

UNIVERSIDAD NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL MAR

ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS

Diagnóstico de las fuentes potenciales de contaminación al recurso hídrico en la subcuenca alta del río Virilla y Quebrada Varela como insumo para la toma de decisión en el AyA.

Por

Crizzley Michelle Azofeifa Solano

Práctica profesional supervisada como cumplimiento de los requisitos para el bachillerato  
en

CIENCIAS GEOGRÁFICAS CON ÉNFASIS EN ORDENAMIENTO DEL TERRITORIO

Febrero, 2020

Heredia, Costa Rica

## Índice

<b>1. Introducción</b> .....	1
<b>1.1 Planteamiento del Problema</b> .....	2
<b>1.2 Justificación</b> .....	3
<b>1.3 Objetivos</b> .....	4
<b>1.4 Caracterización del área de estudio</b> .....	5
<b>3. Metodología</b> .....	8
<b>4. Análisis de resultados</b> .....	13
<b>5. Conclusión</b> .....	23
<b>7. Bibliografía citada</b> .....	25

## **1. Introducción**

En la siguiente investigación se pretende identificar las principales fuentes de contaminación en la Subcuenca Alta del río Virilla y Quebrada Varela, de manera que se pueda dar un diagnóstico para determinar las amenazas que presenta la planta potabilizadora de San Rafael de Coronado del AyA, con el objetivo de mitigar los efectos originados por la contaminación en la subcuenca.

Para la identificación de las fuentes difusas y puntuales se tomó de referencia el método POSH (Foster et al.,2002). Con las adaptaciones de algunos parámetros según la relevancia de peligrosidad de la subcuenca.

Además, se pretende dar una caracterización de las amenazas y las respectivas legislaciones y regulaciones que existen en Costa Rica sobre los vertidos, concesiones y usos que podrían provocar afectación al recurso hídrico.

Otro Aspecto muy importante que pretende identificar esta investigación son fuentes de contaminación que se encuentren invadiendo las áreas de protección de las riberas de los ríos y las zonas de reserva de dominio.

## 1.1 Planteamiento del Problema

En Costa Rica como en el resto de América Latina y el Caribe desde los años 1990 al 2010 se han presentado cambios importantes en la temática ambiental, principalmente en el aumento de la contaminación por descarga de desechos sólidos y líquidos a cuerpos de agua, donde se estima que en ese periodo la contaminación ha aumentado un 50% (UNEP, 2016). Además, el recurso hídrico es uno de los recursos naturales que se ve más afectado por la presión urbanística, la deforestación, la erosión. Otro factor que se debe mencionar es como la agricultura afecta la calidad del agua en acuíferos, y la disponibilidad del recurso (CIAT, 2020).

La subcuenca alta del río Virilla no es la excepción de estas problemáticas, al contrario, el río Virilla y la Quebrada Varela pertenecen a la cuenca del río Grande de Tárcoles, cuenca hidrográfica más contaminada del país (Mora, 2003). Por esa razón una de las instituciones más importantes en Costa Rica respecto al recurso hídrico es el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), tiene la visión de dar un correcto manejo de las cuencas hidrográficas.

Por lo que se da la necesidad de determinar posibles fuentes de contaminación puntuales y difusas, que estén afectando directamente a la calidad del agua del río Virilla y la Quebrada Varela, agua que se utiliza para en la planta potabilizadora de San Rafael de Coronado para abastecer a los pobladores de la zona. La importancia de este proyecto es dar un diagnóstico de la situación actual de la subcuenca y dimensionar los sectores que se encuentran afectados, para que posteriormente se dé un buen proceso toma de decisiones de manera que se pueda proteger el recurso hídrico.

## **1.2 Justificación**

El manejo adecuado de las cuencas hidrográficas es de gran importancia para la conservación de la biodiversidad, manejo de terrenos, retención de sedimento y para el buen suministro de agua, entre otros (Gásperi, Rodríguez, Sinisterra, Delgado & Besteiro, 2013), Es importante destacar como la geografía puede ser de gran ayuda para este proyecto y para el manejo de cuencas en general, cuando se entiende la relación del agua con los procesos sociales como los asentamientos humanos, las actividades productivas, las políticas pública y la justicia ambiental en un espacio geográfico que puede ser delimitado como cuenca hidrográfica (Bocco, Burgos & Sosa, 2015).

