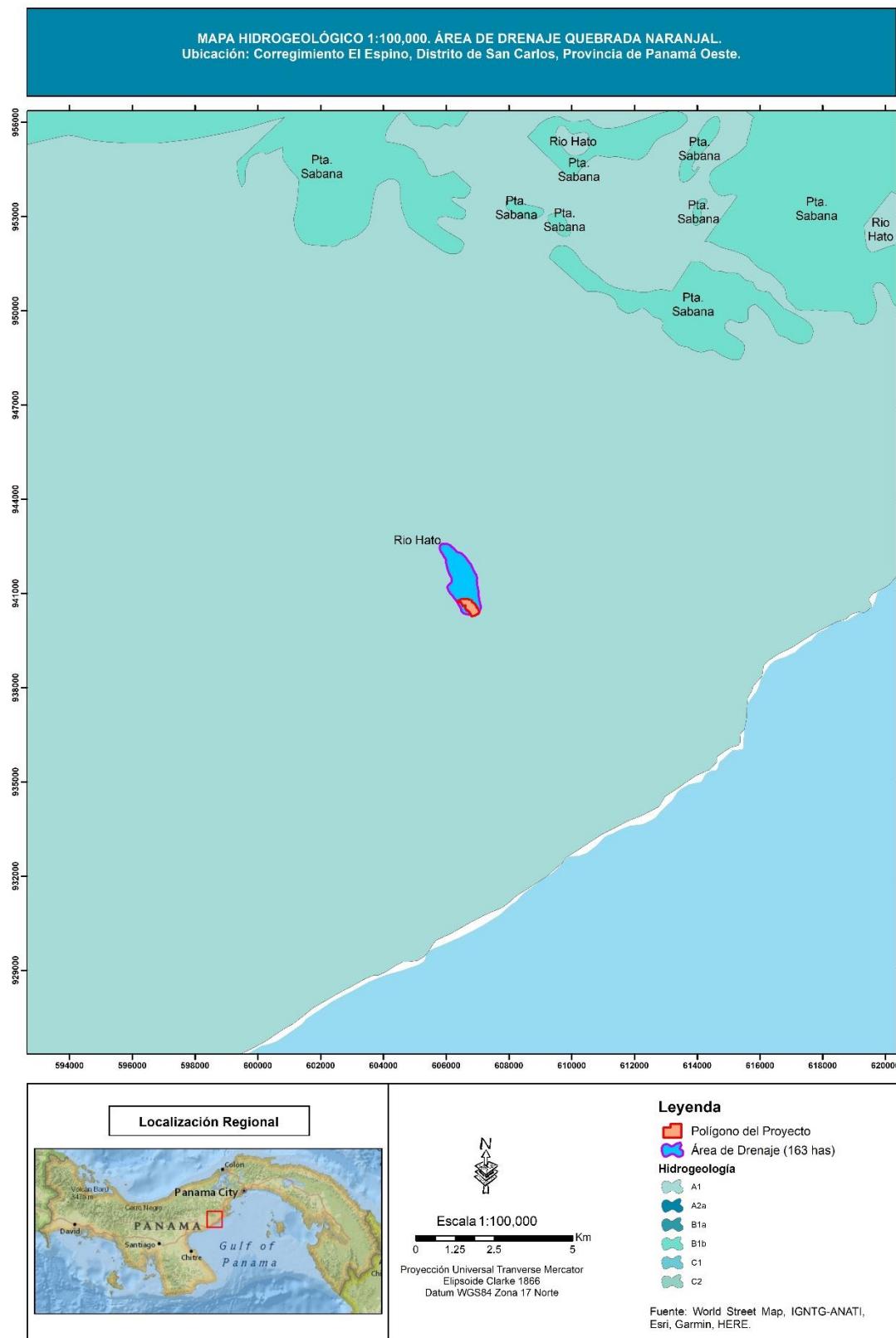
- Capacidad de almacenaje de agua en el suelo 150 mm de retención. (suelo arcilloso)
- Escorrentía superficial 998.07 mm.
- Déficit de agua en el suelo 336.15 mm.
- Perdidas por evapotranspiración real 1300.43 mm.

