

**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**IMPACTO DE LOS PROYECTOS HABITACIONALES EN LAS FUENTES  
HÍDRICAS DE LA PERIFERIA DEL DISTRITO DE DAVID, PROVINCIA DE  
CHIRIQUÍ, REPÚBLICA DE PANAMÁ**

**ARIEL H. GONZÁLEZ Q.**

**4-787-1924**

**DAVID, CHIRIQUÍ**

**REPÚBLICA DE PANAMÁ**

**2020**

**IMPACTO DE LOS PROYECTOS HABITACIONALES EN LAS  
FUENTES HÍDRICAS DE LA PERIFERIA DEL DISTRITO DE DAVID,  
PROVINCIA DE CHIRIQUÍ, REPÚBLICA DE PANAMÁ**

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

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

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

**APROBADO:**

**PROF. NOÉ AGUILAR VALDÉS M.Sc** \_\_\_\_\_

**DIRECTOR**

**PROF. AMILCAR BEITIA M.Sc** \_\_\_\_\_

**ASESOR**

**PROF. JOSÉ PINEDA M.Sc** \_\_\_\_\_

**ASESOR**

**DAVID, CHIRIQUÍ  
REPÚBLICA DE PANAMÁ**

**2020**

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecerle a Dios primeramente por permitirme llegar hasta esta etapa de mi vida y haberla disfrutado al máximo.

A mis padres Humberto y Yolanda por ser mi roca, apoyo y mas grandes maestros desde el día uno.

A mis hermanos Diego, Thania y Rony por ser parte de todo este proceso y por toda la ayuda brindada.

Al profesor Noé Aguilar por la disposición y enseñanzas durante el desarrollo de mi investigación.

A los profesores Amical Beitia y José Pineda por la dedicación y tiempo en la evaluación del trabajo.

A mis compañeros Gloria, Hercylariza y Omar por la ayuda en el proceso de elaboración del documento.

A mis amistades por toda la motivación y apoyo brindado durante todas las altas y bajas en le desarrollo de mi investigación.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo va dedicado a todas aquellas personas interesadas por la hidrología en general, que este trabajo sirva como referencia, consulta, motivación e inspiración para futuras investigaciones derivadas de este tema.

## **IMPACTO DE LOS PROYECTOS HABITACIONALES EN LAS FUENTES HÍDRICAS DE LA PERIFERIA DEL DISTRITO DE DAVID, PROVINCIA DE CHIRIQUÍ, REPÚBLICA DE PANAMÁ**

González Quirós, A.H. 2020. Impacto de los proyectos habitacionales en las fuentes hídricas de la periferia del distrito de David, provincia de Chiriquí, República de Panamá. Tesis Ing. en Manejo de Cuencas y Ambiente. David, Chiriquí. FCA.102 p.

### **RESUMEN**

El crecimiento poblacional en el distrito de David ha obligado al aumento de nuevas áreas para la construcción de viviendas, esto genera una compactación de suelo que provoca una pérdida en la capacidad de recarga hídrica e incremento de la escorrentía. Durante el estudio se utilizaron diferentes metodologías tales como ubicación de la zona de estudio (Barriadas), recorridos de campo, medición de caudal, aplicación de encuestas a los residentes aledaños a estas urbanizaciones con el objetivo de determinar el impacto que estas construcciones están ocasionando al comportamiento hidrológico. Los resultados obtenidos indican que en los estudios de impacto ambiental no se realizan adecuadamente los estudios hidrológicos, se elimina la cobertura boscosa, incrementa la escorrentía y deterioro en la calidad de las aguas.

**PALABRAS CLAVES:** Recarga hídrica, proyectos residenciales, recurso hídrico, aguas subterráneas, compactación de suelo, fuentes de contaminación, impacto en el recurso hídrico.

**Impact of housing projects on the hydric resources in the periphery of the district of David, province of Chiriquí, Republic of Panama.**

Gonzalez Quirós, A.H. 2020. Impact of housing projects on the small hydric resources in the periphery of the district of David, province of Chiriquí, Republic of Panama. Thesis Watershed management and environmental engineering. 102 p.

**ABSTRACT**

The population growth in the David district has forced the increase of new areas for housing development, this generates a compaction of soil that causes a loss in the capacity of water recharge and increased runoff. During the study, different methodologies were used such as the location of the study area, field trips, flow measurement, application of surveys to the residents surrounding these urbanizations in order to determine the impact that these constructions are causing to the hydrological behavior. The results obtained indicate that hydrological studies are not carried out adequately in environmental impact studies, forest cover is eliminated, runoff increases and water quality deteriorates.

**KEY WORDS:** Hydric recharge, residential projects, hydric resources, groundwater, soil compaction, sources of pollution, impact on hydric resources.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>PÁGINA D APROBACIÓN</b> .....	ii
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	iii
<b>DEDICATORIA</b> .....	iv
<b>RESUMEN</b> .....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	vi
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	vii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	x
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	xii
<b>1.0. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Definición del problema .....	2
1.3. Justificación .....	2
1.4. Objetivos .....	3
1.4.1. Objetivo general .....	3
1.4.2. Objetivos específicos .....	3
1.5. Alcances y limitaciones .....	4
1.5.1. Alcances .....	4
1.5.2. Limitaciones .....	4
<b>2.0. MARCO TEÓRICO</b> .....	5
2.1. Características generales del distrito de David .....	5
2.2. Importancia del agua .....	6
2.2. Flujo del agua subterránea y su disminución .....	9
2.3. El crecimiento urbano y los desagües pluviales .....	12
2.4. Efectos hidrológicos de la urbanización .....	14
2.5. Urbanización .....	14
<b>3.0. MARCO METODOLÓGICO</b> .....	19
3.1. Identificación de las áreas de estudio .....	20
3.2. Desarrollo y aplicación de encuestas a la comunidad .....	20

3.3.	Medición de caudal .....	21
3.4.	Cálculos de producción de agua y de escorrentía .....	22
3.5.	Cálculo de año seco, húmedo y datos históricos .....	25
3.6.	Cambio de cobertura de suelo .....	25
<b>4.0.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>26</b>
4.1.	Identificación de las áreas de estudio .....	26
4.2.	Aplicación de encuestas a la comunidad.....	29
4.3.	Medición del caudal.....	46
4.4.	Cálculos del coeficiente de escorrentía y la producción de agua, volumen medio anual de escurrimiento. ....	52
4.4.1.	Coeficiente de escurrimiento medio anual (Ce): .....	52
4.4.2.	Cálculo de volumen medio anual de escurrimiento .....	52
4.4.3.	Cálculos de años secos y años húmedos .....	61
4.5.	Cambio de cobertura de suelo .....	67
<b>5.0.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>75</b>
<b>6.0.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>77</b>
<b>7.0.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÀFICAS</b> .....	<b>78</b>
<b>8.0</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>81</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO I.</b> Pasos a seguir en el marco metodológico .....	19
<b>CUADRO II.</b> Fórmulas según valores de k.....	24
<b>CUADRO III.</b> Aforo de quebrada Cira San Pablo Nuevo <b>22 de agosto del 2019</b> <b>1:35 pm</b> .....	47
<b>CUADRO IV.</b> Aforo de quebrada Cira San Pablo Nuevo. 2 de octubre del 2019 hora 11:06 am .....	48
<b>CUADRO V.</b> Aforo de quebrada El Tejar: <b>2 de octubre del 2019 hora 12:55 pm</b> .....	49
<b>CUADRO VI.</b> Aforo de quebrada Sueño Dorado: <b>5 de octubre del 2019 hora 10:38</b> <b>pm</b> .....	50
<b>CUADRO VII.</b> Identificación para valores de K .....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Agua subterránea. Condiciones naturales.....	9
<b>Figura 2.</b> Agua subterránea. Declive de los niveles de agua.....	10
<b>Figura 3.</b> Agua subterránea. Calidad de agua subterránea.....	11
<b>Figura 4.</b> Efectos ambientales del desarrollo del agua subterránea.....	11
<b>Figura 5.</b> Efectos de la urbanización sobre la cobertura boscosa. ....	16
<b>Figura 6.</b> Quebrada Sueño Dorado, Las Lomas. ....	26
<b>Figura 7.</b> Quebrada El Tejar Aguacatal .....	27
<b>Figura 8.</b> Quebrada Cira San Pablo Viejo.....	28
<b>Figura 9.</b> Gráfica de identificación de género. Las Lomas, San Pablo y Aguacatal .....	29
<b>Figura 10.</b> Gráfica edad de los encuestados. Las Lomas, San Pablo y Aguacatal. ....	30
<b>Figura 11.</b> Gráfica de condición de la quebrada. Las Lomas, San Pablo y Aguacatal ....	31
<b>Figura 12.</b> Gráfica del nivel del caudal. Las Lomas, San Pablo y Aguacatal.....	32
<b>Figura 13.</b> Gráfica de calidad de agua. Las Lomas, San Pablo y Aguacatal.....	33
<b>Figura 14.</b> Gráfica de cantidad de agua en época seca. Las Lomas, San Pablo y Aguacatal .....	34
<b>Figura 15.</b> Gráfica de cantidad de agua en época lluviosa. Las Lomas, .....	35
<b>Figura 16.</b> Gráfica de sedimentación. Las Lomas, San Pablo y Aguacatal .....	36
<b>Figura 17.</b> Grafica de afectación a la quebrada y usuarios. Las Lomas .....	37
<b>Figura 18.</b> Gráfica de usos de la fuente hídrica. Las lomas, San Pablo y Aguacatal .....	38
<b>Figura 19.</b> Gráfica de información general. Las Lomas, .....	39
<b>Figura 20.</b> Gráfica de responsabilidad del estado de la quebrada. Las Lomas, .....	40
<b>Figura 21.</b> Gráfica de mejoras a la quebrada por la constructora.....	41
<b>Figura 22.</b> Gráfica de realización de limpieza. Las Lomas, San Pablo y Aguacatal.....	42
<b>Figura 23.</b> Gráfica de participación de recuperación de la quebrada. Las Lomas,.....	42
<b>Figura 24.</b> Aforo en la quebrada El Tejar.....	51
<b>Figura 25.</b> Gráfica del promedio histórico anual David Periodo 1967-2019 .....	53
<b>Figura 26.</b> Microcuenca de la Quebrada Sueño Dorado .....	55
<b>Figura 27.</b> Microcuenca de la Quebrada Cira .....	57
<b>Figura 28.</b> Microcuenca de la Quebrada El Tejar .....	59
<b>Figura 29.</b> Gráfica de precipitación David promedio mensual 2010. ....	63
<b>Figura 30.</b> Gráfica de precipitación David 2019 promedio mensual .....	66
<b>Figura 31.</b> Antes y después Aguacatal. ....	68
<b>Figura 32.</b> Antes y después San Pablo.....	69

<b>Figura 33.</b> Antes y después Las Lomas.....	70
<b>Figura 34.</b> Mapa cartográfico Las Lomas .....	72
<b>Figura 35.</b> Mapa cartográfico San Pablo .....	73
<b>Figura 36.</b> Mapa cartográfico de Aguacatal .....	74

**ÍNDICE DE ANEXOS**

<b>Anexo 1.</b> Cuadro de valores de K en función del tipo y uso del suelo .....	81
<b>Anexo 2.</b> Foto quebrada El Tejar Aguacatal .....	83
<b>Anexo 3.</b> Foto de aplicación de encuestas .....	83
<b>Anexo 4.</b> Encuesta realizada .....	85
<b>Anexo 5.</b> Mapa cartográfico de la Subcuenca las Lomas .....	86
<b>Anexo 6.</b> Mapa cartográfico de la subcuenca de San Pablo .....	86

## 1.0. INTRODUCCIÓN

Según datos del Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial en el listado de urbanizaciones revisadas en etapa de Anteproyecto desde el año 2007 hasta el año 2019 en la provincia de Chiriquí, hay 52 urbanizaciones con un total de 4715 lotes dando un promedio de 90 casas por proyecto. Por otra parte, en el listado de urbanizaciones revisadas en etapa de construcción desde el año 2007 hasta el año 2019 en la provincia de Chiriquí, hay 47 urbanizaciones con un total de 3251 lotes que dan un promedio de 69 casas con proyecto. **(MIVI, 2019)**

Analizando estos datos, podemos concluir que el Distrito de David enfrenta un problema social que es la falta de viviendas lo que empieza a ser un problema a nivel nacional debido al incremento poblacional en los últimos años. Esta situación ha llevado a la población a buscar nuevas zonas para establecerse en la periferia del distrito de David como San Pablo Viejo, San Carlos, Las Lomas, Aguacatal, etc.

Esto obliga a realizar cambios en el uso del suelo en estas zonas rurales para convertirlas en áreas residenciales. Al eliminar la cobertura vegetal, esta región pierde gran capacidad de recarga hídrica; esto promueve la escorrentía del agua en tiempo de lluvia evitando su infiltración hacia los acuíferos.

En la realización de este estudio veremos cómo estos proyectos de desarrollo residencial han impactado los recursos hídricos en el área enfocándolos hacia las fuentes de agua de la zona como quebradas y riachuelos que se originan desde colinas cercanas al lugar.

### 1.1. Antecedentes

Las zonas donde se aplicó el estudio fueron tres: San Pablo Viejo (Quebrada Cira), Aguacatal (Quebrada El Tejar) y Las Lomas (Quebrada sueño Dorado).

En estas zonas luego de haber realizado las visitas correspondiente pudimos observar la falta de flujo en el caudal de las quebradas las cuales años atrás contaban con un mayor flujo según información obtenida por los residentes, además se ha eliminado en gran parte cobertura boscosa de estas zonas para el establecimiento de estos proyectos, incluso, en una de ellas se eliminó un

humedal para la su construcción, tampoco se han realizado ningún tipo de investigaciones que sirvan como referencia para evaluar el impacto de estos proyectos residenciales.

Durante los últimos años los hidrólogos se han interesado por estudiar los efectos de la urbanización para proteger el recurso y prevenir consecuencias sociales y ambientales, Los primeros trabajos de hidrología urbana se relacionan con los efectos de la urbanización en el potencial de inundaciones en pequeñas cuencas urbanas. Los efectos de la urbanización en los hidrogramas de crecientes incluyen incrementos en los volúmenes totales de escorrentía y en los caudales picos. **(Chow,1994)**

Los mayores cambios en los caudales en las cuencas urbanas se deben a lo siguiente:

- El volumen de agua disponible para la escorrentía aumenta debido al incremento de las zonas impermeables, producto de los parqueaderos, las calles y los techos, que reducen la cantidad de infiltración.
- Los cambios en la eficiencia hidráulica asociados con canales artificiales, cunetas y sistemas de recolección de drenaje de tormentas, aumentan la velocidad del flujo y la magnitud de los picos de creciente. **(Chow,1994)**

## 1.2. Definición del problema

En los últimos años el crecimiento poblacional en la provincia de Chiriquí ha tenido un gran incremento siendo el distrito de David donde hay un mayor auge lo que ha llevado a la población a emigrar hacia otros territorios y establecer su hogar. La necesidad de nuevas áreas para habitar origina la creación de nuevas zonas residenciales para el establecimiento de la población, como consecuencia el incremento de la producción de algunos contaminantes como lo son desechos sólidos y aguas negras.

## 1.3. Justificación

La recarga hídrica juega un papel fundamental para la población de una zona ya que esta vela por el abastecimiento de los acuíferos que nos brindan agua

para nuestras fuentes hídricas e incluso para el consumo para la población que habita en la región a través de pozos administrados por la Junta de Acueductos Rurales.

La contaminación de fuentes hídricas genera un gran impacto a las comunidades debido a la reducción en el suministro de este recurso causando enfermedades infecto-contagiosas a corto y largo plazo.

Al momento de establecer una urbanización se afecta el subsuelo, aguas subterráneas, recarga hídrica, escorrentía, deterioro de fauna y flora, cobertura vegetal. Es deber de nosotros velar por la protección y el cuidado de ellos ya que nos brindan un ecosistema agradable.

Un nuevo enfoque a la urbanización puede crear zonas más sensibles a las aguas pluviales, respetuosas con la ecología y que contribuyan a la mejora de los aspectos visuales de nuestro entorno, esto incluiría la inserción de sistemas de drenaje urbano sostenible en los planes urbanísticos, sistemas que promueven una menor impermeabilización del suelo, lo que genera una menor cantidad de escorrentía y un menor riesgo para la salud humana y ecosistémica.

#### 1.4. Objetivos

##### 1.4.1. Objetivo general

- Determinar algunos impactos de tres proyectos residenciales sobre los recursos hídricos en la periferia de la ciudad de David.

##### 1.4.2. Objetivos específicos

- Seleccionar tres distintas zonas del distrito de David para la realización del estudio.
- Realizar encuestas a la población para obtener datos del área.
- Medir caudal de las fuentes de agua cercanas a los proyectos.
- Analizar el cambio de uso de suelo en el área de los proyectos.
- Obtener datos del recurso hídrico de la zona dentro de los estudios de impacto ambiental en los proyectos seleccionados.

## 1.5. Alcances y limitaciones

### 1.5.1. Alcances

- Estudiar el impacto sobre las aguas superficiales de quebradas dentro de tres proyectos residenciales establecidos en la periferia de David.
- Analizar la situación antes y después de la obra.
- Esta investigación considerará solamente áreas dentro de la periferia de la ciudad de David.

### 1.5.2. Limitaciones

- Las autoridades no facilitan permiso para acceder a los estudios de impacto ambiental de los proyectos.
- Dentro de los estudios de impacto ambiental no hay información suficiente respecto a estudios hidrológicos para analizar la información previa a la ejecución de la obra.

## **2.0. MARCO TEÓRICO**

### 2.1. Características generales del distrito de David

#### **CLIMATOLOGÍA**

El clima de David está clasificado como tropical. La mayoría de los meses del año están marcados por lluvias significativas. La corta estación seca tiene poco impacto. Este clima es considerado Am según la clasificación climática de Köppen-Geiger. La temperatura promedio en David es 26.5 grados centígrados. Hay alrededor de precipitaciones de 2702 milímetros. **(CLIMATE DATA. 2020)**

#### **SUELO**

Los suelos se identifican como Categoría II y III con pocas limitaciones hasta severas, moderado y bueno de mediana fertilidad. **(ATLAS AMBIENTAL DE PANAMA. 2020)**

Suelos medianamente permeables, tales como arenas de mediana profundidad: loses algo más compactos que los correspondientes a los suelos I; terrenos migajosos.

Suelos casi impermeables, tales como arenas o loess muy delgados sobre una capa impermeable, o bien arcillas.

#### **FLORA**

De acuerdo con los datos tomados en campo se obtuvo la descripción de la vegetación. Esta área está formada en un gran porcentaje por un potrero de herbazales con algunos árboles dispersos, una formación de bosque de galería,

árboles dispuestos en cerca viva. La mayor parte está representada por zonas de potreros con vegetación arbórea dispersa de manera irregular las cuales alcanzan alturas medias.

## **FAUNA**

La fauna es bastante diversa en cuanto a composición de especies se refiere, se pudieron observar y registrar varios individuos pertenecientes a los grandes grupos de vertebrados terrestres (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) así como también vertebrados acuáticos (peces).

### 2.2. Importancia del agua

El Agua se encuentra en la naturaleza con diversas formas y características y cada una de ellas tiene su función dentro del gran ecosistema del planeta tierra. Casi la totalidad del agua se encuentra en los mares y océanos en forma de agua salada. De las aguas dulces la mayor parte está en forma de hielo y en aguas subterráneas. El agua situada sobre los continentes y la que está en la atmósfera son las cantidades proporcionalmente menores, aunque su importancia biológica es grande.