Tabla 7. Balance Hídrico de suelos para la cuenca.

| BALANCE HIDRICO DE SUELOS | | | | | | | |
|---|---------------|------------------|----------|-----------------|----------------|------------------|---------------|
| VEGETACIÓN: DENSIDAD MEDIA | | SUELO: ARCILLOSO | | PERIODO 28 AÑOS | | RETENCION:150 mm | |
| ÁREA EL GUAYABITO, PROVINCIA DE PANAMÁ OESTE. CUENCA No. 138 | | | | | | | |
| MES | P mm | Eto mm | Pre-Almc | Almc mm | Etr mm | Def mm | Exc mm |
| <i>Enero</i> | 19.8 | 138.14 | -2.68 | 0 | 135.46 | 2.68 | 0 |
| <i>Febrero</i> | 5 | 127.48 | -125.16 | 0 | 5 | 122.48 | 0 |
| <i>Marzo</i> | 9.4 | 144.14 | -259.9 | 0 | 9.4 | 134.74 | 0 |
| <i>Abril</i> | 64.7 | 140.95 | -336.15 | 0 | 64.7 | 76.25 | 0 |
| <i>Mayo</i> | 291.2 | 141.64 | 149.56 | 149.56 | 141.64 | 0 | 0 |
| <i>Junio</i> | 249.1 | 134.17 | 150 | 150 | 134.17 | 0 | 114.49 |
| <i>Julio</i> | 234.5 | 137.64 | 150 | 150 | 137.64 | 0 | 96.86 |
| <i>Agosto</i> | 247.6 | 137.64 | 150 | 150 | 137.64 | 0 | 109.96 |
| <i>Septiembre</i> | 328 | 131.74 | 150 | 150 | 131.74 | 0 | 196.26 |
| <i>Octubre</i> | 437 | 135.14 | 150 | 150 | 135.14 | 0 | 301.86 |
| <i>Noviembre</i> | 309.9 | 131.26 | 150 | 150 | 131.26 | 0 | 178.64 |
| <i>Diciembre</i> | 102.3 | 136.64 | 115.66 | 115.66 | 136.64 | 0 | 0 |
| TOTAL | 2298.5 | 1636.58 | | | 1300.43 | 336.15 | 998.07 |

Fuente: Tabla elaborada por el consultor. Este estudio 2024.

Mapa 8. Hidrogeología.



13. HIDROGEOLOGÍA.

Según el mapa de hidrogeología los acuíferos que se encuentran en la zona son: conformada por conglomerados, areniscas, lutitas, tobas, areniscas poco consolidadas y pómex. Acuíferos de extensión variable, libres o confinados, constituidos por sedimentos clásticos, consolidados, poco consolidados y depósitos costeros. La calidad de las aguas subterráneas es generalmente buena, aunque es posible captar aguas salobres en ciertas áreas cerca de la costa. Permeabilidad variable:

- Acuíferos moderadamente productivos ($Q= 3 - 10 \text{ m}^3/\text{h}$).
- Formaciones geológicas: Rio Hato (QR-Aha).
- Acuíferos locales (A1) Acuíferos de extensión regional limitada constituidos por aluviones, sedimentos marinos no consolidados y deposiciones tipo delta de granulometría variables en los cuales predominan secciones arenosas, limosas y arcillosas.

14. GEOMORFOLOGÍA DE LA QUEBRADA NARANJAL.

La caracterización morfométrica de la microcuenca hidrográfica para la quebrada naranjal, 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 Naranjal) ubicada en el distrito de San Carlos, Provincia de Panamá Oeste.

15. PARÁMETROS FÍSICOS DE LA CUENCA.

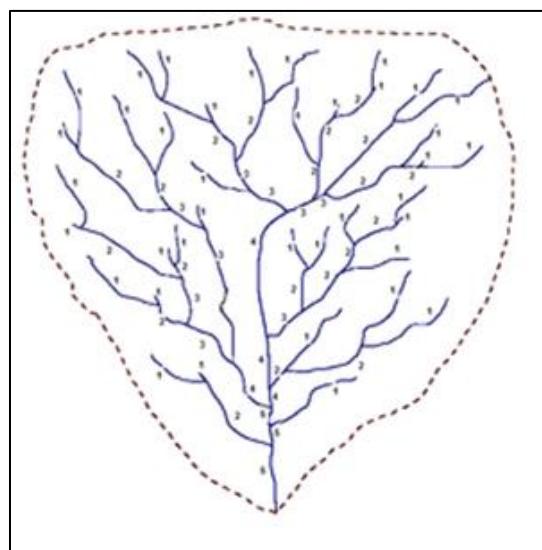
15.1. Área de drenaje de la cuenca.

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:

- La divisoria de aguas pasa por los puntos más altos de las cordilleras cruzando los valles que estas delimitan.
- 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.
- 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).

15.2. 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 Naranjal | 5.87 |

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.

15.3. 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 Naranjal | 1.63 | Microcuenca (pequeña) |

Figura No. 12. 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 (medianas) | 100 - 700 | 4º ó 5º |
| Cuenca (grande) | 700 - 6000 | 6º a más |

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

15.4. 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 Naranjal | 0.64 |

15.5. 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 Naranjal | 2.53 |

16. 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.

16.1. 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.

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). |

16.2. Índice de Gravelius de la cuenca.

P: perímetro de la cuenca 5.87 (km)

A: área de la cuenca 1.63 (km^2)

$$Kc = \frac{5.87 \text{ km}}{2\pi(\frac{1.63 \text{ km}^2}{\pi})^{\frac{1}{2}}}$$

$$Kc = 1.30$$

| Cuenca | Índice de Gravelius | Clasificación |
|-------------------|---------------------|----------------------------------|
| Quebrada Naranjal | 1.30 | Forma ova redonda- oval oblonga. |

16.3. 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)

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 |

16.4. Factor de forma cuenca.

L: largo del cauce principal 2.53 (km)

A: área de la cuenca $1.63 (\text{km}^2)$

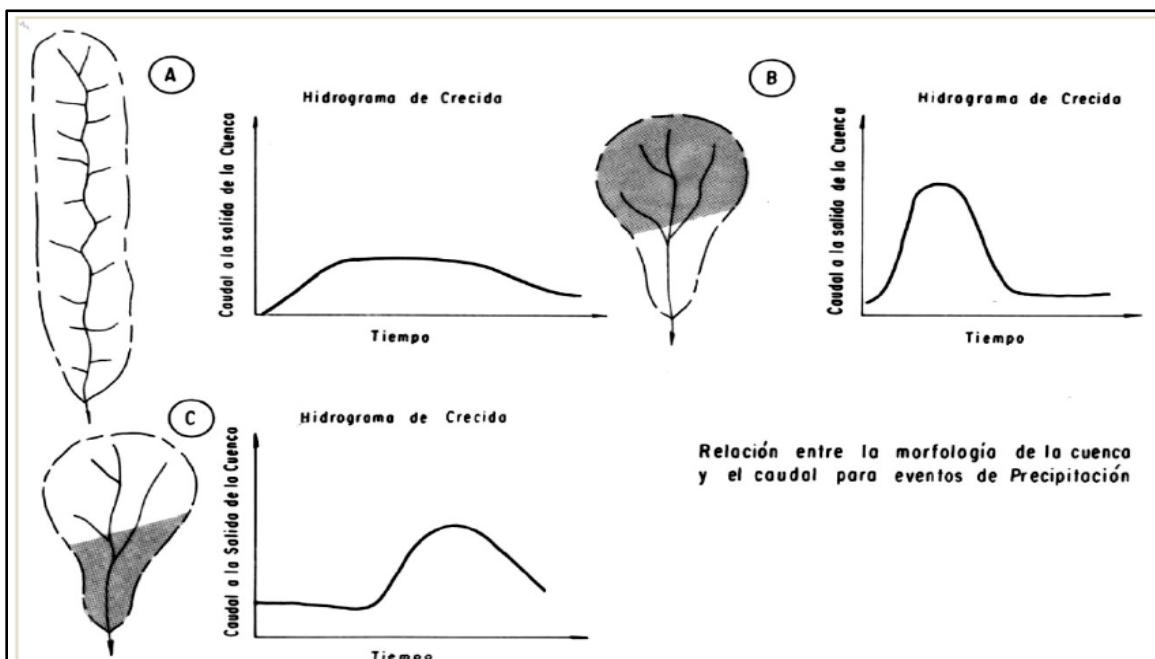
$$Kf = \frac{1.63 \text{ km}^2}{(2.53 \text{ km})^2}$$