El agua dulce se está convirtiendo en uno de los problemas más críticos de los recursos naturales que enfrenta la humanidad. Al aproximarse el año 2020, la población mundial se está expandiendo rápidamente. Pero la tierra no tiene más agua ahora que 2 000 años atrás, cuando estaba habitada por menos del tres por ciento de la población actual. Mas allá del impacto del crecimiento mismo de

la población, la demanda de agua dulce ha estado aumentando en respuesta al desarrollo industrial, la dependencia creciente en la agricultura de regadío, la urbanización masiva y los niveles de vida más altos. **(Mora, 2003).**

En este siglo, mientras la población mundial se ha triplicado, la extracción de agua ha aumentado en promedio entre 2.5 y tres por ciento por año. En comparación con un crecimiento anual de la población de 1.5 a dos por ciento. En la década pasada la extracción de agua de los países en desarrollo ha estado aumentando a razón de cuatro a ocho por ciento por año. La urbanización, junto con su inseparable desarrollo industrial, tiene profundos impactos sobre el ciclo hidrológico tanto cuantitativa como cualitativamente. **(Mora, 2003).**

Los recursos hídricos disponibles en las cercanías de las ciudades, se están acabando o degradando a tal punto que aumenta substancialmente el costo marginal de su abastecimiento. Estos aumentos en costos surgen de la necesidad de explotar fuentes nuevas y más remotas, así como de los mayores requisitos de tratamiento a raíz del deterioro de la calidad del agua. Su disminución resulta mayormente de las inadecuadas políticas para la fijación de precios y medidas de conservación. **(Mora, 2003).**

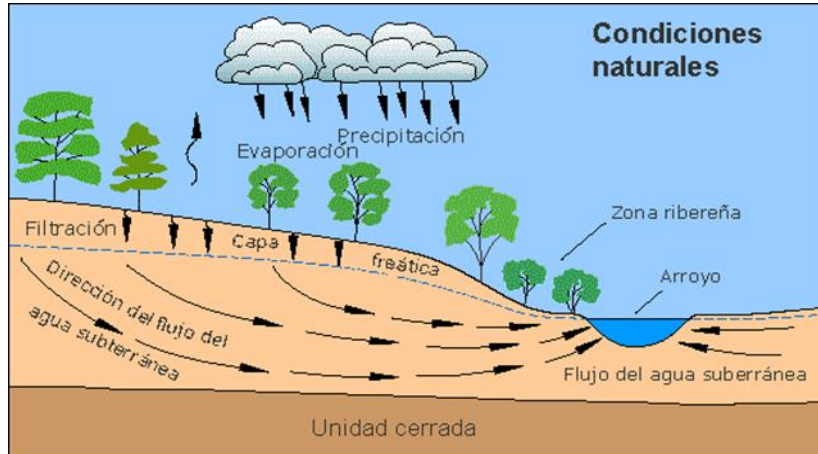
El bombeo excesivo del agua subterránea resulta en muchos casos en el hundimiento de la tierra con su consecuente daño a las estructuras urbanas, la disminución del nivel freático, y en muchos casos, problemas de salinización. La eliminación incorrecta de los desechos urbanos e industriales contribuye al deterioro de la calidad del agua en las fuentes valiosas de agua potable de alta calidad. **(Mora, 2003).**

La impermeabilización de la superficie de la tierra en las áreas urbanas cambia considerablemente la hidrografía del flujo, resultando en inundaciones más frecuentes, y a menudo se reduce el recargado directo del agua subterránea. Al mismo tiempo, el flujo urbano de personas es una de las principales fuentes de contaminación no puntual. Los problemas de contaminación del agua en los lagos, aguas costaneras y marinas, puede resultar en la pérdida de amenidades (oportunidades recreativas y rentas del turismo), agotamiento de las pesquerías, y problemas de salud asociados con el contacto recreativo y la contaminación de los peces y mariscos. **(Mora, 2003).**

El agua en las zonas rurales de nuestro país es de gran importancia ya que la mayoría de estos sitios no cuentan con un sistema de acueductos eficiente por lo que utilizan agua de pozos los cuales obtienen agua de la superficie de la tierra dándonos a entender la importancia de mantener áreas de cobertura boscosa que permitan la infiltración de agua hacia los acuíferos permitiendo una recarga hídrica.

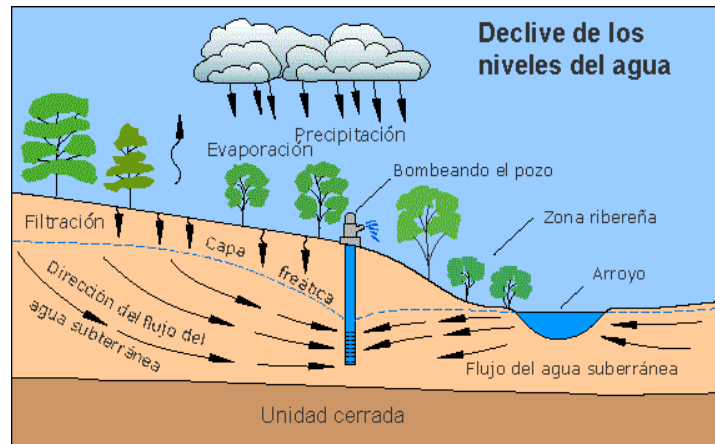
## 2.2. Flujo del agua subterránea y su disminución

El sistema de agua subterránea se recarga debido a la precipitación pluvial y el agua fluye hacia los arroyos a través de este sistema. **(USGS, 2019)**



**Figura 1.** Agua subterránea. Condiciones naturales.  
(USGS, 2019)

Agua bombeada del sistema subterráneo causa que la capa freática baje de nivel y cambie la dirección de la corriente del agua subterránea. Parte del agua que fluía hacia un arroyo, ya no lo hace y así mismo, algo de esta corriente también es acarreada desde el arroyo hasta el sistema de agua subterránea, reduciendo por lo tanto la corriente del arroyo. **(USGS, 2019)**



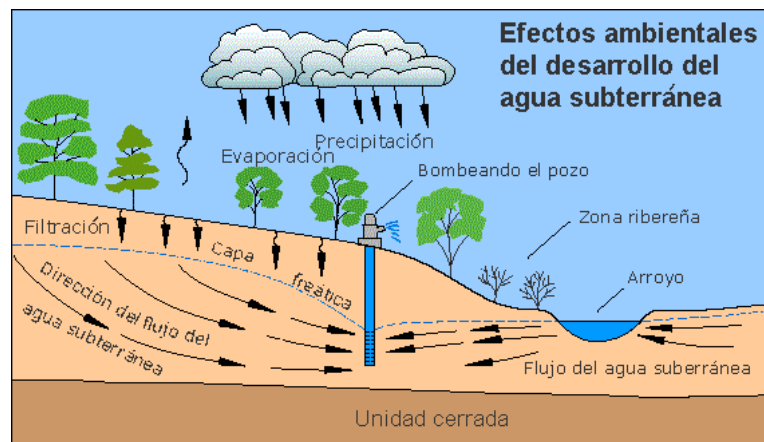
**Figura 2.** Agua subterránea. Declive de los niveles de agua (USGS, 2019)

Los contaminantes que se introducen en la superficie de la tierra pueden infiltrarse a la capa freática y fluir hacia un punto de descarga, ya sea un pozo o un arroyo. (A pesar de no mostrarse aquí, también es importante saber sobre la descarga potencial de contaminantes que pasan del arroyo hacia el sistema de agua subterránea. **(USGS, 2019)**)



**Figura 3.** Agua subterránea. Calidad de agua subterránea (USGS 2019)

Los declives del agua pueden afectar el ambiente natural de las plantas y animales. Por ejemplo, plantas en las áreas ribereñas que crecen por la proximidad de la capa freática a la superficie, podrían no sobrevivir si el agua aumentara su profundidad. El ambiente para los peces y vida acuática también puede ser alterado si el nivel del arroyo decae. (USGS, 2019)



**Figura 4.** Efectos ambientales del desarrollo del agua subterránea (USGS, 2019)

### 2.3. El crecimiento urbano y los desagües pluviales

Históricamente, los primeros establecimientos de ciudades fueron realizados, en gran cantidad de casos a orillas o cerca de cursos de agua, con el fin primordial de abastecimiento. En esas condiciones esos cursos de agua eran a su vez desagües naturales de aguas de lluvias o aguas servidas de la ciudad. En ciudades de mayor importancia, incipientes sistemas de desagües urbanos o sistemas de cloacas de mayor o menor complejidad cumplían también estos fines sin constituir grandes desafíos para los proyectistas. De mayor o de menor extensión, los núcleos urbanos tenían zonas pavimentadas relativamente pequeñas, de modo que la proporción de áreas impermeables eran despreciables. **(FATTORELLI, 2011)**

En los últimos años y principalmente a partir de la década del cincuenta, la sociedad se hizo más urbana y como consecuencia de ello, los centros urbanos se extendieron considerablemente. A esto se agregó la demanda de los ciudadanos de mayor higiene y seguridad en el tránsito, aumentando irracionalmente la proporción de áreas impermeables. Ambos factores, crecimiento e impermeabilización, fueron creando mayor necesidad de estudios y mejores diseños de los sistemas de drenaje urbano. De esta manera, planificadores urbanos, ingenieros e investigadores, fueron creando técnicas de análisis y diseño más apropiadas, dando lugar al desarrollo de la hidrología urbana. **(FATTORELLI, 2011)**

El planeamiento de drenaje para áreas urbanas en crecimiento necesita la predicción de factores como: crecimiento de la población, uso del suelo

(residencial, comercial, industrial) y en cada uno de ellos la proporción de zonas impermeables.

Los modelos que se han visto y la integración de los mismos con sistemas de información geográfica, permiten analizar rápidamente diversos escenarios de crecimiento y uso del suelo facilitando una labor que antes era muy laboriosa.

**(FATTORELLI, 2011)**

Las necesidades de investigación en Hidrología Urbana son:

- Proporción del crecimiento de los caudales por efecto de la urbanización

Esto está muy ligado al tipo de uso del suelo que se genere con las nuevas urbanizaciones. En el marco de estas investigaciones, se deben considerar métodos que aconsejan aspectos, tales como: calles siguiendo las curvas de nivel del suelo (en zonas con pendientes), intercalación de áreas verdes que sean a su vez lagunas de laminación, etc.

Es evidente que esta medida es aplicable sólo cuando hay disponibilidad de extensiones de tierra sin urbanizar e inaplicables en centros urbanos densamente poblados. Con la implementación de este tipo de concepto se logra un mejoramiento desde el punto de vista hidráulico y estético de los cursos naturales de drenaje que cruzan el área urbana.

- Recolección de datos de lluvia y caudales en cuencas urbanas experimentales para determinar también niveles de contaminación de esas aguas.
- Análisis de lluvias intensas en la zona y desarrollo de curvas o ecuaciones de IDF o “Tormentas de Proyecto”.
- Determinación de parámetros del cálculo de la escorrentía. **(FATTORELLI, 2011)**

#### 2.4. Efectos hidrológicos de la urbanización

El manejo y control de las aguas de lluvias en ciudades, es un tema generalmente descuidado y poco deseado por los gobiernos. No obstante, es este un tema prioritario en relación a la defensa del bienestar de la población en prácticamente todas sus actividades y por lo tanto de responsabilidad pública. Entonces, es importante destacar cuales son los efectos principales que producen las urbanizaciones sobre los escurrimientos pluviales. Estos efectos, generalmente indeseables, se pueden amortiguar en gran medida con un adecuado planeamiento urbano que incluya entre sus componentes el inteligente diseño del drenaje de aguas pluviales. **(FATTORELLI, 2011)**

Entre los efectos más conocidos están el aumento de los escurrimientos superficiales por disminución de la capacidad de infiltración del suelo y de la retención en la vegetación que se destruye. Otro efecto directamente ligado al anterior, es la reducción del tiempo de concentración de la cuenca, por el incremento en la velocidad del agua y el consiguiente aumento de los caudales máximos. **(FATTORELLI, 2011)**

#### 2.5. Urbanización

El término suele utilizarse para nombrar al conjunto de construcciones levantadas en un antiguo medio rural. A la hora de desarrollar la urbanización de un terreno, éste suele dividirse en varias entidades (polígonos, manzanas, parcelas, etc.) a fin de construir las viviendas y la infraestructura necesaria. Una urbanización requiere de electricidad, agua potable, recolección de residuos y transporte, entre otros servicios básicos para sus habitantes. **(Pérez y Gardey, 2010)**

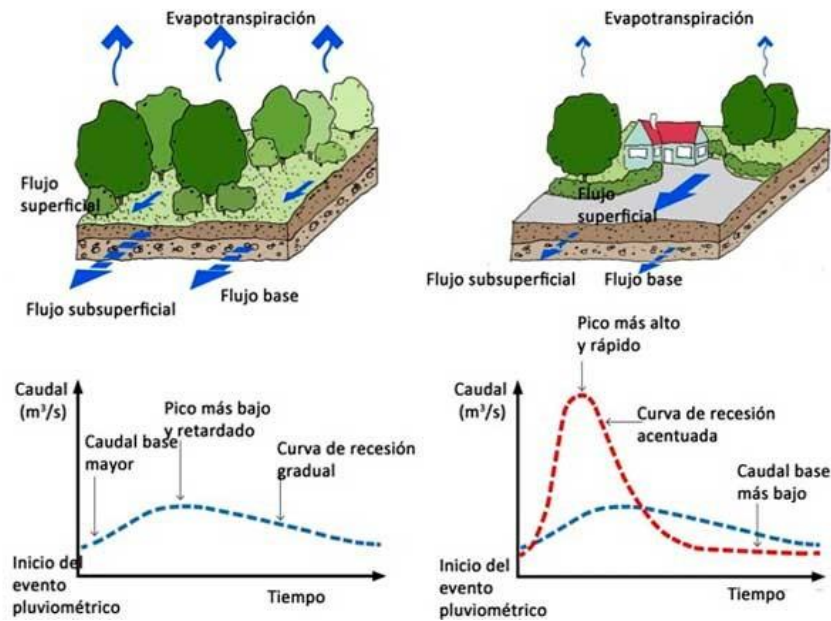
Se conoce como proceso de urbanización al fenómeno de desarrollo de ciudades. Este proceso se lleva a cabo a partir de la migración de las personas que residen en áreas rurales hacia la zona urbana en busca de una mejor calidad de vida (que esperan obtener gracias al desarrollo de los servicios sanitarios y educativos), oportunidades de trabajo, o bien ofertas de ocio no disponibles fuera de la ciudad. **(Pérez y Gardey, 2010)**

La tasa de urbanización, por otra parte, es un índice que refleja la relación porcentual entre los habitantes de las ciudades (es decir, la población urbana) y la cantidad total de habitantes de un país. Una elevada tasa de urbanización indica un alto nivel de desarrollo. Los expertos afirman que recién en los últimos años la tasa de urbanización mundial superó el 50 por ciento, lo que quiere decir que más de la mitad de la población global vive en ciudades. **(Pérez y Gardey, 2010)**

El proceso de urbanización conlleva la reducción de la infiltración, la eliminación de la vegetación natural (que intercepta la precipitación y promueve la evapotranspiración) y la desaparición de irregularidades en el suelo donde se almacena el agua precipitada. Esto se traduce en la interrupción de equilibrio hídrico natural (hidrología superficial y recarga de acuíferos), cuyos efectos más relevantes son:

- El aumento de los caudales punta
- Volúmenes de escorrentía más elevados
- El incremento de las inundaciones

- Reducción de los caudales base



**Figura 5.** Efectos de la urbanización sobre la cobertura boscosa.

ABELLÀN, 2016

Las actividades humanas dentro de las ciudades producen un gran volumen de residuos de muy diversa naturaleza que en muchos casos son depositados sobre la superficie de las cuencas urbanas y posteriormente arrastrados hacia los cauces receptores durante el proceso de precipitación-escorrentía. Esto tiene las diferentes y perjudiciales consecuencias sobre las masas de agua receptoras, como son el aumento de la carga de contaminantes, la variación en la temperatura de las aguas, la disminución de la diversidad de la vida acuática, la aparición de riesgos para la salud humana y de otros seres vivos ya que muchos de los contaminantes más comunes (sedimentos, nutrientes, materia

orgánica, metales pesados, patógenos, pesticidas, herbicidas e hidrocarburos) tienen una alta toxicidad. **(Abellán, 2016).**

Además, la escorrentía propagada sobre las superficies impermeables aumenta su temperatura entre 2.5 y 4.1 grados centígrados, lo que, además de los efectos directos sobre la vida acuática, puede provocar una disminución en las aguas receptoras del oxígeno disuelto y, por tanto, la muerte de algunas especies de peces más sensibles. Esto es importante para entender como la contaminación afecta a los ecosistemas para evaluar qué tipos de gestión de escorrentías ayudan a mejorar la calidad de aguas receptoras. **(Abellán, 2016).**

La escorrentía urbana procedente de áreas impermeables como: Edificios, centros comerciales, residencias, plazas provoca variaciones en los cauces naturales receptores. Los flujos con más agua y más rápidos erosionan los cauces y desplazan a las comunidades biológicas ribereñas. La pérdida de suelo por la erosión de las orillas y la pérdida de la vegetación ahí situada reduce el hábitat de muchas especies de peces y otra vida acuática, mientras que los depósitos de sedimentos aguas abajo pueden asfixiar a los organismos bentónicos. Además, el arrastre de partículas contaminantes de diferente naturaleza y en muchos casos alta toxicidad como: metales pesados, compuestos organoclorados, hidrocarburos aromáticos policíclicos pueden provocar varios problemas que conllevan a la muerte de las especies. **(Abellán, 2016).**