$$Kf = 0.2547$$

| Cuenca | Factor de forma | Clasificación |
|-------------------|-----------------|---|
| Quebrada Naranjal | 0.2547 | Alargada, baja susceptibilidad a las avenidas |

El factor de forma de la microcuenca Quebrada Naranjal es de 0.2547, 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).

16.5. 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

| <i>Ia</i> | Característica |
|---------------------|---|
| <i>Ia</i> mayor a 1 | Cuenca alargada |
| <i>Ia</i> menor a 1 | Cuenca achataada y por lo tanto el cauce principal es corto |

16.6. Índice de alargamiento cuenca.

L: longitud del cauce de la cuenca 2.53 km

An: ancho de la cuenca 0.64 km

$$Ia = \frac{2.53 \text{ km}}{0.64 \text{ km}} = 1.83$$

| Cuenca | Índice de alargamiento | Clasificación |
|-------------------|------------------------|-----------------|
| Quebrada Naranjal | 3.95 | Cuenca alargada |

El índice de alargamiento de la microcuenca del Quebrada Naranjal es de 3.85, 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.

17. 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.

17.1. 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 Naranjal 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 Naranjal | 13.57 | Accidentado. |

Tabla 12. Parámetros fisiográficos de la Quebrada Naranjal.

| PARÁMETROS FISIOGRÁFICOS DE UNA CUENCA HIDROGRÁFICA | | | |
|--|------------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Parámetros de forma de la cuenca | PARÁMETROS | UNIDAD DE MEDIDA | Cuenca Hidrográfica |
| | Área total de la cuenca | km ² | 1.6300 |
| | Perímetro de la cuenca | km | 5.87 |
| | Longitud de río principal | km | 2.53 |
| | Centroides | Este X | 606506.73 |
| | | Norte Y | 941406.98 |
| | Ancho promedio de la cuenca | km | 0.64 |
| | Coeficiente de compacidad | - | 1.30 |
| | Factor de forma | - | 0.2547 |
| | Radio de Circularidad | km | 0.5945 |
| | Pendiente media de la Cuenca | % | 13.57 |

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

17.2. 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).

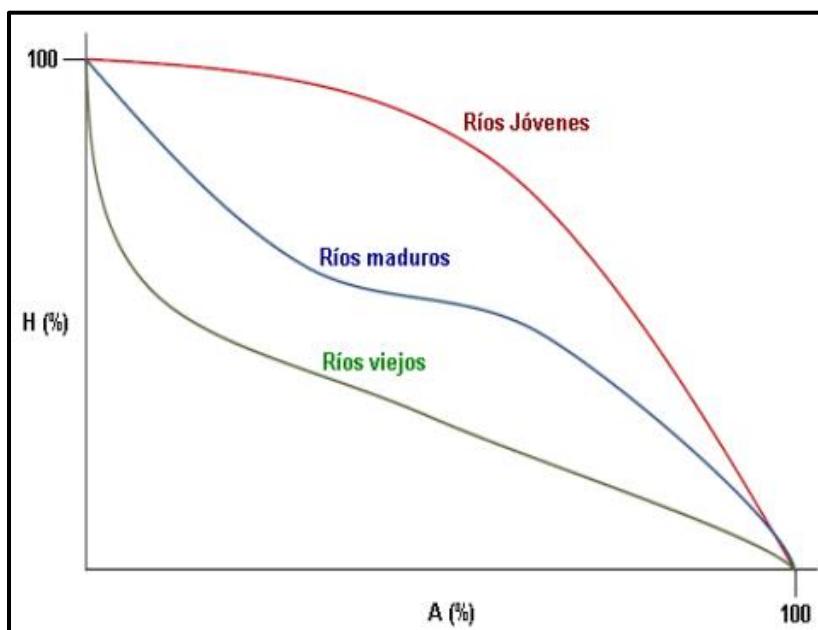
Para construir la curva se lleva a escalas convenientes la elevación dada en las ordenadas y la superficie de la cuenca en las abscisas, para la cual cada punto tiene cota al menos igual a esa altitud. Esta última se obtiene calculando la superficie correspondiente al área definida en la cuenca entre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



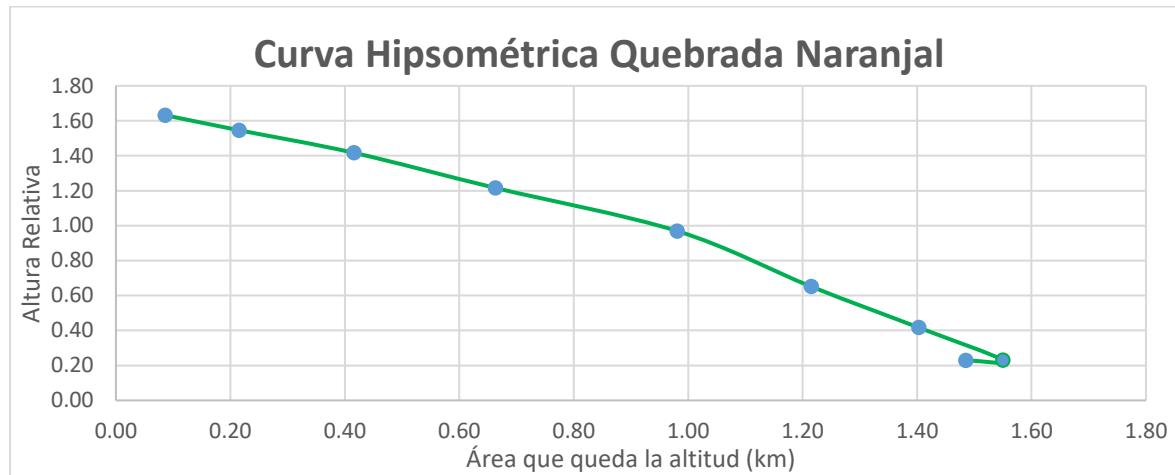
Fuente: Morfometría de la cuenca Río San Pedro, Concho, Chihuahua en Base a Bell (1999).

17.3. 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 Naranjal, de la cual se obtuvo, según la curva mencionada, que es un río joven. (Ver gráfica 1. Curva hipsométrica)