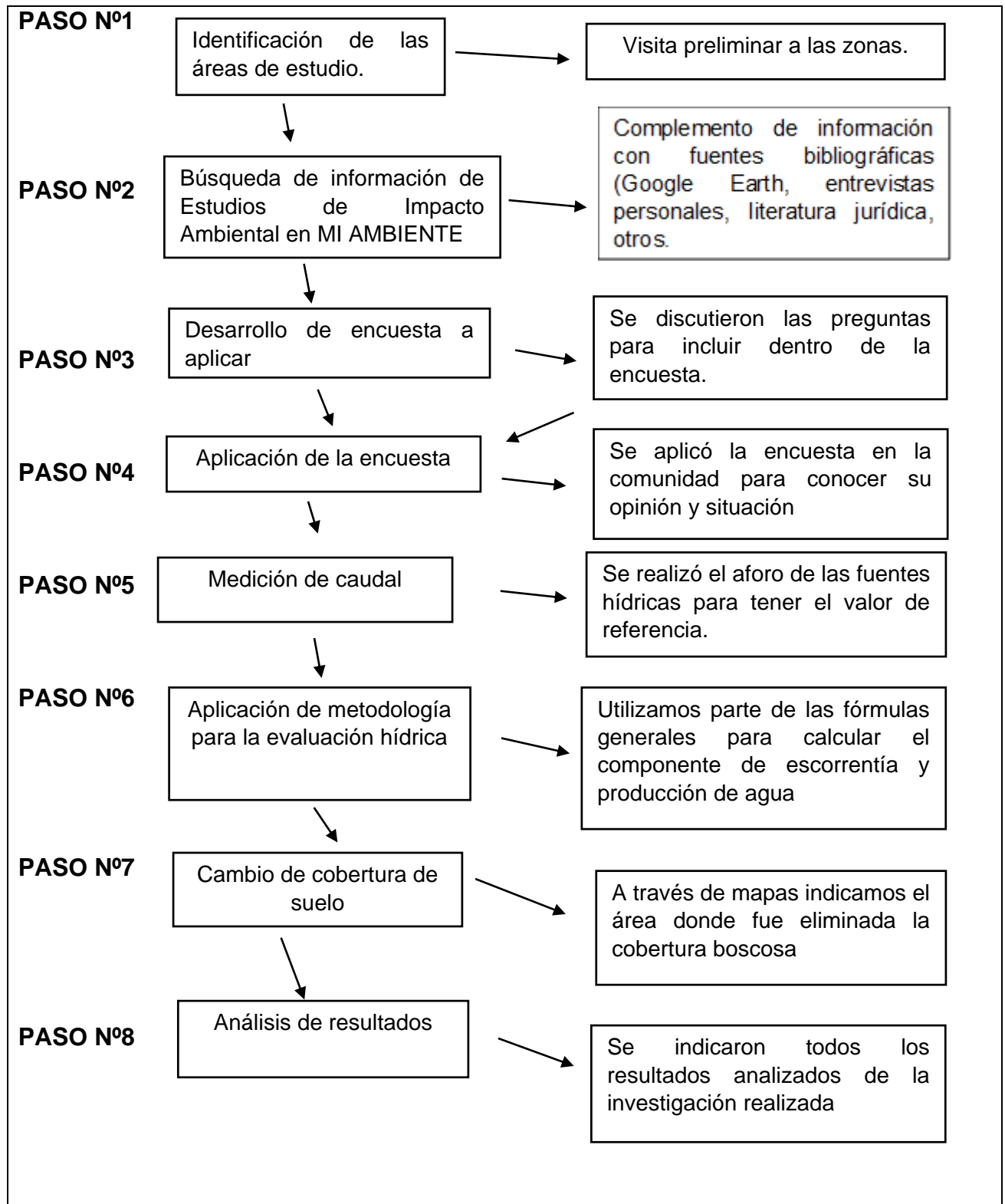
Los principales impactos al hábitat acuático y las zonas ribereñas son:

- Desvalorización del paisaje
- Disminución de la diversidad de la fauna acuática
- Pérdida de riberas y la vegetación ribereña
- Problemas de eutrofización
- Introducción de especies alóctonas desplazando a las autóctonas

Cuando la zona impermeable de la cuenca drenante es inferior al 10 por ciento, los cauces todavía pueden mantener una calidad alta en lo referente al estado de sus hábitats. Conforme crece el porcentaje de la zona impermeable, se va mermando calidad del hábitat receptor. **(Abellán, 2016).**

### 3.0. MARCO METODOLÓGICO

CUADRO I. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO



### 3.1. Identificación de las áreas de estudio

Dentro de las características de selección se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

- Ubicación dentro de la periferia del Distrito de David.
- Proyectos con influencia de una fuente hídrica.
- Estudios de Impacto ambiental Categoría II

Para realizar el estudio fueron seleccionadas tres urbanizaciones que son: Residencial Sueño Dorado en Las Lomas, Residencial Aqualina en Aguacatal, Residencial El Dorado en San Pablo Viejo.

### 3.2. Desarrollo y aplicación de encuestas a la comunidad

Realizar la primera visita a las áreas de estudio fue de gran apoyo al momento de redactar las preguntas para las encuestas ya que determinamos criterios para evaluar siendo seleccionadas un total de 10 preguntas.

Para la aplicación de estas encuestas utilizaremos el Muestreo de Sujetos – Tipo también conocido como muestreo no probabilístico o muestreo por conveniencia.

El muestreo no probabilístico es una técnica de muestreo donde las muestras se recogen en un proceso que no brinda a todos los individuos de la población iguales oportunidades de ser seleccionados. **(Explorable, 2009).**

A diferencia del muestreo probabilístico, la muestra no probabilística no es un producto de un proceso de selección aleatoria. Los sujetos en una muestra no probabilística generalmente son seleccionados en función de su accesibilidad o a criterio personal e intencional del investigador. **(Explorable, 2009).**

Las encuestas fueron aplicadas a un número de 10 personas, los mismos son habitantes con varios años de residencia dentro de la zona y son quienes nos brindaron la información general, de esta manera se trabajó con lo que había al alcance ya que la población era pequeña.

Se procederá con la aplicación de encuestas a la comunidad para conocer la opinión y situación por parte de los residentes que nos puedan brindar información.

### 3.3. Medición de caudal

Se realizaron aforos en las fuentes hídricas de cada uno de los sitios de estudio para tener un valor de referencia en cuanto a la cantidad de flujo que se escurre dentro de estos cursos de agua.

Los instrumentos que utilizamos fueron el molinete, cronómetro con varilla de vadeo, libreta de apuntes, cámara, audífonos, sogas para identificar puntos de medición, cinta métrica.

Como parte de la metodología se procedió a realizar aforos puntuales en las fuentes de agua (quebradas) dentro de estas zonas, estos valores nos servirán como referencia en nuestra investigación, se buscó un trayecto de la quebrada que contara con una sección y espejo de agua adecuado para poder realizar las mediciones.

Se utilizó la fórmula de aforo con molinete para la interpretación de datos  
**(Basan, 2008)**

**Fórmula de velocidad:**  $(2.2048(R)+0.0178) * 0.3048$  R= ((CANTIDAD DE REVOLUCIONES) / (TIEMPO EN SEGUNDOS))

Ancho: (Separación entre secciones)

Área: (Ancho \* Profundidad)

Caudal parcial: (Área \* Velocidad media)

Caudal total:  $\Sigma$  Caudal parcial (Resultado en metros cúbicos/segundos)

Caudal en Litros: Caudal total \* 1000 (Resultado en Litros/segundos)

### 3.4. Cálculos de producción de agua y de escorrentía

Se realizaron cálculos de escorrentía y producción de agua utilizando datos de precipitación de Hidrometeorología de Empresa de Transmisión Eléctrica S.A. (ETESA) y la metodología del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), (UNESCO, 1981).

Aplicación de la Metodología del IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua) UNESCO 1981, que recoge las Normas Oficiales Mexicanas NOM-011-CONAGUA-2015.

Volumen Medio de Esgurrimiento Anual a la salida de la Cuenca,  $Ab$ , que corresponderán al volumen aforado si existieran datos:

$$Ab = (Cp + Ar + Re) - (\mu + Ev + Ex) - \Delta V$$

$Cp$  = es el escurrimiento natural de la cuenca.

$Ar$  = es el escurrimiento de entrada en la cuenca, aguas arriba.

**En este caso es cero, la cuenca no tiene otra entrada que su propio escurrimiento.**

$Re$  = sumas de todos los retornos de agua captada y usada en la cuenca

- Agrícola = 20 por ciento del valor captado en la cuenca
- Pecuario = 15 por ciento del valor captado en la cuenca
- Doméstica = 75 por ciento del valor captado en la cuenca
- Público = 75 por ciento del valor captado en la cuenca

**No se consideran para el estudio por ser microcuencas con usos no registrados.**

$\mu$  = usos del agua, extracciones y captaciones.

**No se considera para el estudio.**

$Ev$  = Evaporación desde cuerpos de agua, lagos y embalses.

**No hay en las microcuencas, su valor es cero.**

Ex = Exportaciones y trasvase hacia microcuencas vecinas.

**No hay, valor igual a cero.**

$\Delta V$  = Variación del volumen almacenado.

**No hay valor de almacenamiento en ninguna microcuenca, valor igual a cero.**

Si despejamos Cp para obtener el volumen medio de escurrimiento anual de la microcuenca:  $Cp = (Ab + \mu + Ev + Ex) - (Ar + Im + Re) + \Delta V$  que corresponde a una cuenca con información hidrométrica.

Para cuencas sin información hidrométrica:

$$ep = VII - Int - Et - Inf, \text{ considerando pérdidas}$$

$cp = Ce Vel$ , con pérdidas implícitas por evaporación, interceptión e infiltración

ep = Volumen de escurrimiento producido por la cuenca propia, equivalente a la producción de agua

VII = Volumen de lluvia de la microcuenca.

Inter = pérdidas por interceptión de la cobertura vegetal.

Et = Pérdidas por evaporación y transpiración.

Inf = Infiltración de agua en el suelo.

Para el estudio se aplica la formula  $ep = Ce VII$ , que contempla las pérdidas implícitas en donde:

Ce = Coeficiente de esorrentía, calculado como parte de la siguiente fórmula.

VII = Volumen de lluvia en M<sup>3</sup>/año

**CUADRO II. FÓRMULAS SEGÚN VALORES DE K.**

(secretaría del medio ambiente y recursos naturales (2015)).

Si K resulta menor o igual a 0.15	$Ce = \frac{K(P - 25)}{2000}$
Si K es mayor que 0.15	$Ce = \frac{K(P - 250)}{2000} + \frac{(K - 0.15)}{1.5}$

Se utilizó la fórmula:

$$Ce = \frac{K(P - 250)}{2000} + \frac{(K - 0.15)}{1.5}$$

Esta fórmula fue la seleccionada para realizar los cálculos ya que los valores obtenidos de K eran mayores a 0.15. Los datos a utilizar fueron los de precipitación de la Estación David de ETESA.

El cálculo del volumen medio anual de escurrimiento, para cada microcuenca, antes y después del proyecto desarrollado, así como para años normales, años secos y años húmedos, se realizó aplicando la ecuación, que es expresión de la ecuación anterior.

$$Vm = Ce * Pm * Ac$$

Donde:

Vm= volumen medio anual escurrido, m<sup>3</sup>.Ac= área de la cuenca, m<sup>2</sup>.

Pm= precipitación media anual, m.

Ce= coeficiente de escurrimiento.

### 3.5. Cálculo de año seco, húmedo y datos históricos

Como parte de la investigación se realizó un cálculo de la precipitación en la zona tomando un año seco y un año húmedo dentro del registro de la estación meteorológica de la estación de David para tener referencia tanto de los niveles más altos como de los más bajos de precipitación, también utilizaremos los datos históricos para conocer la varianza a través de los años y determinar los meses de mayor y menor precipitación en todo el registro de esta estación meteorológica.

### 3.6. Cambio de cobertura de suelo

Se utilizaron imágenes antiguas de la zona desde antes de haberse construido el proyecto con el apoyo de Google Earth, aplicando la línea base de los estudios de impacto ambiental que la empresa reportó en el terreno para comparar la variación a través del tiempo del terreno.

## 4.0. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Identificación de las áreas de estudio

Los proyectos están ubicados en el Distrito de David, dentro de la Cuenca N°108 y su río principal es el río Chiriquí. Estas zonas fueron seleccionadas ya que cuentan con fuentes de agua superficial (quebradas) y buscamos identificar los impactos a las mismas después de realizarse los proyectos.

- Residencial Sueño Dorado (Las Lomas)

Ubicado en una zona de alta densidad tiene como afluente la quebrada Llano del medio la cual tiene usos domésticos, se observó que muchas casas tenían drenajes directos a la quebrada sin ningún tratamiento lo cual indica que este afluente se encuentra afectado.



**Figura 6.** FUENTE: GONZÁLEZ, A. 2019. QUEBRADA SUEÑO DORADO, LAS LOMAS.

- Residencial Aqualina (Aguacatal)

Dentro de esta zona se encuentra la quebrada El Tejar la cual tiene usos agrícolas, ganaderos, y domésticos dentro de la comunidad. Residentes del área nos informaron que la producción agrícola y ganadera es un factor influyente en el deterioro del afluente.



**FIGURA 7.** FUENTE: GONZÁLEZ, A. 2019. QUEBRADA EL TEJAR AGUACATAL

- Residencial El Dorado (San Pablo)

Su afluente la quebrada Cira tiene usos ganaderos dentro de la zona, mencionaban algunos residentes que anteriormente tenía un uso recreativo, pero ha tenido una reducción en su caudal y fue suspendido este uso.



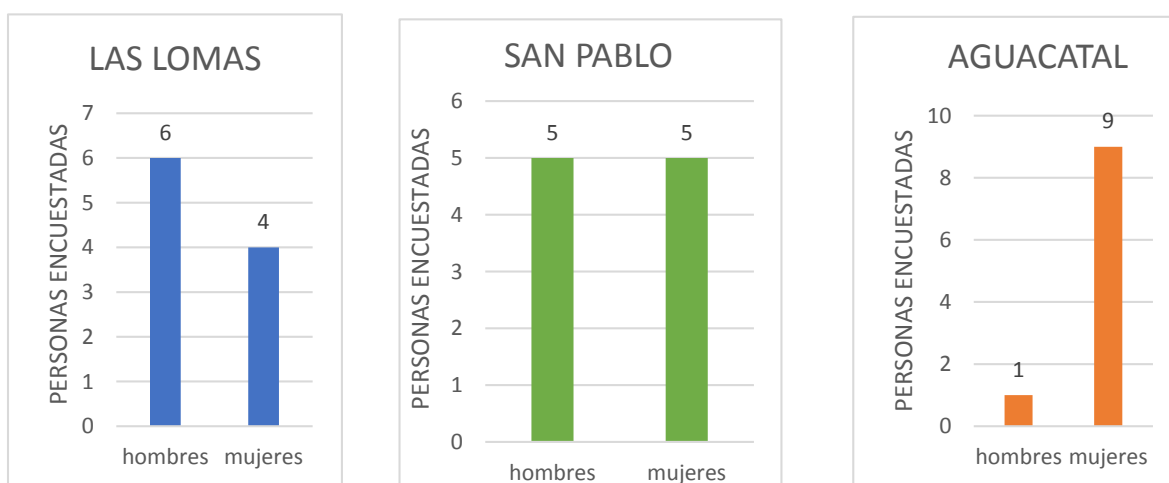
**Figura 8.** FUENTE: GONZÁLEZ, A. 2019.  
QUEBRADA CIRA SAN PABLO VIEJO

## 4.2. Aplicación de encuestas a la comunidad

En el Distrito de David el área de Las Lomas centro dentro del corregimiento de Las Lomas cuenta con una población de 14 599 habitantes, el área de San Pablo Viejo Arriba dentro del corregimiento de San Pablo Viejo tiene una población de 5 992 habitantes y la zona de Aguacatal dentro del Distrito de San Pablo Viejo cuenta con una población de 856 habitantes. (INEC, 2020)

### Pregunta N°1

#### Identificación de su género

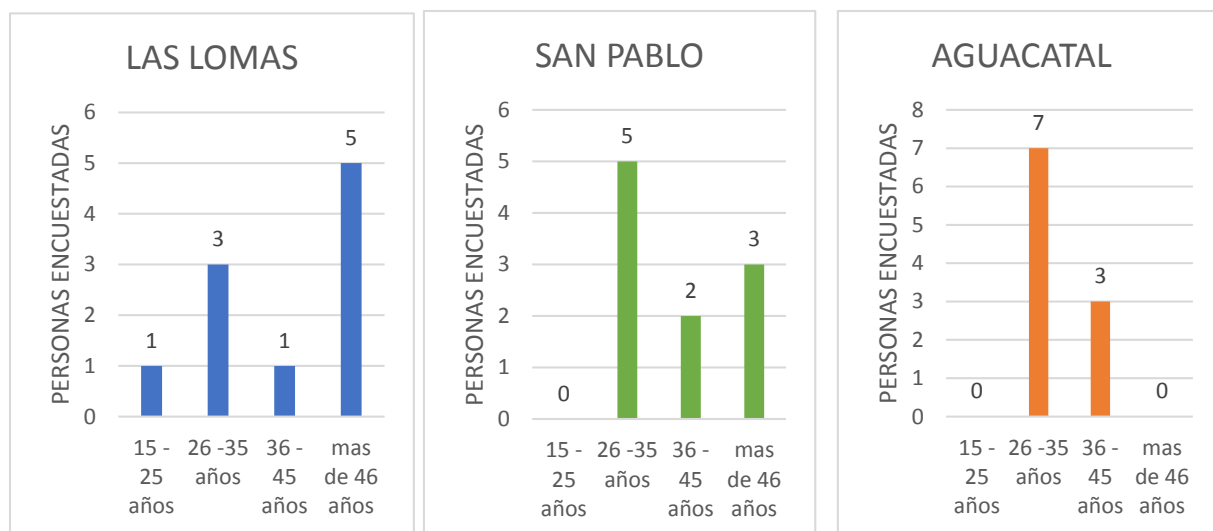


**Figura 9.** Gráfica de identificación de género. Las Lomas, San Pablo y Aguacatal

El 60 por ciento de las personas encuestadas fueron mujeres mientras que el 40 por ciento de los encuestados fueron hombres.

## Pregunta N°2

### Edad de los encuestados

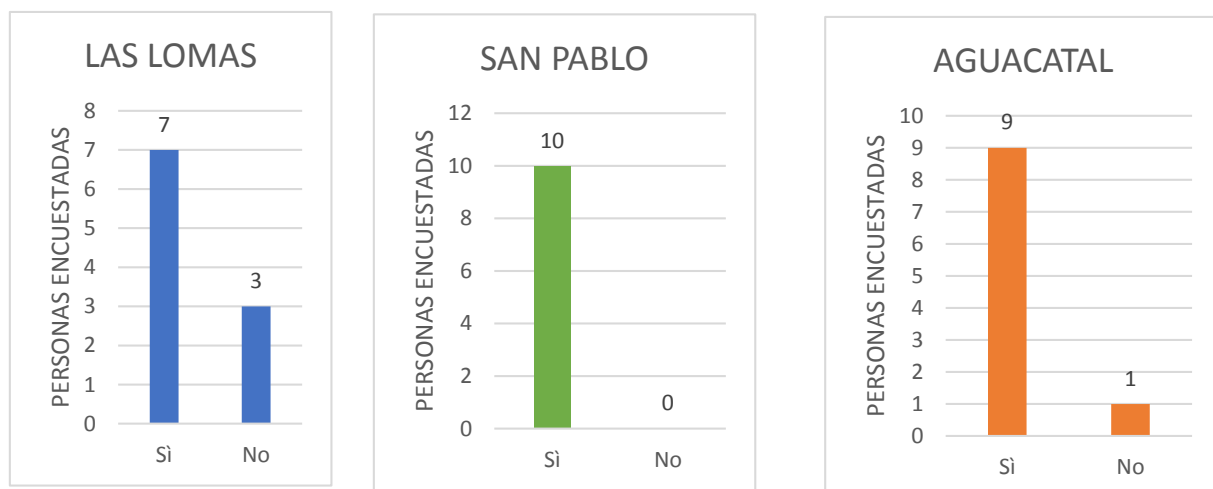


**Figura 10.** Gráfica edad de los encuestados. Las Lomas, San Pablo y Aguacatal.

El 3.33 por ciento de los encuestados fueron entre 15 – 25 años, el 50 por ciento entre 26 – 35 años, el 20 por ciento entre 36 – 45 años y 26.66 por ciento más de 46 años.

**Pregunta N°3**

¿Conoció usted la condición de la quebrada \_\_\_\_\_ antes de la construcción del proyecto habitacional?