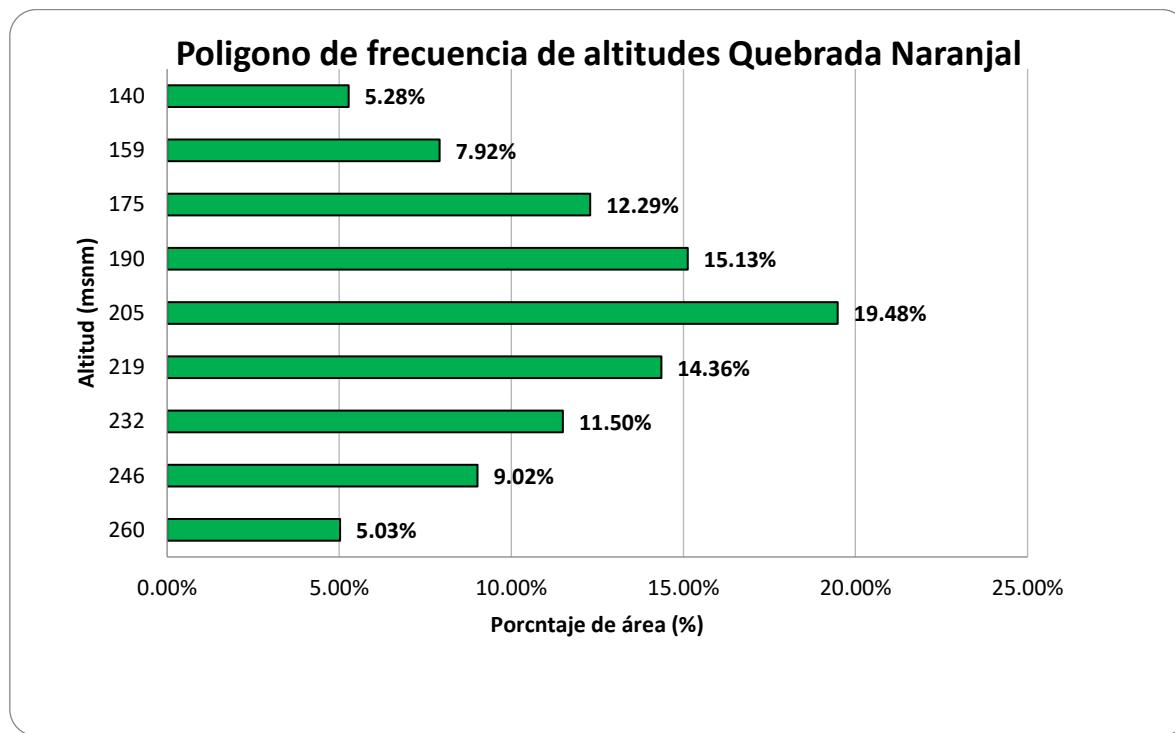
| Cuenca | Clasificación |
|-------------------|---|
| Quebrada Naranjal | Río joven, refleja una cuenca con gran potencial erosivo. |

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 | | | | | | | | | |
| Nº | COTA (msnm) | | | Área (km²) | | | | | Ci*Ai |
| | Mínima | Máxima | Promedio "Ci" | Área Parcial (km²) "Ai" | Área Acumulada (km²) | Área que queda sobre la superficie (km²) | Porcentaje de área entre C.N. | Porcentaje de área sobre C.N. | |
| 1 | 140 | 158 | 149.0 | 0.08609375 | 0.09 | 1.63 | 5.28% | 100.0 | 12.83 |
| 2 | 159 | 174 | 166.5 | 0.12921875 | 0.22 | 1.55 | 7.92% | 94.7 | 21.51 |
| 3 | 175 | 189 | 182.0 | 0.200625 | 0.42 | 1.42 | 12.29% | 86.8 | 36.51 |
| 4 | 190 | 204 | 197.0 | 0.246875 | 0.66 | 1.22 | 15.13% | 74.5 | 48.63 |
| 5 | 205 | 218 | 211.5 | 0.31796875 | 0.98 | 0.97 | 19.48% | 59.4 | 67.25 |
| 6 | 219 | 231 | 225.0 | 0.234375 | 1.22 | 0.65 | 14.36% | 39.9 | 52.73 |
| 7 | 232 | 245 | 238.5 | 0.18765625 | 1.40 | 0.42 | 11.50% | 25.5 | 44.76 |
| 8 | 246 | 259 | 252.5 | 0.1471875 | 1.55 | 0.23 | 9.02% | 14.0 | 37.16 |
| 9 | 260 | 278 | 269.0 | 0.08203125 | 1.48 | 0.23 | 5.03% | 14.0 | 22.07 |
| | | | | 1.6320 | | | | 100% | 343.46 |
| ALTITUD MEDIA DE LA CUENCA (m.s.n.m.) | | | | | | | | 176.13 | |

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

18. DETERMINACIÓN DE CAUDAL.

18.1. Método de Trasposición de caudales.

Debido a que se cuenta con pocas estaciones hidrométricas sobre los ríos de la cuenca hidrográfica hasta el sitio de proyecto que se estudia, con datos históricos de caudales máximos diarios, mensuales y anuales, se procede a calcular los caudales máximo y promedios, mediante la transposición de caudales esta es una relación proporcional empírica de área mediante regla de tres el cual no se estime que tenga mucha variación ya que son microcuenca de la misma zona.

$$Q_{SP} = Q_{EH} \times (A_{SP}/A_{EH})$$

Donde:

Q_{SP} : Caudal en el sitio de proyecto, en metros cúbicos por segundo (m^3/s).