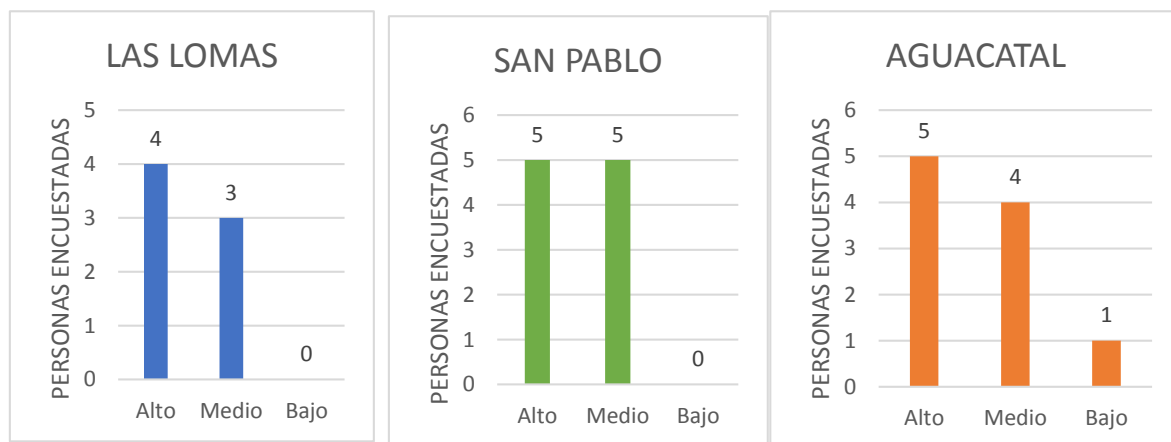


**Figura 11.** Gráfica de condición de la quebrada. Las Lomas, San Pablo y Aguacatal

El 86.66 por ciento afirmó haber conocido la condición de la quebrada antes de la construcción del proyecto habitacional mientras que el 13.33 por ciento indicó lo contrario.

**Pregunta N° 3.1**

¿Si su respuesta es Sí, puede especificar por favor?

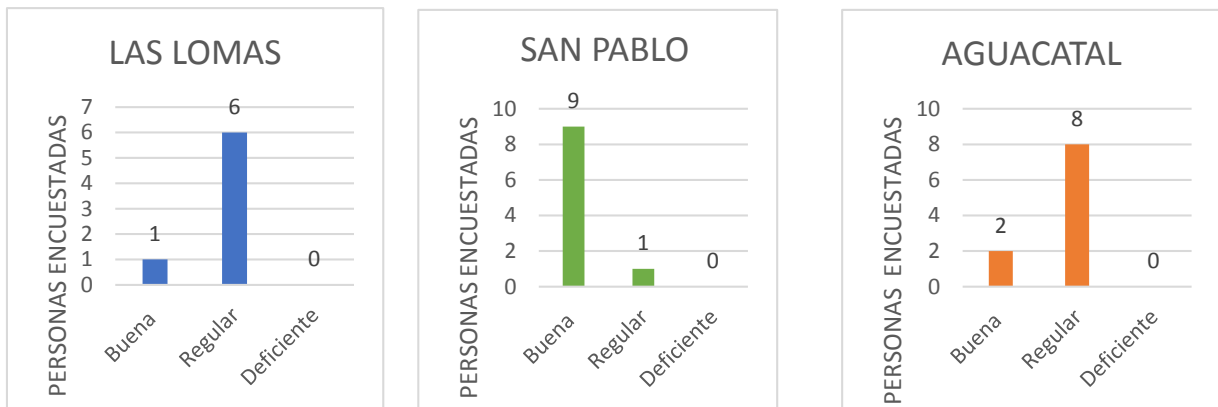
**3.1.1 Nivel de caudal:**

**Figura 12.** Gráfica del nivel del caudal. Las Lomas, San Pablo y Aguacatal

El 51.85 por ciento afirmó que era alto, 44.44 por ciento dijo que era medio y un 3.70 por ciento indico que era bajo.

**Pregunta N° 3.1.2**

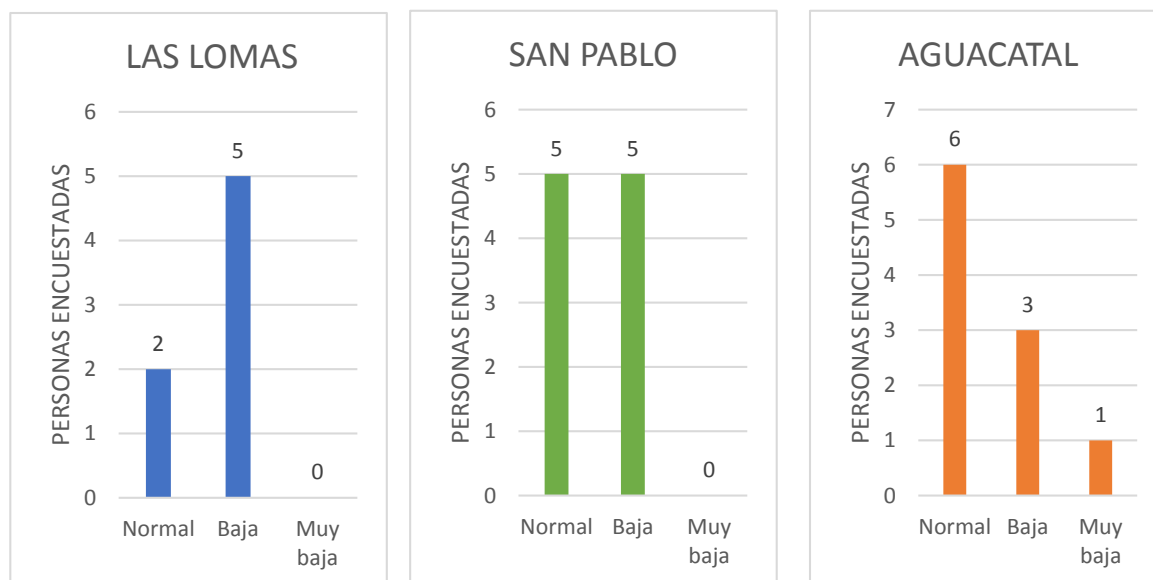
Calidad del agua:

**Figura 13.** Gráfica de calidad de agua. Las Lomas, San Pablo y Aguacatal

El 44.44 por ciento indicó que la calidad era buena y el 55.56 por ciento dijo que regular.

**Pregunta N° 3.1.3**

Cantidad de agua en época seca:

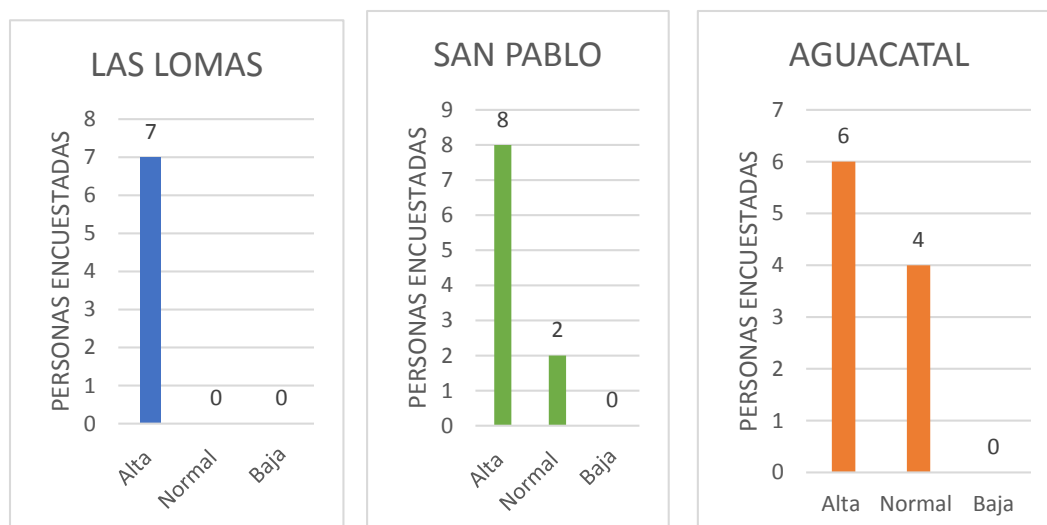


**Figura 14.** Gráfica de cantidad de agua en época seca. Las Lomas, San Pablo y Aguacatal.

El 48.15 por ciento dijo que la cantidad de agua en época seca era normal, 48.15 por ciento indicó que baja y el 3.70 por ciento mencionó que muy baja.

**Pregunta N° 3.1.4**

Cantidad de agua en época lluviosa:

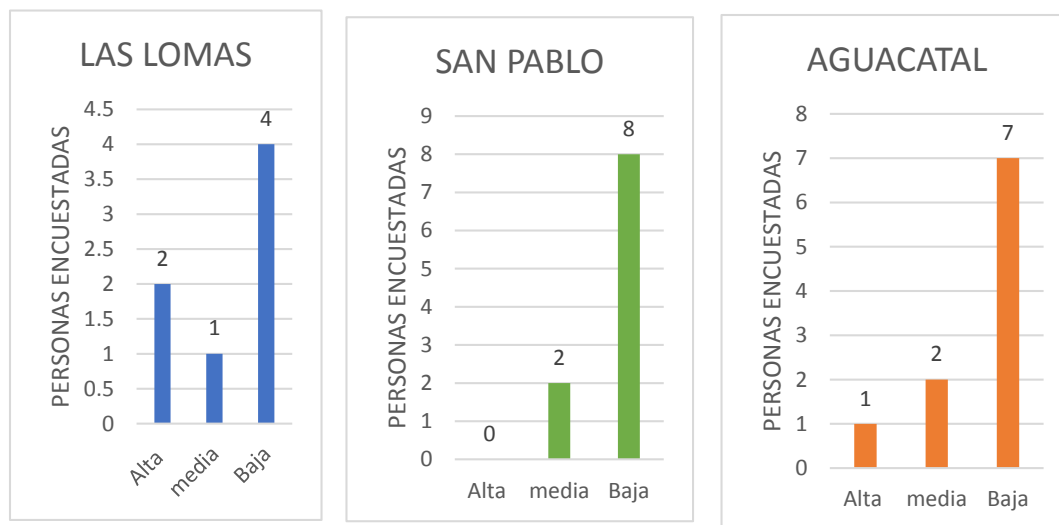


**Figura 15.** Gráfica de cantidad de agua en época lluviosa. Las Lomas, San Pablo y Aguacatal

El 77.78 por ciento mencionó que la cantidad de agua en época lluviosa era alta mientras que el 22.22 por ciento dijo que era normal.

**Pregunta N° 3.1.5**

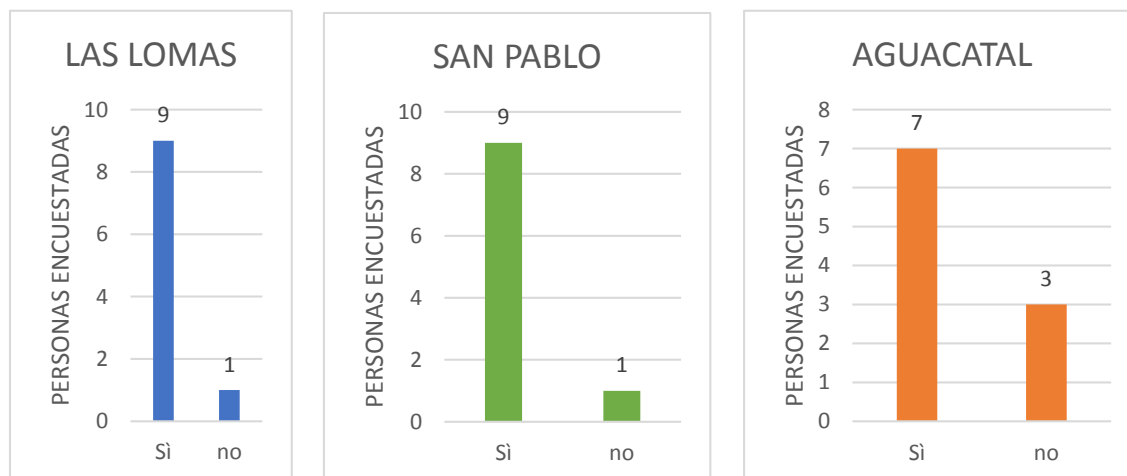
Sedimentación:

**Figura 16.** Gráfica de sedimentación. Las Lomas, San Pablo y Aguacatal

El 11.11 por ciento indicó que la sedimentación era alta, el 18.52 por ciento dijo que era media, sin embargo, el 70.37 por ciento dijo que era baja.

**Pregunta N°4**

¿Considera que la construcción del proyecto afectó la quebrada y a sus usuarios?



**Figura 17.** Gráfica de afectación a la quebrada y usuarios. Las Lomas  
San Pablo y Aguacatal

El 83.33 por ciento afirmó que la construcción del proyecto afectó la quebrada y sus usuarios mientras que un 16.67 por ciento considera que no afectó.

### Pregunta N° 4.1

Si su respuesta es SÍ, indique los usos dados a la fuente hídrica

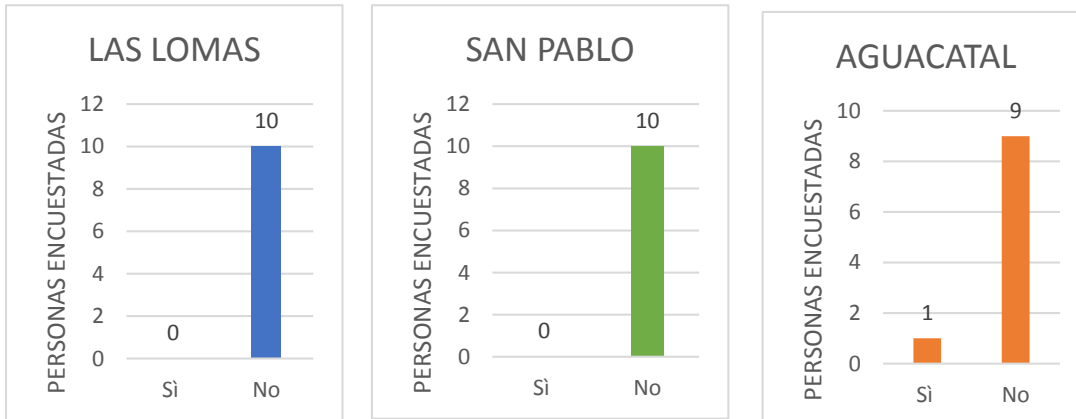


**Figura 18.** Gráfica de usos de la fuente hídrica. Las lomas, San Pablo y Aguacatal

Obtuvimos que 26.67 por ciento da uso agrícola, 30 por ciento uso ganadero, es decir, el 56.67 por ciento representa el uso agropecuario, 20 por ciento uso doméstico y 23.33 por ciento uso recreativo.

### Pregunta N°5

¿La empresa constructora le brindó información en general antes de su construcción sobre el proyecto y sus impactos a la fuente hídrica y a la comunidad?

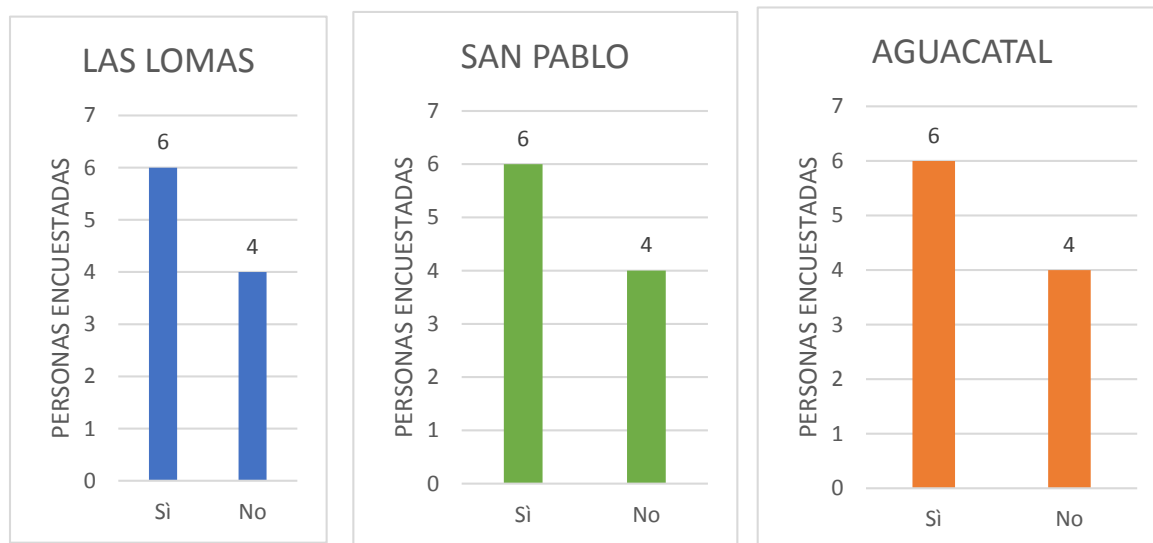


**Figura 19.** Gráfica de información general. Las Lomas, San Pablo y Aguacatal

El 96.67 por ciento afirmó no haber recibido información general del proyecto y un 3.33 por ciento dijo que si recibió información acerca del proyecto.

**Pregunta N°6**

¿Considera que el proyecto habitacional es responsable del estado de la quebrada por no ejecutarse las medidas de protección, mitigación y control?



**Figura 20.** Gráfica de responsabilidad del estado de la quebrada. Las Lomas, San Pablo y Aguacatal.

El 60 por ciento considera al proyecto responsable del estado de la quebrada y el otro 40 por ciento indico que no considera al proyecto responsable.

**Pregunta N°7**

¿Considera que la empresa constructora ha hecho algo para mejorar la calidad de la quebrada?



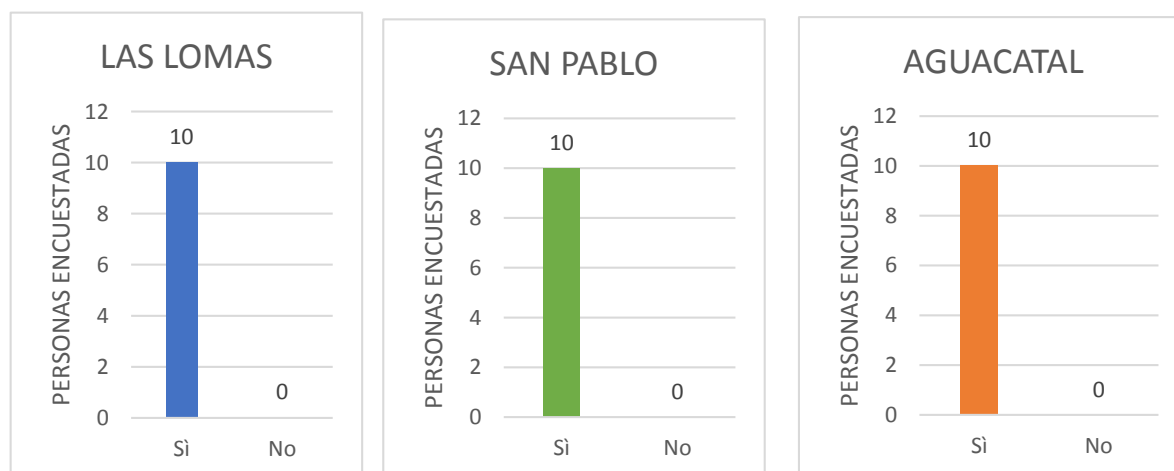
**Figura 21.** Gráfica de mejoras a la quebrada por la constructora.

Las Lomas, San Pablo y Aguacatal.

El 96.67 por ciento indica que la empresa no vela por mejorar la calidad de la quebrada y un 3.33 por ciento afirma que si lo hace.

### Pregunta N°8

¿Debería realizarse una limpieza de la quebrada?

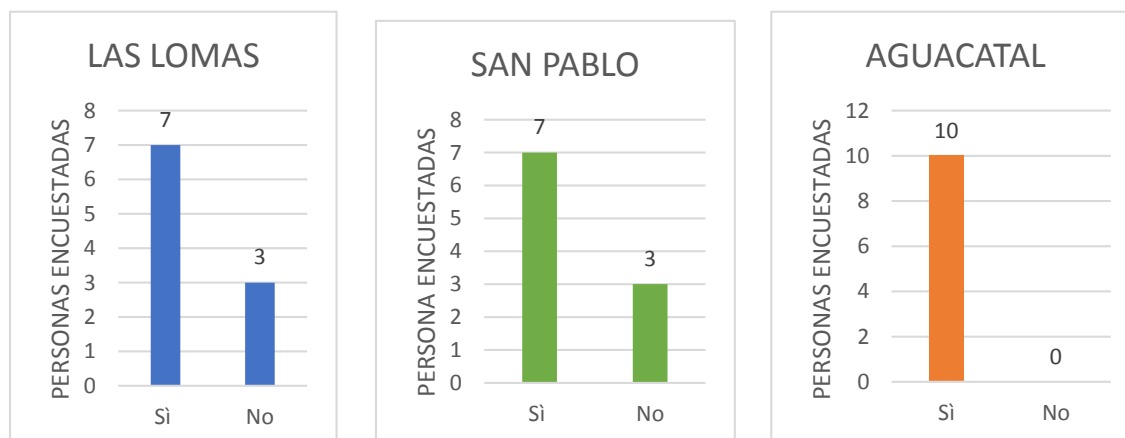


**Figura 22.** Gráfica de realización de limpieza. Las Lomas, San Pablo y Aguacatal

El 100 por ciento afirma que se debe realizar una limpieza a la quebrada.

### Pregunta N°9

¿Participaría usted en la recuperación de la quebrada?



**Figura 23.** Gráfica de participación de recuperación de la quebrada. Las Lomas, San Pablo y Aguacatal

El 80 por ciento afirmó que participaría en la limpieza de la quebrada y un 20 por ciento no.

**Pregunta N° 10**

¿Desea realizar un comentario adicional?

En Sueño Dorado donde aplicamos encuestas 60 por ciento a hombres y 40 por ciento a mujeres se le da un uso agrícola, comercial, agropecuario y de subsistencia, encontramos que el 70 por ciento conocía el estado de la quebrada antes de la construcción del proyecto y tenían conocimientos básicos de los estándares de la misma, se conoció que el 90 por ciento no recibió información general del proyecto y sus posibles impactos por parte de la constructora. Un 60 por ciento considera al proyecto responsable de estado de la quebrada tras no ejecutarse medidas de mitigación y protección, indicaron que la empresa no ha hecho gestión alguna para mejorar la calidad de la misma considerando ellos que debe realizarse una limpieza en la quebrada y que colaborarían en esta actividad.

A manera de comentario nos indicaron que en la zona se va mucho el agua, que las quebradas están secas y algunas están muy sucias ya que muchas casas tienen desagües al cauce de la quebrada.

En la zona de San Pablo Viejo las encuestas fueron aplicadas el 50 por ciento a mujeres y 50 por ciento hombres, el uso de suelo en esta área es ganadero y de subsistencia, encontramos que el 100 por ciento conocía el estado de la quebrada antes de la construcción del proyecto y tenían conocimientos básicos de los estándares de la misma. Se conoció también que el 100 por ciento no recibió información general del proyecto y sus posibles impactos por parte de la constructora, un 60 por ciento considera al proyecto responsable de estado de la quebrada tras no ejecutarse medidas de mitigación y protección, indicaron que la empresa no ha hecho gestión alguna para mejorar la calidad de la misma considerando ellos que debe realizarse una limpieza en la quebrada y que la mayoría colaboraría en esta actividad.

A manera de comentario nos indicaron que en esta zona se eliminó un humedal para realizar la construcción de un residencial, también hicieron mención sobre el agua de la quebrada que ya no es clara como lo era antes y que tiene mucha basura. Por otra parte, nos informaron que cerca de la quebrada hay un molino y una porqueriza que pueden propagar vectores de contaminación.

En Aguacatal donde aplicamos encuestas 10 por ciento a hombres y 90 por ciento a mujeres se le da un uso agrícola, agropecuario y de subsistencia, encontramos que el 90 por ciento conocía el estado de la quebrada antes de la construcción del proyecto y tenían conocimientos básicos de los estándares de la misma, se conoció que el 90 por ciento no recibió información general del proyecto y sus posibles impactos por parte de la constructora. Un 60 por ciento considera al proyecto responsable de estado de la quebrada tras no ejecutarse medidas de mitigación y protección, indicaron que la empresa no ha hecho gestión alguna para mejorar la calidad de la misma considerando ellos que debe realizarse una limpieza en la quebrada y que colaborarían en esta actividad.

A manera de comentario nos indicaron que las empresas constructoras deberían velar por la protección del medio ambiente y todos los recursos naturales que hay en la zona, informaron también que algunas fincas cercanas depositan sus desechos a la quebrada.

#### 4.3. Medición del caudal

- **Aforo en la quebrada Sueño Dorado (Las Lomas)**

Este aforo fue realizado el 5 de octubre del 2019 a las 10:38 A.M. como resultado obtuvimos que el caudal de esta quebrada fue de 0.020 metros cúbicos/segundos que transformado a litros es de 20 Litros/segundos (Ver Cuadro N°2) Lo que es bajo para la época del año, reflejado por la falta de lluvia meses antes.

- **Aforo en la quebrada Cira (San Pablo)**

Fue realizado el 22 de agosto del 2019 a la 1:35 P.M. donde se obtuvo un caudal de 0.064 metros cúbicos /segundos que transformado a litros nos da un resultado de 64 Litros/segundos. (Ver Cuadro N°3)

- **Aforo en la quebrada El Tejar (Aguacatal)**

Este aforo se hizo el 2 de octubre del 2019 a las 12:55 y se obtuvo como resultado de la medición un caudal de 0.172 metros cúbicos /segundos, esto transformado a litros nos da un valor de 172 Litros/segundos.

La realización de estos aforos nos ayudó a crear un valor de referencia para futuros estudios en las zonas seleccionadas, a pesar que estas mediciones se realizaron en época lluviosa estos lugares contaban con un caudal bajo, lo cual coincide con las respuestas proporcionadas en las encuestas aplicadas a los residentes de la comunidad.

**CUADRO III.** Aforo de quebrada Cira San Pablo Nuevo **22 de agosto del 2019 1:35 pm.**

ESTACIÓN	DIST TOTAL AL FONDO	DIST A LA SUP DE AGUA	PROF EN MTS	PROF OBS EN MTS	REVOL	TIEMPO EN SEG	VEL		ÁREA	ANCHO	CAUDAL (m3/seg
							EN EL PUNTO	MEDIA EN LA VERT			
2.00	ORILLA		0.0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.50			0.26	0.10	0	41	0	0	0	0	0
3.50			0.21	0.08	1	45	0.02	0.02	0.21	1.0	0.004
4.50			0.25	0.10	9	45	0.14	0.14	0.19	0.75	0.026
5.00			0.21	0.08	7	47	0.10	0.10	0.10	0.50	0.001
5.50			0.18	0.07	7	47	0.10	0.10	0.09	0.50	0.009
6.00			0.14	0.06	7	48	0.10	0.10	0.07	0.50	0.009
6.50			0.10	0.04	8	44	0.12	0.12	0.05	0.50	0.006
7.00	ORILLA		0.0	0	0	0	0	0	0	0	0
											<b>0.064</b>
											<b>64 litros/segundo</b>

**Caudal en Litros: Caudal total \* 1000 (Resultado en Litros/segundo)**

**CUADRO IV.** Aforo de quebrada Cira San Pablo Nuevo. 2 de octubre del 2019 hora 11:06 am

ESTACIÓN	DIST TOTAL AL FONDO	DIST A LA SUP DE AGUA	PROF EN MTS	PROF OBS EN MTS	REVOL	TIEMPO EN SEG	VEL		ÁREA	ANCHO	CAUDAL m3/seg
							EN EL PUNTO	MEDIA EN LA VERT			
1.00	ORILLA		0.0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.50			0.16	0.06	3	41	0.05	0.05	0	0	0
2.00			0.16	0.06	1	40	0.02	0.02	0.08	0.50	0.001
2.50			0.20	0.08	3	43	0.05	0.05	0.1	0.50	0.005
3.00			0.22	0.08	4	41	0.07	0.07	0.11	0.50	0.007
3.50			0.24	0.09	5	40	0.08	0.08	0.12	0.50	0.009
4.00			0.24	0.09	4	40	0.07	0.07	0.12	0.50	0.008
4.50			0.24	0.09	1	40	0.02	0.02	0.12	0.50	0.002
5.00			0.12	0.04	4	40	0.07	0.07	0.06	0.50	0.004
5.50	ORILLA		0.0	0	0	0	0	0	0	0	0
											<b>0.036</b>
											<b>36</b> <b>litros/segundo</b>

**CUADRO V.** Aforo de quebrada El Tejar: **2 de octubre del 2019 hora 12:55 pm**

ESTA CIÓN	DIST TOTAL AL FONDO	DIST A LA SUP DE AGUA	PRO F EN MTS	PROF OBS EN MTS	REVO L	TIEMP O EN SEG	VEL		ÁREA	ANCHO	CAUDAL
							EN EL PUNT O	MEDIA EN LA VERT			
1.00	ORILLA		0.0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.00			0.24	0.09	3	40	0.05	0.05	0	0	0
3.00			0.26	0.10	8	40	0.13	0.13	0.26	1	0.033
4.00			0.24	0.09	5	40	0.08	0.08	0.24	1	0.019
5.00			0.28	0.11	4	40	0.07	0.07	0.28	1	0.019
6.00			0.36	0.14	1	40	0.02	0.02	0.36	1	0.007
7.00			0.35	0.14	3	40	0.05	0.05	0.35	1	0.017
8.00			0.36	0.14	6	40	0.10	0.10	0.36	1	0.036
9.00			0.33	0.13	3	40	0.05	0.05	0.33	1	0.016
10.00			0.32	0.12	5	40	0.08	0.08	0.32	1	0.025
11.00	ORILLA		0.0	0	0	0	0	0	0	0	0
											<b>0.172</b>
											<b>172 litros/segundo</b>

**CUADRO VI.** Aforo de quebrada Sueño Dorado: **5 de octubre del 2019 hora 10:38 pm**

ESTACIÓN	DIST TOTAL AL FONDO	DIST A LA SUP DE AGUA	PROF EN MTS	PROF OBS EN MTS	REVO L	TIEMP O EN SEG	VEL		AREA	ANCHO	CAUDAL
							EN EL PUNTO	MEDIA EN LA VERT			
1.00	ORILLA		0.0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.00			0.40	0.16	0	40	0.005	0.005	0.40	1	0.002
3.00			0.28	0.11	0	40	0.005	0.005	0.28	1	0.001
4.00			0.14	0.05	1	40	0.022	0.022	0.14	1	0.003
5.00			0.36	0.14	2	40	0.039	0.039	0.36	1	0.014
6.00	ORILLA		0.0	0	0	0	0	0	0	0	0
											0.02m <sup>3</sup> /seg
											20 Lts/segs



**Figura 24.** Aforo en la quebrada El Tejar

4.4. Cálculos del coeficiente de escorrentía y la producción de agua, volumen medio anual de escurrimiento.

Se realizaron los cálculos para conocer la producción de agua dentro del área de descarga de cada microcuenca que está en función a la precipitación, cobertura boscosa y al tipo de suelo, de esta manera establecer el valor de escorrentía correspondiente a cada una de las zonas elegidas para el estudio, considerando el coeficiente de escorrentía para cada condición, tanto antes como después de ejecutado el proyecto.

Las fórmulas utilizadas según la metodología de IMTA Y UNESCO fueron las siguientes:

4.4.1. Coeficiente de escurrimiento medio anual (Ce):

$$C_e = \frac{K(P - 250)}{2000} + \frac{(K - 0.15)}{1.5}$$

K= Valor según tipo y uso de suelo

P= Precipitación anual en milímetros

4.4.2. Cálculo de volumen medio anual de escurrimiento

$$V_m = A_c * P_m * C_e$$

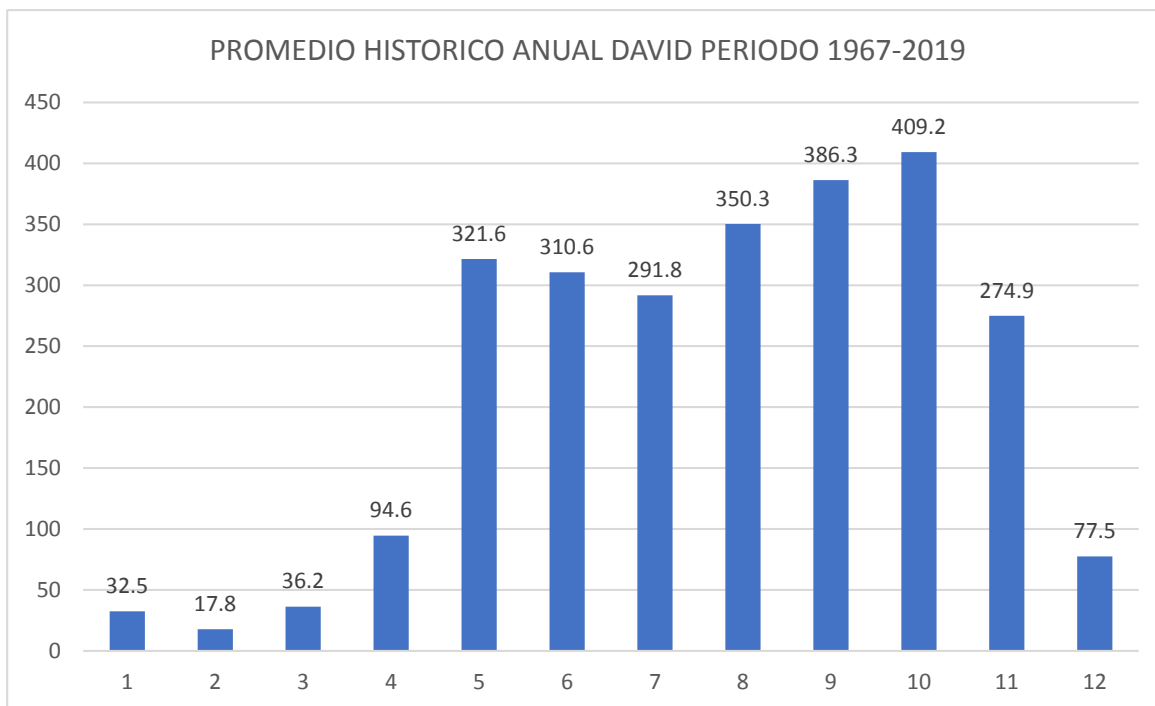
V<sub>m</sub>= volumen medio anual escurrido (metros cúbicos).

A<sub>c</sub>= área de la cuenca (metros cuadrados).

P<sub>m</sub>= precipitación media anual(metros).

C<sub>e</sub>= coeficiente de escurrimiento.

Los valores de precipitación presentados son de la Estación David N°108 – 023



**Figura 25.** Gráfica del promedio histórico anual David Periodo 1967-2019

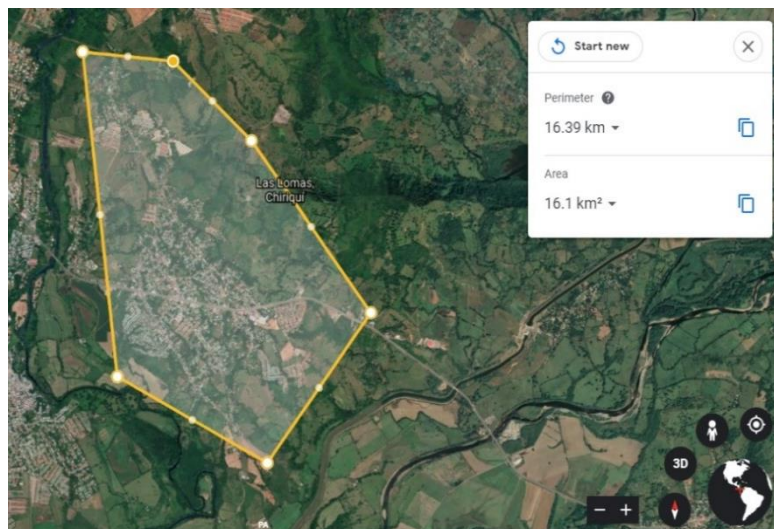
Al realizar este análisis de los datos históricos de la estación meteorológica de David podemos observar que los meses secos son del mes de diciembre al mes de abril mientras que los meses de mayor precipitación son desde mayo a noviembre.

**CUADRO VII. IDENTIFICACIÓN PARA VALORES DE K**

	LAS LOMAS	SAN PABLO VIEJO	AGUACATAL
USO DE SUELO	PASTOS	PASTOS	PASTOS
TIPO DE SUELO	TIPO C (MÁS DEL 75% DE COBERTURA DE PASTO)	TIPO C (MÁS DEL 75% DE COBERTURA DE PASTO)	TIPO B (MAS DEL 75% DE COBERTURA DE PASTO)
TEXTURA	SUELOS CASI IMPERMEABLES, TALES COMO ARENAS O LOESS MUY DELGADOS SOBRE UNA CAPA IMPERMEABLE, O BIEN ARCILLAS.	SUELOS CASI IMPERMEABLES, TALES COMO ARENAS O LOESS MUY DELGADOS SOBRE UNA CAPA IMPERMEABLE, O BIEN ARCILLAS.	SUELOS MEDIANAMENTE PERMEABLES, LOESS ALGO MAS COMPACTOS QUE LOS CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS A; TERRENOS MIGAJOSOS.
VALOR DE K ANTES DEL PROYECTO	0.28	0.28	0.20
VALOR DE K DESPUÉS DEL PROYECTO	0.32	0.32	0.29

\*En las microcuencas el área delimitada es la zona afectada por el proyecto y no el área de drenaje de la microcuenca.