Q_{EH} : Caudal en la estación hidrométrica, en metros cúbicos por

segundo (m^3/s).

A_{SP} : Área cuenca hidrográfica hasta el sitio de análisis, en kilómetros cuadrados (km^2).

A_{EH} : Área cuenca hidrográfica hasta la estación hidrométrica, en kilómetros cuadrados (km^2).

Para nuestro caso se utilizaron los siguientes datos se utiliza el máximo histórico registrado de la estación hidrológica Antón, interamericana para la cuenca 136 (Río Antón).

$$Q_{SP}= 19.7 \text{ m}^3/\text{s} (1.63 \text{ km}^2/36.7 \text{ km}^2)$$

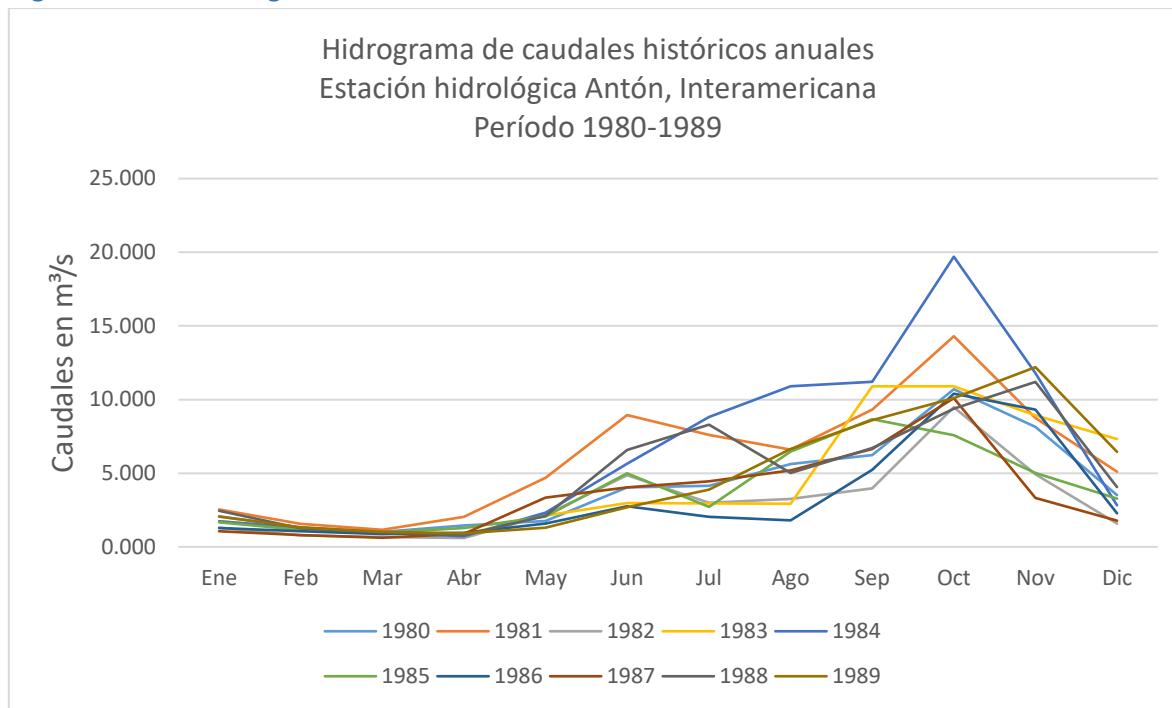
$$Q_{SP}= 0.87 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabla 14. Caudales promedio mensuales.