## LAS LOMAS



**Figura 26.** FUENTE: Google earth 2019. Microcuenca de la Quebrada Sueño Dorado

Microcuenca de la Quebrada Sueño Dorado

Perímetro: 16.39 kilómetros

Área: 16.1 kilómetros cuadrados

### **Cálculos para antes del proyecto**

$$C_e = \frac{K(P - 250)}{2000} + \frac{(K - 0.15)}{1.5}$$

$$C_e = \frac{(0.28(2602.8 - 250))}{2000} + \frac{(0.28 - 0.15)}{1.5}$$

$$C_e = \frac{(0.28 * 2352.8)}{2000} + \frac{0.13}{1.5}$$

$$C_e = \frac{658.78}{2000} + 0.086$$

$$C_e = 0.33 + 0.086$$

$$C_e = 0.416$$

$$Vm = Ac * Pm * Ce$$

$$Vm = 16,100,000 m^2 * 2.602 m * 0.416$$

$$Vm = 17,427,155.20 \text{ metros cúbicos}$$

**Cálculos después del proyecto:**

$$Ce = \frac{K(P - 250)}{2000} + \frac{(K - 0.15)}{1.5}$$

$$Ce = \frac{(0.32(2602.8 - 250))}{2000} + \frac{(0.32 - 0.15)}{1.5}$$

$$Ce = \frac{(0.32 * 2352.8)}{2000} + \frac{0.17}{1.5}$$

$$Ce = \frac{752.90}{2000} + 0.113$$

$$Ce = 0.376 + 0.113$$

$$Ce = 0.489$$

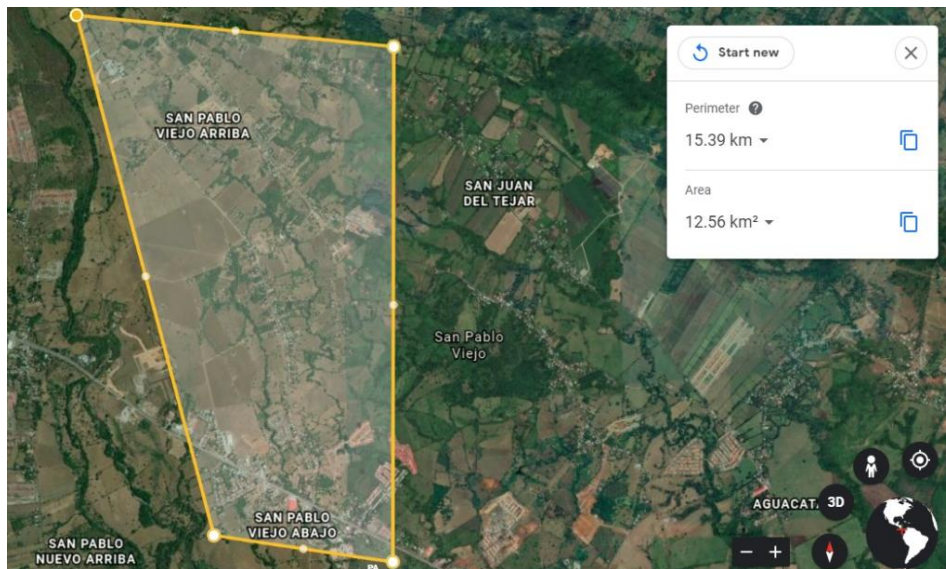
$$Vm = Ac * Pm * Ce$$

$$Vm = 16,100,000 m^2 * 2.602 m * 0.489$$

$$Vm = 20,485,285.80 \text{ metros cúbicos}$$

La microcuenca de la quebrada Sueño Dorado cuenta con un perímetro de 16.39 kilómetros, su área es de 16.1 kilómetros cuadrados, luego de realizados los cálculos para antes del proyecto obtuvimos un coeficiente de escorrentía de 0.416 y el volumen medio anual de escurrimiento era de 17,427,155.20 metros cúbicos, para después del proyecto se obtuvo un coeficiente de escorrentía de 0.489 y el volumen medio anual de escurrimiento de 20,485,285.80 metros cúbicos lo que nos indica un incremento en la escorrentía superficial y el volumen medio anual.

## SAN PABLO



**Figura 27.** FUENTE: Google earth 2019. Microcuenca de la Quebrada Cira

Microcuenca de la Quebrada Cira

Perímetro: 15.39 kilómetros

Área: 12.56 kilómetros cuadrados

**Cálculos para antes del proyecto:**

$$C_e = \frac{K(P - 250)}{2000} + \frac{(K - 0.15)}{1.5}$$

$$C_e = \frac{(0.28(2520 - 250))}{2000} + \frac{(0.28 - 0.15)}{1.5}$$

$$C_e = \frac{(0.28 * 2270)}{2000} + \frac{0.13}{1.5}$$

$$C_e = \frac{635.60}{2000} + 0.86$$

$$C_e = 0.318 + 0.086$$

$$C_e = 0.40$$

$$Vm = Ac * Pm * Ce$$

$$Vm = 12,560,000m^2 * 2.520 * 0.40$$

$$Vm = 12,660,480.00 \text{ metros cúbicos}$$

### Cálculos para después del proyecto:

$$Ce = \frac{K(P - 250)}{2000} + \frac{(K - 0.15)}{1.5}$$

$$Ce = \frac{(0.32(2520-250))}{2000} + \frac{(0.32-0.15)}{1.5}$$

$$Ce = \frac{(0.32 * 2270)}{2000} + \frac{0.17}{1.5}$$

$$Ce = \frac{726.40}{2000} + 0.11$$

$$Ce = 0.36 + 0.11$$

$$Ce = 0.47$$

$$Vm = Ac * Pm * Ce$$

$$Vm = 12,560,000m^2 * 2.520 * 0.47$$

$$Vm = 14,876,064.00 \text{ metros cúbicos}$$

La microcuenca de la quebrada Cira cuenta con un perímetro de 15.39 kilómetros, su área es de 12.56 kilómetros cuadrados, luego de realizados los cálculos obtuvimos un coeficiente de escorrentía de 0.40, el volumen medio anual de escurrimiento fue de 12,660,480.00 metros cúbicos, para después del proyecto se obtuvo un coeficiente de escorrentía de 0.47 y el volumen medio anual de escurrimiento de 14,876,064.00 metros cúbicos lo que nos indica un incremento en la escorrentía superficial y el volumen medio anual.

## AGUACATAL



**Figura 28.** FUENTE: Google earth 2019.  
Microcuenca de la Quebrada El Tejar

Microcuenca de la Quebrada El Tejar

Perímetro: 19.92 kilómetros

Área: 21.39 kilómetros cuadrados

**Cálculos para antes del proyecto:**

$$C_e = \frac{K(P - 250)}{2000} + \frac{(K - 0.15)}{1.5}$$

$$C_e = \frac{(0.20(2602.8 - 250))}{2000} + \frac{(0.20 - 0.15)}{1.5}$$

$$C_e = \frac{(0.20 * 2352.8)}{2000} + \frac{0.05}{1.5}$$

$$C_e = \frac{470.56}{2000} + 0.03$$

$$C_e = 0.23 + 0.03$$

$$C_e = 0.26$$

$$Vm = Ac * Pm * Ce$$

$$Vm = 21,390,000m^2 * 2.602 * 0.26$$

$$Vm = 14,470,762.80 \text{ metros cúbicos}$$

**Cálculos para después del proyecto:**

$$Ce = \frac{K(P - 250)}{2000} + \frac{(K - 0.15)}{1.5}$$

$$Ce = \frac{(0.29(2602.8 - 250))}{2000} + \frac{(0.29 - 0.15)}{1.5}$$

$$Ce = \frac{(0.29 * 2352.8)}{2000} + \frac{0.14}{1.5}$$

$$Ce = \frac{682.31}{2000} + 0.09$$

$$Ce = 0.34 + 0.09$$

$$Ce = 0.43$$

$$Vm = Ac * Pm * Ce$$

$$Vm = 21,390,000m^2 * 2.602 * 0.43$$

$$Vm = 23,932,415.40 \text{ metros cúbicos}$$

La microcuenca de la quebrada El Tejar cuenta con un perímetro de 19.92 kilómetros, su área es de 21.39 kilómetros cuadrados, luego de realizados los cálculos obtuvimos un coeficiente de escorrentía de 0.26, el volumen medio anual de escurrimiento fue de 14,470,762.80 metros cúbicos, para después del proyecto se obtuvo un coeficiente de escorrentía de 0.43 y el volumen medio anual de escurrimiento de 23,932,415.40 metros cúbicos lo que nos indica un incremento en la escorrentía superficial y el volumen medio anual.

#### 4.4.3. Cálculos de años secos y años húmedos

Para la realización de estos cálculos se procedió a tomar datos de precipitación de un año húmedo, un año seco y con datos históricos desde 1967 hasta 2019 de ETESA usando como línea base la información generada en estación meteorológica de David.

#### **AÑO HUMEDO 2010**

#### **CÁLCULOS ANTES DEL PROYECTO**

$$Ce = \frac{K(P - 250)}{2000} + \frac{(K - 0.15)}{1.5}$$

$$Ce = \frac{(0.28(3845.70 - 250))}{2000} + \frac{(0.28 - 0.15)}{1.5}$$

$$Ce = \frac{(0.28 * 3595.70)}{2000} + \frac{0.13}{1.5}$$

$$Ce = \frac{1006.80}{2000} + 0.09$$

$$Ce = 0.50 + 0.09$$

$$Ce = 0.59$$

$$Vm = Ac * Pm * Ce$$

$$Vm = 21,390,000m^2 * 3.845 * 0.59$$

$$Vm = 48,524,284.50 \text{ metros cúbicos/año}$$

**DESPUÉS DEL PROYECTO**

$$C_e = \frac{K(P - 250)}{2000} + \frac{(K - 0.15)}{1.5}$$

$$C_e = \frac{(0.32(3845.70 - 250))}{2000} + \frac{(0.32 - 0.15)}{1.5}$$

$$C_e = \frac{(0.32 * 3595.70)}{2000} + \frac{0.17}{1.5}$$

$$C_e = \frac{1150.62}{2000} + 0.11$$

$$C_e = 0.57 + 0.11$$

$$C_e = 0.68$$

$$V_m = A_c * P_m * C_e$$

$$V_m = 21,390,000m^2 * 3.845 * 0.68$$

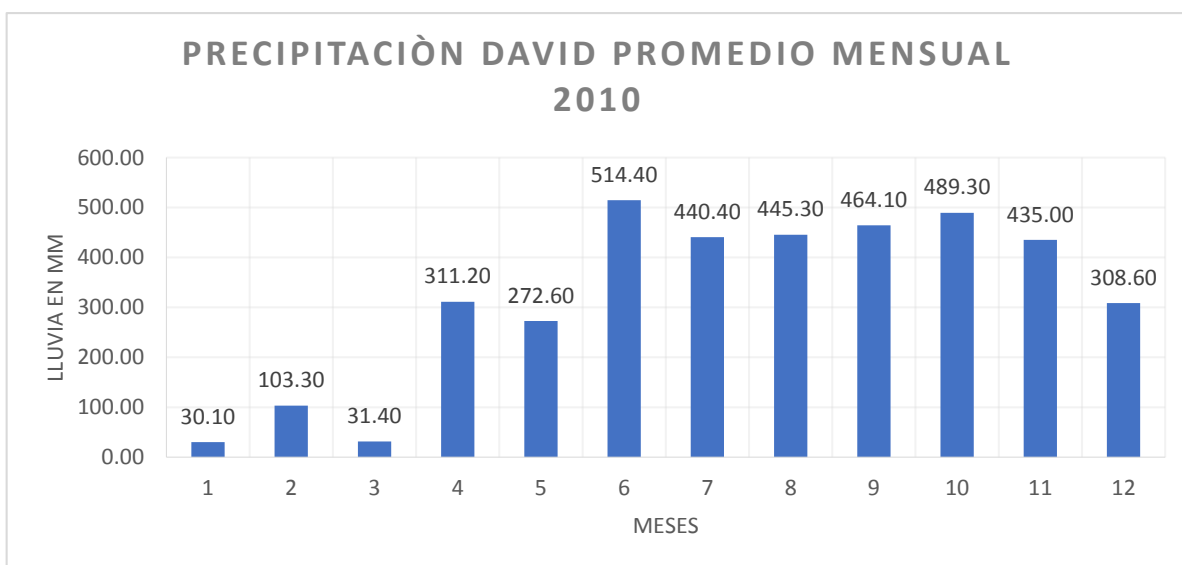
$$V_m = 55,926,294 \text{ metros cúbicos/año}$$

El año húmedo seleccionado fue el 2010, aplicamos la fórmula de coeficiente de escorrentía la cual nos dio un resultado de 0.59, también aplicamos la fórmula de volumen medio anual de escurrimiento y el resultado fue de 48,524,284.50 metros cúbicos, para después del proyecto se obtuvo un coeficiente de escorrentía de 0.68 y el volumen medio anual de escurrimiento de 55,926,294 metros cúbicos lo que nos indica un incremento en la escorrentía superficial y el volumen medio anual.

Este año 2010 fue un año donde se presentaron altos niveles de precipitación en nuestro país.

Varios patrones climáticos de gran escala influyeron sobre las condiciones del clima y patrones del tiempo durante el año 2010. La transición de la fase cálida de El Niño a principios del año a la fase fría de La Niña para el mes de Julio contribuyó con muchos eventos significativos. (ACP, 2014)

La tormenta La Purísima fue una de las causantes del alto nivel de precipitación que hubo en nuestro país, tanto así que el tránsito por el Canal de Panamá se detuvo y se vio afectada el área operativa, esto provocó deslizamientos de tierra que removieron gran cantidad de bosque y lodo. (ACP, 2014)



**Figura 29.** Gráfica de precipitación David promedio mensual 2010.

**AÑO SECO 2019****CÀLCULOS ANTES DEL PROYECTO:**

$$Ce = \frac{K(P - 250)}{2000} + \frac{(K - 0.15)}{1.5}$$

$$Ce = \frac{(0.28(1785.50-250))}{2000} + \frac{(0.28-0.15)}{1.5}$$

$$Ce = \frac{(0.28 * 1535.5)}{2000} + \frac{0.13}{1.5}$$

$$Ce = \frac{429.94}{2000} + 0.08$$

$$Ce = 0.21 + 0.11$$

$$Ce = 0.32$$

$$Vm = Ac * Pm * Ce$$

$$Vm = 21,390,000m^2 * 0.149 * 0.32$$

$$Vm = 1,019,875.20 \text{ metros cúbicos}$$

**CÀLCULOS DESPUÈS DEL PROYECTO**

$$Ce = \frac{K(P - 250)}{2000} + \frac{(K - 0.15)}{1.5}$$

$$Ce = \frac{(0.32(1785.50-250))}{2000} + \frac{(0.32-0.15)}{1.5}$$

$$Ce = \frac{(0.32 * 1535.5)}{2000} + \frac{0.17}{1.5}$$

$$Ce = \frac{499.94}{2000} + 0.11$$

$$Ce = 0.25 + 0.11$$

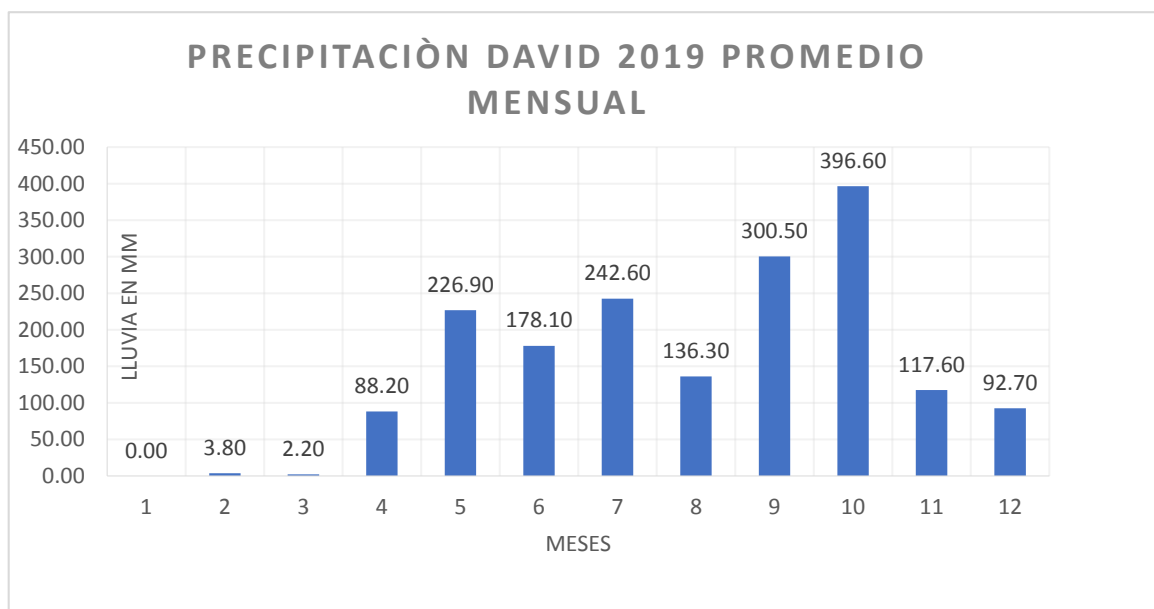
$$Ce = 0.36$$

$$Vm = Ac * Pm * Ce$$

$$Vm = 21,390,000m^2 * 0.149 * 0.36$$

$$Vm = 1,147,359.60 \text{ metros cúbicos}$$

El año seco seleccionado fue el 2019, aplicamos la fórmula de coeficiente de escorrentía la cual nos dio un resultado de 0.32, también aplicamos la fórmula de volumen medio anual de escurrimiento y el resultado fue de 1,019,875.20 metros cúbicos, para después del proyecto se obtuvo un coeficiente de escorrentía de 0.36 y el volumen medio anual de escurrimiento de 1,147,359.60 metros cúbicos lo que nos indica un incremento en la escorrentía superficial y el volumen medio anual.



**Figura 30.** Gráfica de precipitación David 2019 promedio mensual

El 2019 concluyó como el quinto años más seco según los registros de los últimos 70 años. Esto, como consecuencia de una reducción de las lluvias, que durante 2019 registraron 2,149 milímetros de precipitación, un 20 por ciento menos que el promedio histórico de 2,695 milímetros. **(MUNDO MARITIMO, 2020)**

La baja en la oferta del agua de la microcuenca tiene consecuencias en el abastecimiento a las comunidades ya que el caudal de los ríos disminuye y las potabilizadoras reducen su producción, además hay poca infiltración hacia los acuíferos y los pozos tienden a perder potencial para su uso.

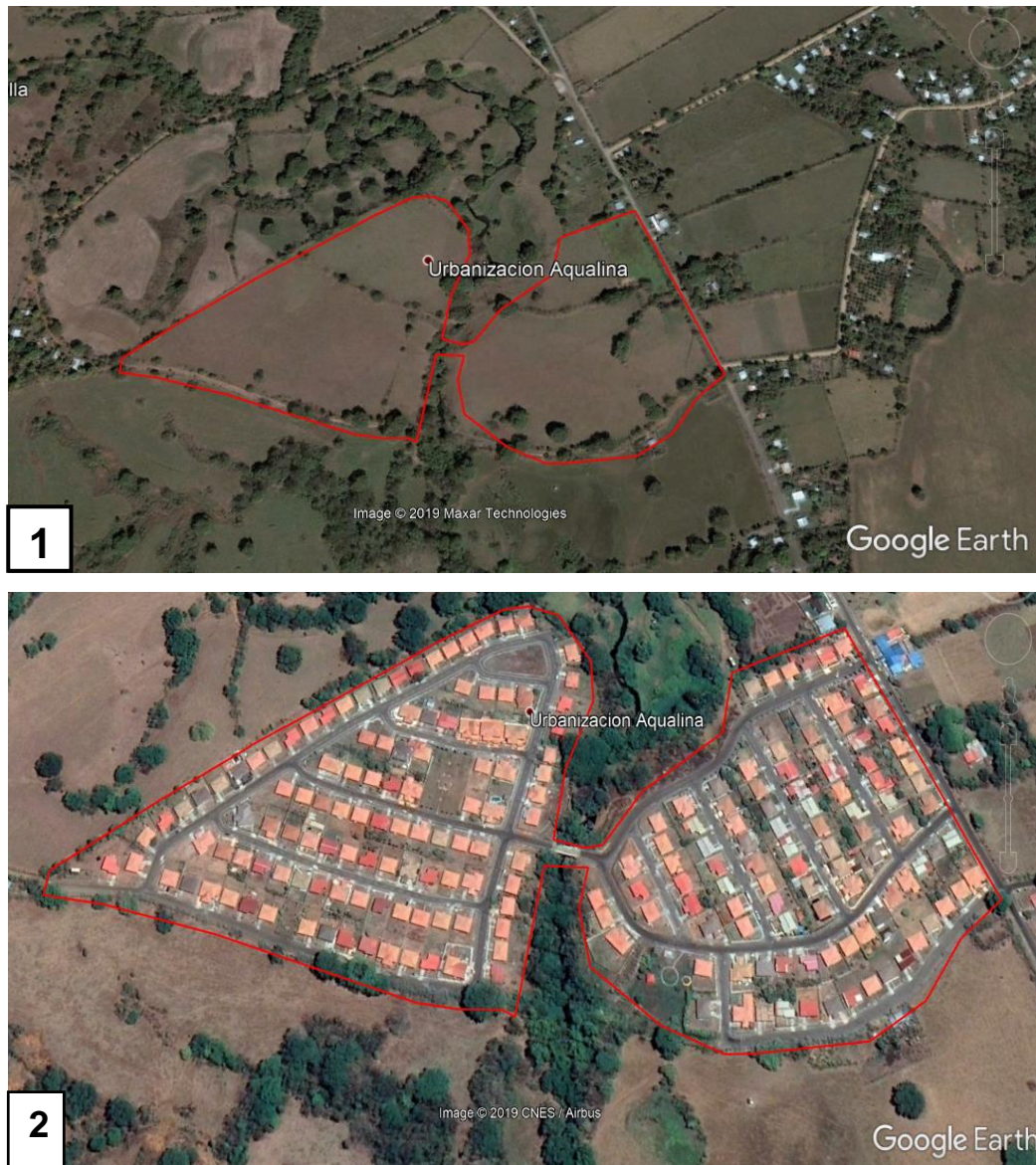
#### 4.5. Cambio de cobertura de suelo

En estos mapas procedimos a establecer dentro de cada una de las zonas de estudio los diferentes usos de suelo en cada lugar señalando el área que abarca y demostrando el aumento significativo que ha tenido el desarrollo urbano en estos lugares donde se han establecido muchas barriadas debido al incremento poblacional y la demanda de viviendas.

Según Vidal y Romero (2010) la urbanización modifica los componentes del ciclo hidrológico, en especial los volúmenes de agua que escurren o anegan la superficie de los suelos durante la ocurrencia de episodios lluviosos. Lo que antes eran potreros a gran escala y áreas de infiltración de agua para los acuíferos se han ido reduciendo causando una menor área de aprovechamiento del recurso y mayor escurrimiento de la misma.

## MAPAS DE COBERTURA DE SUELO

### AGUACATAL



**Figura 31.** FUENTE: Mapa geográfico del área de Aguacatal.

GOOGLE EARTH. 25 de enero del 2005

Antes y después Aguacatal.

1. Antes de la urbanización
2. Después de la urbanización

El área desarrollada para el Residencial Aqualina fue de 212 404.03 metros cuadrados, siendo este territorio el total de cobertura boscosa y zona para infiltración de agua descartada.

## SAN PABLO



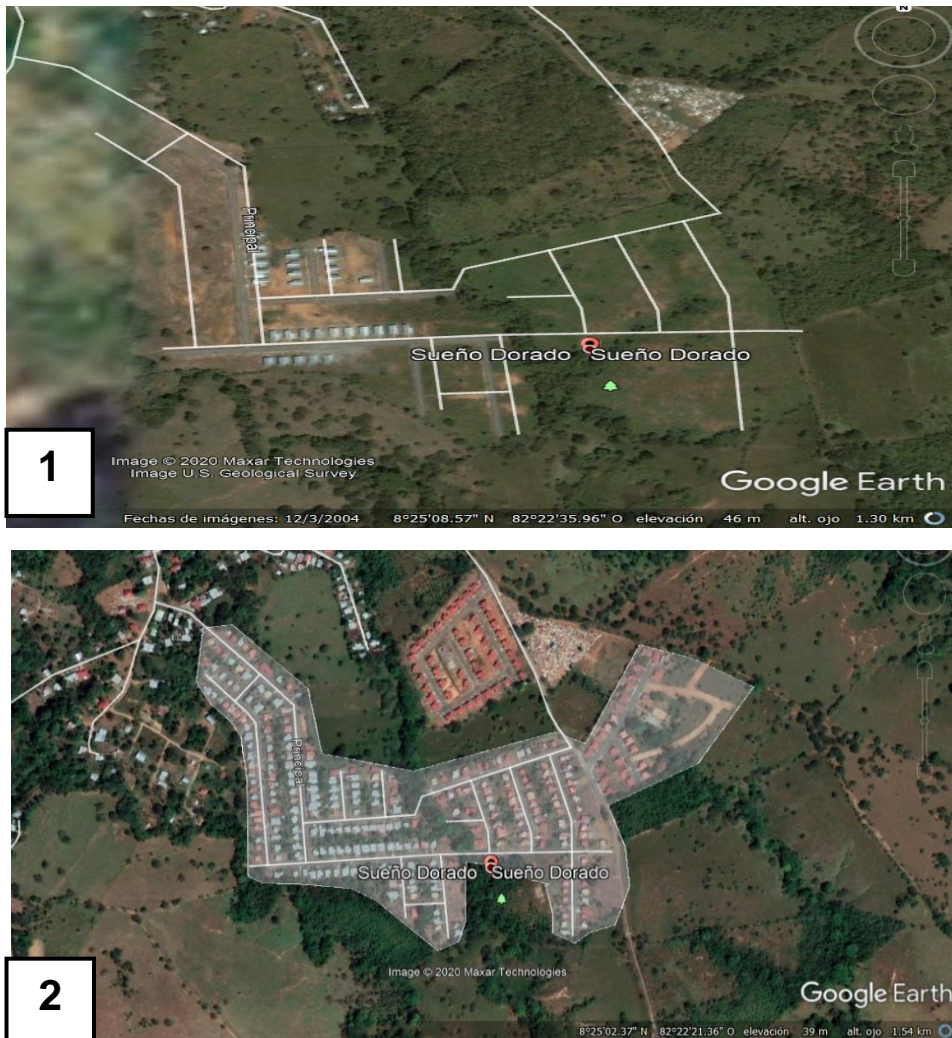
**Figura 32.** FUENTE: Mapa geográfico del área de San Pablo.  
GOOGLE EARTH. 25 de enero del 2005

Antes y después San Pablo.

1. Antes de la urbanización
2. Después de la urbanización

El área desarrollada para el Residencial El Dorado fue de 218 953.00 metros cuadrados, siendo este territorio el total de cobertura boscosa y zona para infiltración de agua descartada.

## LAS LOMAS

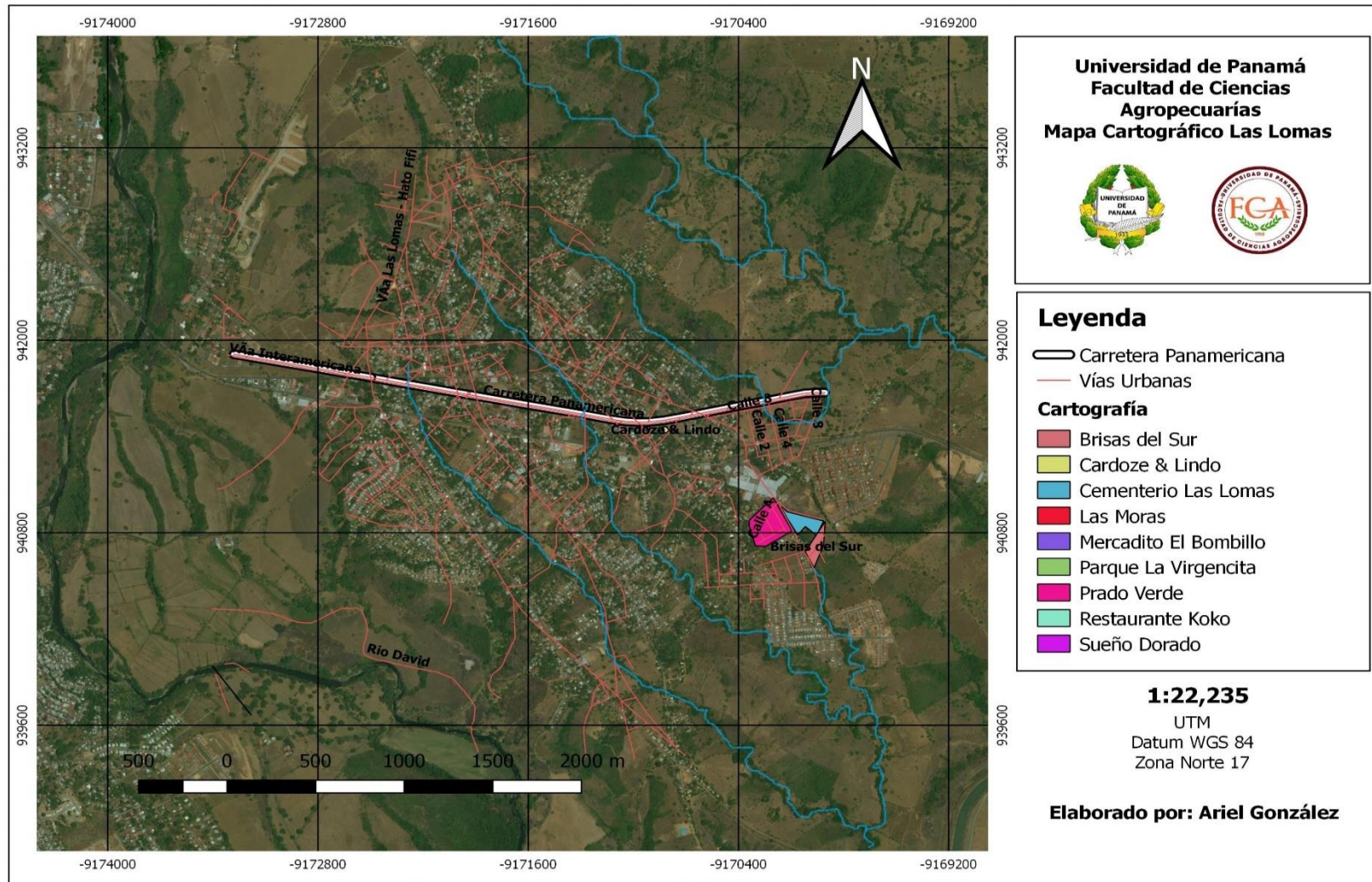


**Figura 33.** FUENTE: Mapa geográfico del área de Las Lomas. GOOGLE EARTH. 25 de enero del 2005

Antes y después Las Lomas.

1. Antes de la urbanización
2. Después de la urbanización

El área desarrollada para el Residencial Sueño Dorado fue de 261 783.00 metros cuadrados, siendo este territorio el total de cobertura boscosa y zona para infiltración de agua descartada.



**Figura 34.** Mapa cartográfico Las Lomas

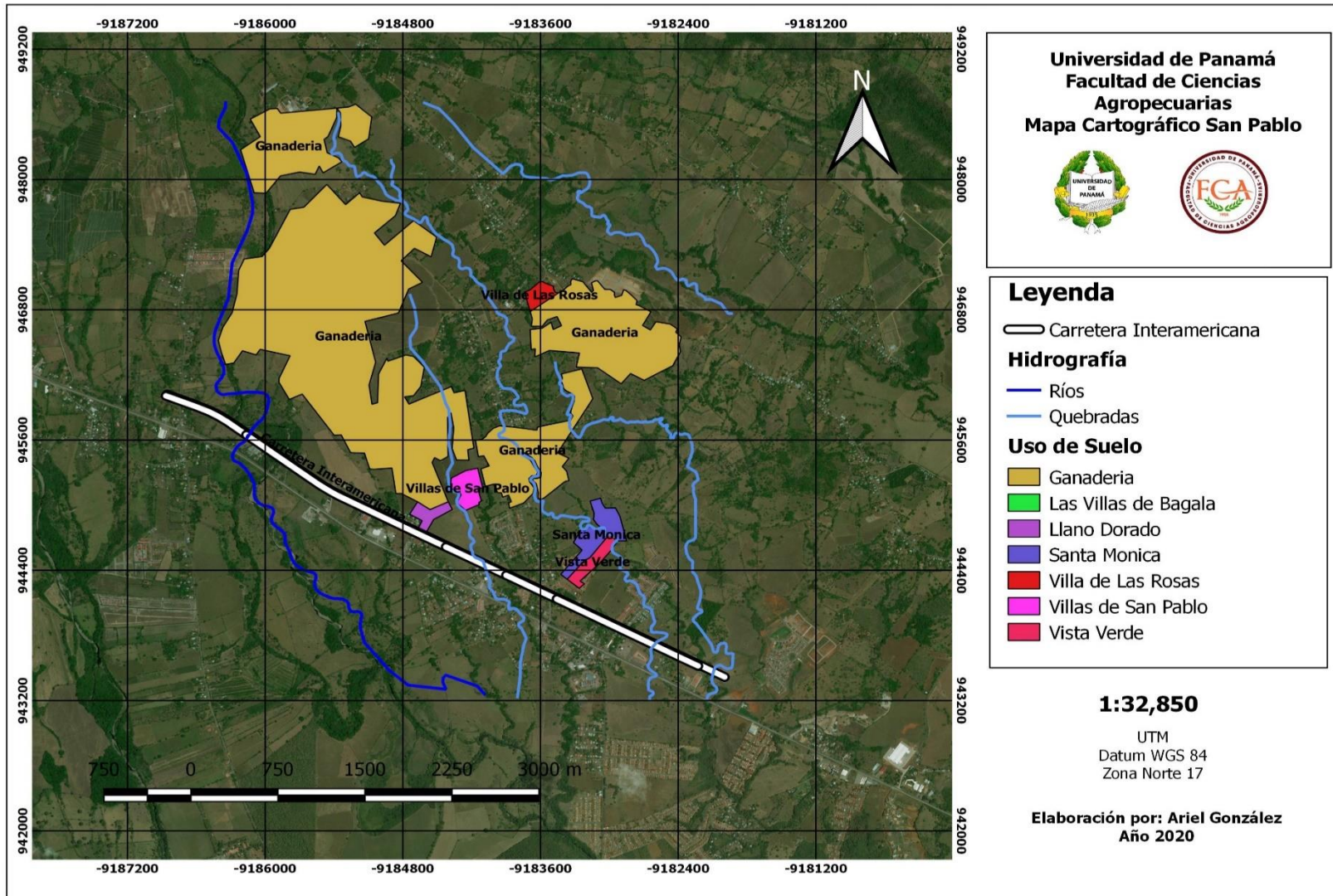


Figura 35. Mapa cartográfico San Pablo

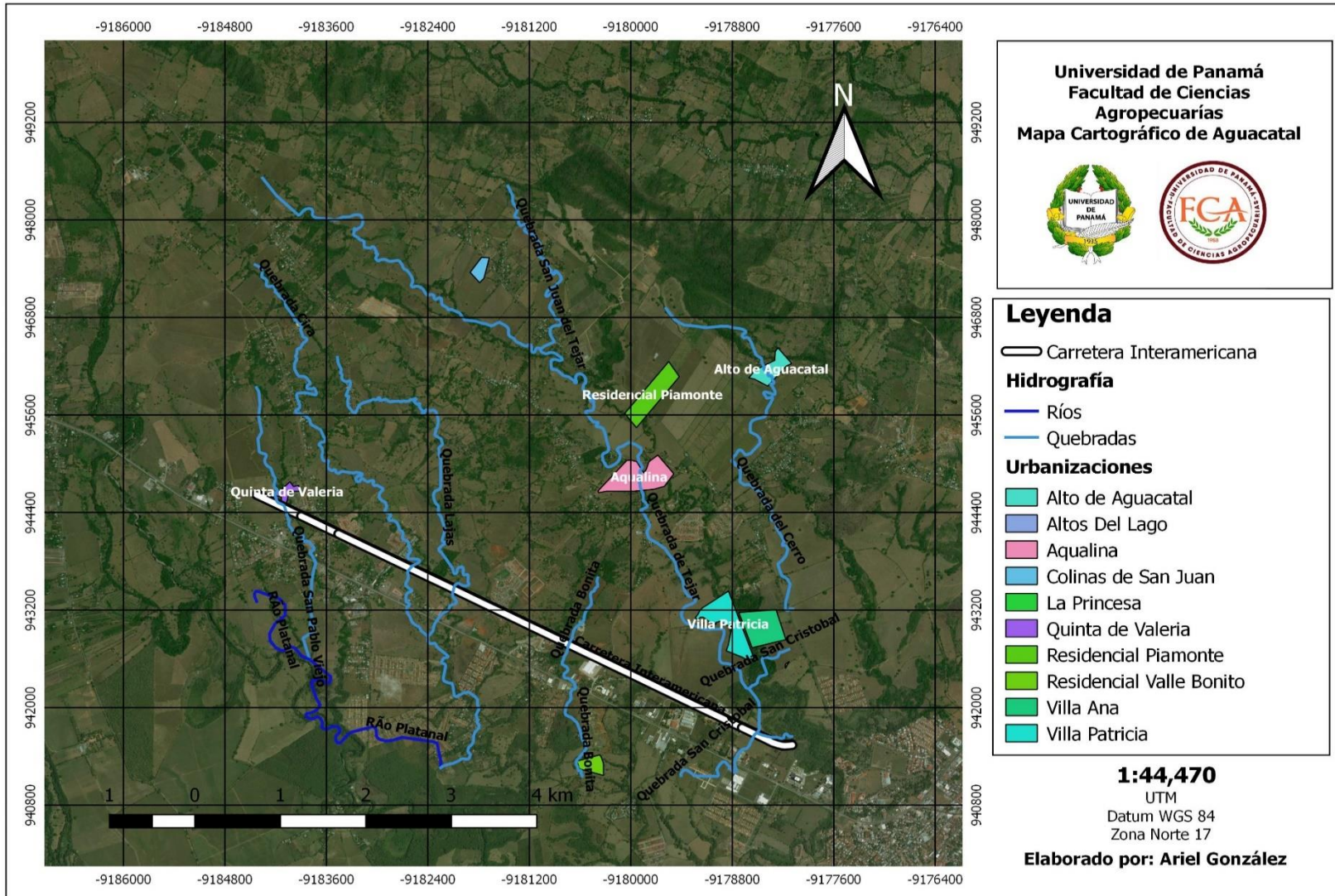


Figura 36. Mapa cartográfico de Aguacatal

## 5.0. CONCLUSIONES

- La población a nivel mundial está incrementando cada día más y la demanda de un lugar donde vivir, establecerse con la familia y construir un hogar es la principal causa del aumento en la construcción de proyectos urbanísticos residenciales en las afueras de la Ciudad de David.
- En el área de Las Lomas se va mucho el agua, que las quebradas están secas y algunas están muy sucias ya que muchas casas tienen desagües al cauce de la quebrada a pesar que tienen acceso a la red de alcantarillado.
- En San Pablo se eliminó un humedal para realizar la construcción de un residencial, también hicieron mención sobre el agua de la quebrada que ya no es clara como lo era antes y que tiene mucha basura. Por otra parte, nos informaron que cerca de la quebrada hay un molino y una porqueriza que pueden propagar vectores de contaminación.
- En Aguacatal las empresas constructoras deberían velar por la protección del medio ambiente y todos los recursos naturales que hay en la zona, informaron también que algunas fincas cercanas depositan sus desechos a la quebrada.
- Los estudios de impacto ambiental no están evaluando adecuadamente el impacto en los recursos hídricos dentro de sus criterios de evaluación siendo este factor de gran importancia para desarrollar planes estratégicos de prevención de inundaciones, construcción de drenajes acorde a los niveles

de escorrentía del lugar provocando que a futuro se puedan presentar situaciones que afecten a los residentes de estas comunidades.