| EMPRESA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA, S. A. | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-----|-------|
| Dirección de Hidrometeorología | | | | | | | | | | | | | |
| Gerencia de Hidrología | | | | | | | | | | | | | |
| Caudales Promedios Mensual , m^3/s | | | | | | | | | | | | | |
| Estación Hidrológica Antón, Interamericana | | | | | | | | | | | | | |
| Latitud 08° 24' 00" | | | | | | | | | | | | | |
| Longitud 80° 15' 00" | | | | | | | | | | | | | |
| Área de Drenaje= 36.7 Km ² | | | | | | | | | | | | | |
| Período 1979 - 1989 | | | | | | | | | | | | | |
| Distrito: Antón | | | | | | | | | | | | | |
| Corregimiento: Antón | | | | | | | | | | | | | |
| Núm. Estación: 136-01-01 | | | | | | | | | | | | | |
| Año | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | |
| 1979 | 1.860 | 1.370 | 0.920 | 0.800 | | | | | | | | | 7.250 |
| 1980 | 2.070 | 1.330 | 1.020 | 1.460 | 1.760 | 4.040 | 4.140 | 5.630 | 6.230 | 10.700 | 8.150 | | 3.510 |
| 1981 | 2.530 | 1.570 | 1.160 | 2.030 | 4.700 | 8.940 | 7.600 | 6.610 | 9.320 | 14.300 | 8.750 | | 5.100 |
| 1982 | 1.300 | 0.787 | 0.662 | 0.603 | 2.160 | 4.860 | 3.000 | 3.260 | 3.970 | 9.480 | 4.920 | | 1.590 |
| 1983 | 1.740 | 1.270 | 0.981 | 0.858 | 2.130 | 2.980 | 2.960 | 2.940 | 10.900 | 10.900 | 8.920 | | 7.320 |
| 1984 | 1.730 | 1.300 | 0.955 | 0.722 | 2.330 | 5.650 | 8.810 | 10.900 | 11.200 | 19.700 | 11.800 | | 2.820 |
| 1985 | 1.660 | 1.160 | 0.963 | 1.280 | 2.060 | 5.000 | 2.720 | 6.470 | 8.670 | 7.590 | 5.020 | | 3.280 |
| 1986 | 1.280 | 1.060 | 0.873 | 0.948 | 1.580 | 2.750 | 2.040 | 1.800 | 5.230 | 10.400 | 9.320 | | 2.270 |
| 1987 | 1.060 | 0.802 | 0.620 | 0.886 | 3.350 | 4.040 | 4.460 | 5.180 | 6.640 | 10.100 | 3.320 | | 1.790 |
| 1988 | 2.460 | 1.250 | 0.967 | 0.793 | 2.110 | 6.590 | 8.290 | 5.010 | 6.710 | 9.390 | 11.200 | | 4.070 |
| 1989 | 2.070 | 1.320 | 1.020 | 0.924 | 1.310 | 2.700 | 3.890 | 6.640 | 8.610 | 10.100 | 12.200 | | 6.460 |
| Max | 19.7 | | | | | | | | | | | | |
| Min | 0.603 | | | | | | | | | | | | |

Fuente: ETESA.

Figura No. 15. Hidrograma de caudales histórico río Antón.



Fuente: Elaborado por el consultor.

De la tabla anterior se identifica un caudal máximo de $19.7 \text{ m}^3/\text{s}$ para un área de 36.7 km^2 , que, al aplicar la transposición de caudales, se obtiene el caudal de $0.87 \text{ m}^3/\text{s}$ para el diseño como comportamiento normal de la quebrada Naranjal.

Tabla 15. Datos de la cuenca quebrada sin nombre.

| | | |
|-----------------|-------|-----------------------------|
| Área de drenaje | A_d | 1.63 km^2 |
| Caudal Max. | Q | $0.87 \text{ m}^3/\text{s}$ |

De la tabla anterior se presentan resumen de datos morfométricos y de caudal estimado por transposición de caudales de la micro cuenca quebrada sin nombre.

19. 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.

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 la trasposición de caudales máximos.

Producto de las evaluaciones técnicas hidrológicas y geomorfológicas analizadas en este estudio se considera que la quebrada sin nombre, no generan impactos ambientales significativos, que afecten la obras a desarrollarse sobre la huella del proyecto.

20. 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).
- Contraloría General de la República de Panamá. Datos de la dirección de estadística y censo de Panamá.
- Herramienta informática de sistema de información geográfica ARCGIS PRO.