- El establecimiento de nuevas barriadas elimina la cobertura boscosa de un lugar ya que la zona que anteriormente servía como área de infiltración y recarga hídrica se convierte en un lugar totalmente compactado, pavimentado y el agua que anteriormente se depositaba en el área verde genera una gran escorrentía, la cantidad de agua que se infiltraba en las zonas de cobertura boscosa hacia los acuíferos se reduce y hay un mayor volumen de agua en escorrentía la cual podría inundar algunas zonas si no se cuenta con el debido drenaje dentro del proyecto.
- La escorrentía generada por el exceso de agua produce erosión en los suelos, esto concuerda con (Abellán, 2010) que dijo que se produce erosión en la zona de vertido por el rápido incremento de los caudales punta, aumentando la distancia entre los márgenes, socavando el lecho y cambiando la sección transversal, también nos menciona que ocurre una sedimentación de las partículas erosionadas aguas abajo, lo que conlleva también un cambio en la sección transversal del flujo, con los cambios correspondientes en el tipo de flujo del agua.
- Al momento de aplicar las encuestas algunos de los residentes de la zona se negaron a responder la misma ya que no querían comprometerse o brindar información alguna incluso habiéndoles explicado que esta encuesta sería de uso académico solamente.

## 6.0. RECOMENDACIONES

- El Ministerio de Ambiente necesita una base de datos eficaz la cual pueda ser debidamente manejada por sus funcionarios al momento de realizar diferentes tramites, se envió una nota formal dirigida a la máxima autoridad y no obtuvimos respuesta por parte de la institución al solicitarle los estudios de impacto ambiental de los proyectos en las áreas de estudio para el desarrollo de este trabajo de grado, habiendo realizado varias visitas y consultando sobre la solicitud en distintas ocasiones nunca se recibió el apoyo, considero que los estudiantes debemos recibir toda la ayuda por parte de las instituciones públicas al momento de realizar este tipo de trabajos que son de gran importancia y valorar el esfuerzo de cada persona que demuestre interés en realizar un buen desempeño investigativo.

- Se debe crear conciencia entre los actores de los estudios de impacto ambiental que son:

\*Unidades Ambientales Sectoriales

\*Consultores

\*Promotores

Acerca de la problemática actual con el desarrollo de proyectos residenciales sin las evaluaciones al recurso hídrico de forma adecuada y el impacto a futuro de estas acciones.

- Los estudios de impacto ambiental deben enfocarse en realizar los estudios hidrológicos de manera más profunda ya que se enfocan principalmente en determinar la calidad y cantidad de la misma sin considerar factores de riesgo como modelos hidrológicos para futuras crecidas o pérdida de zonas de infiltración dejando en incógnita el impacto que esto puede causar a futuro dentro del proyecto.

## 7.0. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- -Abellán, A. 2016. Los impactos de la urbanización en el ciclo del agua. Consultado el 7 de mayo del 2019. Disponible en: <https://www.iagua.es/blogs/ana-abellan/impactos-urbanizacion-ciclo-agua>
- -ACP, 2014. Informe de la tormenta La Purísima 2010. Consultado el 5 de mayo del 2020. Disponible en: <https://wpeus2sat01.blob.core.windows.net/micanaldev/2018/cuencahidrografica/informedelatormentalapurisima2010.pdf>
- Atlas Ambiental del Panamá, 2020. Suelos dentro del Atlas Ambiental de Panamá. Consultado el 8 de junio del 2020. Disponible en: <https://www.oceandocs.org/handle/1834/7995>
- Basàn, M. 2008. Curso de “Aforadores de corrientes de agua” INTA EEA Santiago del Estero. Consultado el uno de julio del 2020. Disponible en: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_curso\\_aforadores\\_de\\_agua.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_curso_aforadores_de_agua.pdf)
- -Chow, V. 1994. Hidrología aplicada. Consultado el 25 de julio del 2019. Disponible en: <https://www.slideshare.net/karenadrianatv/hidrologia-aplicada-ven-te-chow-78614961>
- CLIMATE DATA.ORG. 2020.Clima: Provincia de Chiriquí. Consultado el 4 de junio del 2020. Disponible en: <https://es.climate-data.org/america-del-norte/panama/provincia-de-chiriqui-1017/#:~:text=El%20clima%20de%20David%20est%C3%A1%20clasificado%20como%20tropical.&text=Este%20clima%20es%20considerado%20Am,de%20precipitaciones%20de%202702%20mm.>
- ETESA. 2019. Datos Hidrometeorológicos de la Estación David. Consultado el 19 de marzo del 2020. Disponible en: <https://www.hidromet.com.pa/index.php>
- Explorable. 2009. Muestreo no probabilístico. Consultado el 14 de marzo del 2020. Disponible en: <https://explorable.com/es/muestreo-no-probabilistico>
- Fattorelli, S. & Fernández, P. 2011. Diseño Hidrológico. Consultado el 4 de junio del 2020.

- INEC, 2020. Censo de población en la provincia de Chiriquí detallado por distritos y corregimientos. Consultado el 28 de febrero del 2020. Disponible en: <https://www.inec.gob.pa/>
- -MIVI, 2007. Listado de urbanizaciones revisadas en etapa de anteproyecto. Consultado el 22 de mayo del 2019. Disponible en: [https://www.miviot.gob.pa/viceot/ventanillaunica/anteproyecto/anteproyecto\\_CHIRIQUI.pdf](https://www.miviot.gob.pa/viceot/ventanillaunica/anteproyecto/anteproyecto_CHIRIQUI.pdf)
- -MIVI, 2007. Listado de urbanizaciones revisadas en etapa de construcción. Consultado el 22 de mayo del 2019. Disponible en: [https://www.miviot.gob.pa/viceot/ventanillaunica/construccion/construccion\\_CHIRIQUI.pdf](https://www.miviot.gob.pa/viceot/ventanillaunica/construccion/construccion_CHIRIQUI.pdf)
- -Mora, D. & Mata, A. (2003). Conceptos básicos de aguas para consumo humano y disposición de aguas residuales. Obtenido de <https://www.aya.go.cr/Administracion/DocumentosBoletines/Docs/220910092551ONCEPTOSBASICOSDEAGUASPARACONSUMOHUMANOPY-DISPOSICIONDEAGUASRESIDUALES.pdf>
- -MUNDO MARITIMO, 2020. Canal de Panamá: Cuenca Hidrográfica registra en 2019 su quinto año más seco. Consultado el 5 de mayo del 2020. Disponible en: <https://www.mundomaritimo.cl/noticias/canal-de-panama-cuenca-hidrografica-registra-en-2019-su-quinto-ano-mas-seco>
- -Pérez y Gardey, A (2013). Definición de urbanización. Consultado el 29 de junio del 2019. Disponible en: <https://definicion.de/urbanizacion/>
- -SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (2015). Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015. Consultado el 17 de junio del 2020. Disponible en: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5387027&fecha=27/03/2015#:~:text=NORMA%20Oficial%20Mexicana%20NOM%2D011,anual%20de%20las%20aguas%20nacionales.](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5387027&fecha=27/03/2015#:~:text=NORMA%20Oficial%20Mexicana%20NOM%2D011,anual%20de%20las%20aguas%20nacionales.)
- -UNESCO, 1981. Método de cálculo de balance hídrico. Consultado el 4 de junio del 2020. Disponible en: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000137771>

- -USGS, 2019. Servicio geodésico de los Estados Unidos. Flujo de agua subterránea/disminución. Consultado el 4 de junio del 2020. Disponible en: <https://water.usgs.gov/gotita/earthgwdecline.html>
- -Vidal, C y Romero, H. 2010. Efectos ambientales de la urbanización de las cuencas de los Ríos Biobío y Andalíen sobre los riesgos de inundación y anegamiento de la ciudad de Concepción. Consultado el 8 de mayo del 2020. Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/118084/EfectosAmbientalesde.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

## 8.0 ANEXOS

### ANEXO 1. CUADRO DE VALORES DE K EN FUNCIÓN DEL TIPO Y USO DEL SUELO

TIPO DE SUELO	CARACTERISTICAS		
A	Suelos permeables, tales como arenas profundas y loess poco compactados.		
B	Suelos medianamente permeables, tales como arenas de mediana profundidad: loses algo mas compactos que los correspondientes a los suelos A; terrenos migajosos.		
C	Suelos casi impermeables, tales como arenas o loess muy delgados sobre una capa impermeable, o bien arcillas.		
USO DEL SUELO	TIPO DE SUELO		
	A	B	C
Barbecho, áreas incultas y desnudas	0.26	0.28	0.30
Cultivos:			
En Hilera	0.24	0.27	0.30
Legumbres o rotación de pradera	0.24	0.27	0.30
Granos pequeños	0.24	0.27	0.30
Pastizal:			
% del suelo cubierto o pastoreo			

TIPO DE SUELO	CARACTERISTICAS		
Mas del 75% -Poco-	0.14	0.20	0.28
Del 50 al 75% -Regular-	0.20	0.24	0.30
Menos del 50% -Excesivo-	0.24	0.28	0.30
Bosque:			
Cubierto mas del 75%	0.07	0.16	0.24
Cubierto del 50 al 75%	0.12	0.22	0.26
Cubierto del 25 al 50%	0.17	0.26	0.28
Cubierto menos del 25%	0.22	0.28	0.30
Zonas Urbanas	0.26	0.29	0.32
Caminos	0.27	0.30	0.33
Pradera permanente	0.18	0.24	0.30



**ANEXO 2. FOTO QUEBRADA EL TEJAR AGUACATAL**



**ANEXO 3. FOTO DE APLICACIÓN DE ENCUESTAS**



Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Universidad de Panamá

Saludos cordiales, mi nombre es Ariel Humberto González Quirós con cédula de identidad personal 4-787-1924 estudiante de la carrera de Ingeniería en Manejo de Cuencas y Ambiente, estoy realizando como parte de mi trabajo de grado (Tesis) una investigación relacionada a la variación a través del tiempo en la Quebrada \_\_\_\_\_. A continuación, adjunto distintas preguntas para conocer su opinión acerca de las mismas:

1- Identificación de su género:

Masculino  Femenino

2- Edad

15 a 25 años  26-35 años  36-45 años  más de 46 años

3- ¿Conoció usted la condición de la quebrada \_\_\_\_\_ antes de la construcción del proyecto habitacional?

Sí  No

3.1- ¿Si su respuesta es Sí, puede especificar por favor?

Nivel de caudal: Alto  Medio  Bajo

Calidad del agua: Buena  Regular  Deficiente

Cantidad de agua en época seca: Normal  Baja  Muy baja

Cantidad de agua en época lluviosa: Alta  Normal  Baja

Sedimentación: Alta  Media  Baja



Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Universidad de Panamá

4. ¿Considera que la construcción del proyecto afectó la quebrada y a sus usuarios?

Sí  No

4.1 Si su respuesta es SÍ, indique los usos dados a la fuente hídrica

Uso agrícola

Uso ganadero

Uso doméstico

Uso Recreativo

Otros \_\_\_\_\_

5. ¿La empresa constructora le brindó información en general antes de su construcción sobre el proyecto y sus impactos a la fuente hídrica y a la comunidad?

Sí  No

6. ¿Considera que el proyecto habitacional es responsable del estado de la quebrada por no ejecutarse las medidas de protección, mitigación y control?

Sí  No

7. ¿Considera que la empresa constructora ha hecho algo para mejorar la calidad de la quebrada?

Sí  No

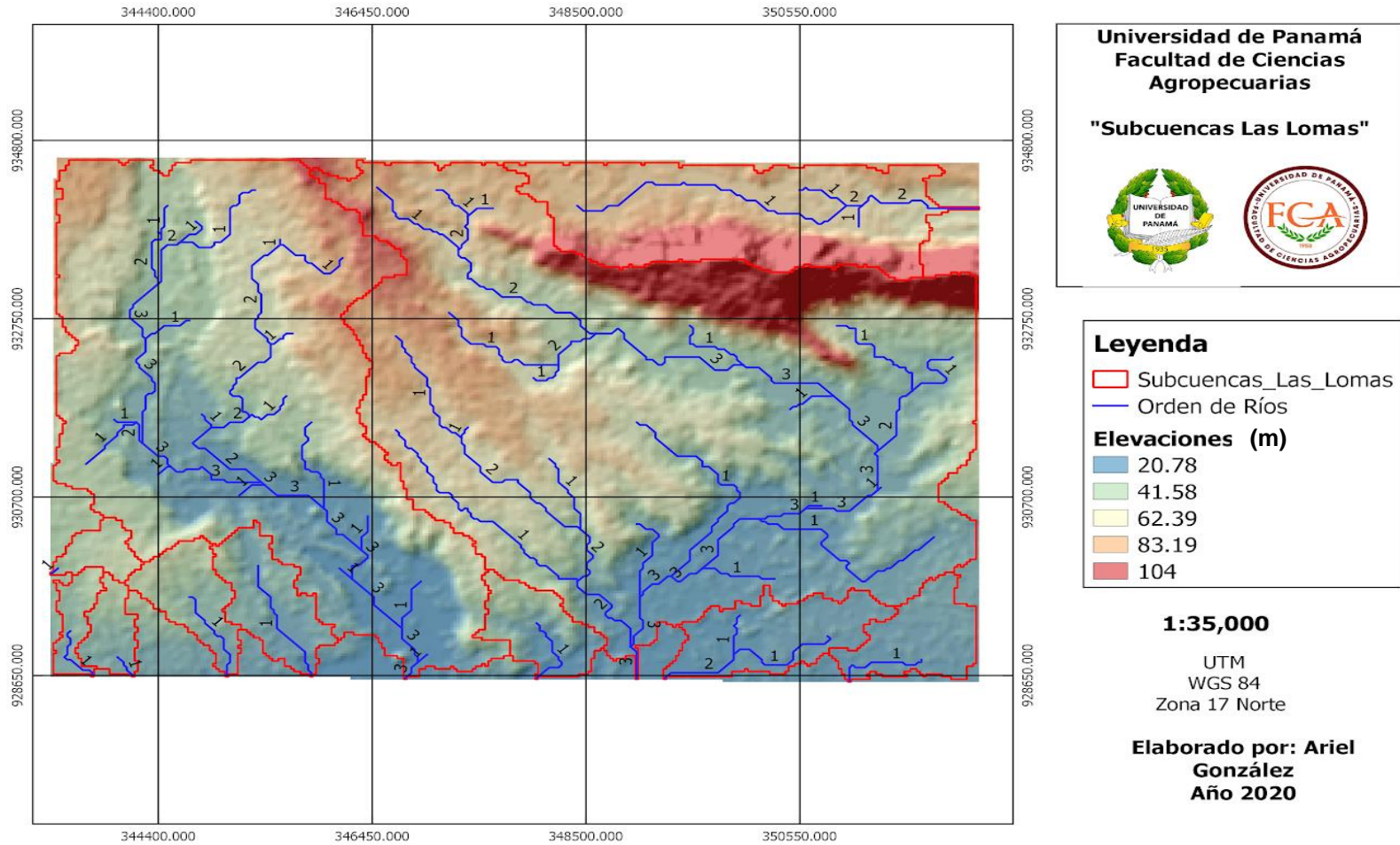
8. ¿Debería realizarse una limpieza de la quebrada?

Sí  No

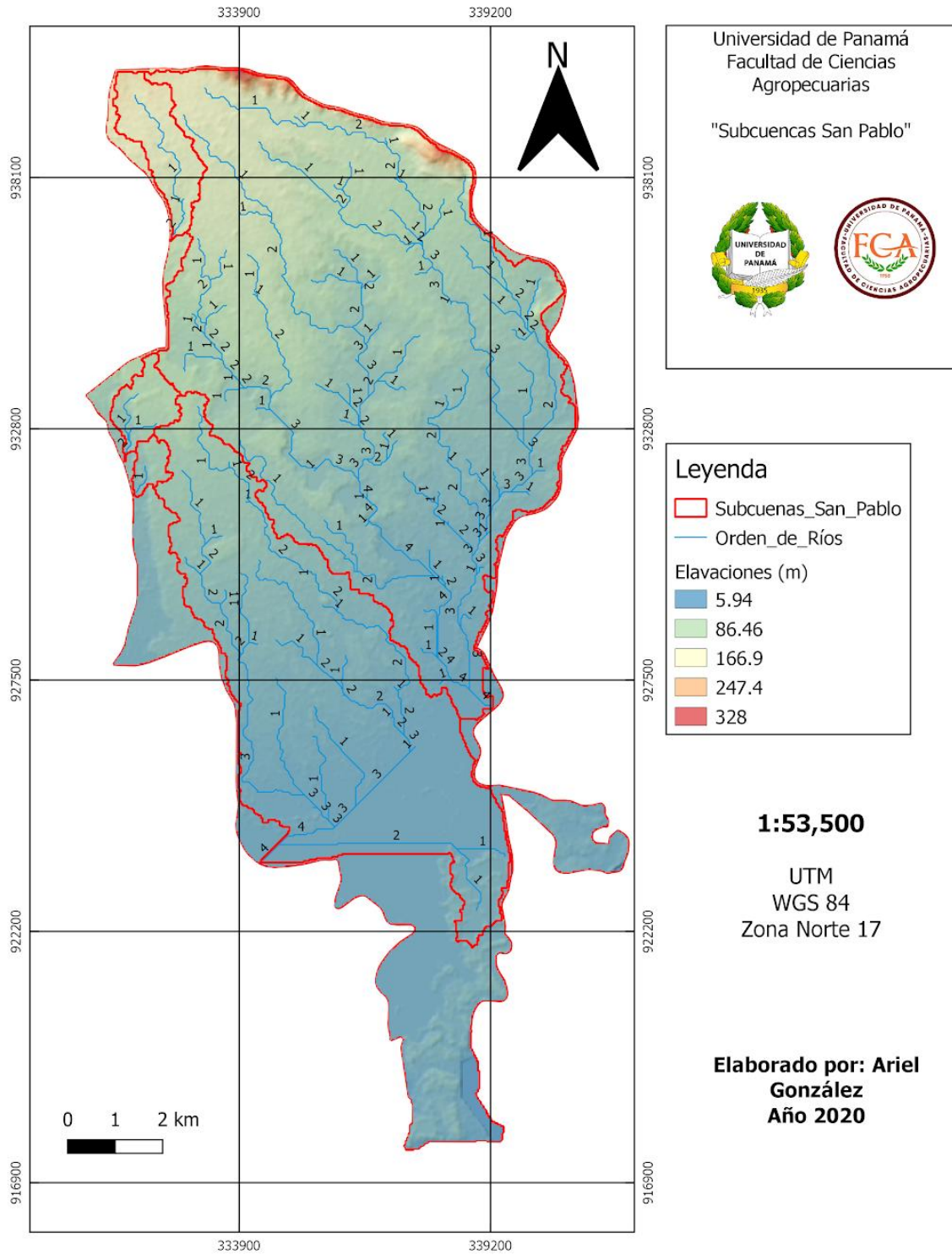
9. ¿Participaría usted en la recuperación de la quebrada?

Sí  No

10. ¿Desea realizar un comentario adicional?



Anexo 5. Mapa cartográfico de la Subcuenca las Lomas



Anexo 6. Mapa cartográfico de la subcuenca de San Pablo