Este proyecto pretende identificar posibles fuentes de contaminación que afectan a la subcuenca alta del río Virilla y Quebrada Varela, esto para que el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), pueda tener un panorama más claro sobre el estado de la subcuenca, y las posibles implicaciones para la planta potabilizadora de San Rafael de Coronado.

Además, con este proyecto se espera que sirva como primer insumo para analizar la posibilidad de crear una metodología de análisis de contaminación replicable para otras cuencas. De manera que se pueda combinar distintas disciplinas, que ayuden al manejo adecuado de las cuencas hidrográficas en todo el país.

## **1.3 Objetivos**

### **Objetivo General**

- Zonificar la amenaza de contaminación del recurso hídrico en la subcuenca alta del Río Virilla con la guía técnica desarrollada por el Banco Mundial mediante un SIG para la creación del inventario de carga contaminante.

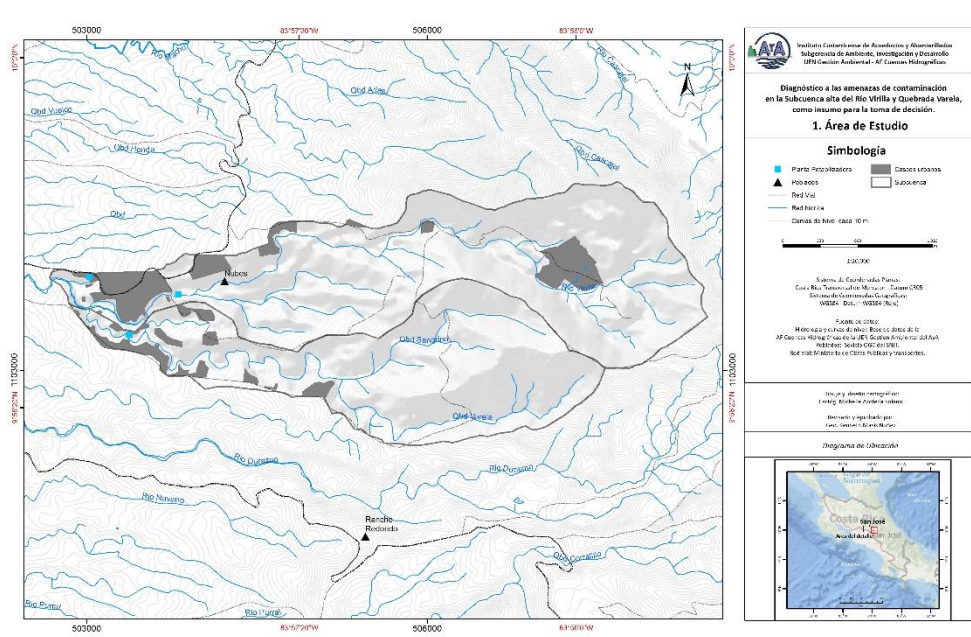
### **Objetivos Específicos**

- Caracterizar las fuentes de contaminación que se encuentren en la subcuenca alta del Río Virilla y Quebrada Varela con referencia a la metodología POSH, para dar una visualización del estado actual de la subcuenca.
- Generar una matriz de amenazas al recurso hídrico categorizando la peligrosidad de las fuentes de contaminación, para la subcuenca alta del Río Virilla y Quebrada Varela
- Identificar espacialmente las fuentes de contaminación que se encuentran invadiendo las áreas de protección, según la ley forestal N° 7575, esto como insumo para la buena gestión del recurso hídrico en el AyA.

## 1.4 Caracterización del área de estudio

El área de estudio comprende la Subcuenca Alta del río Virilla la cual se divide en la microcuenca del río Virilla y la Quebrada Varela, subcuenca que vierte sus aguas a la cuenca Grande de Tárcoles. Ubicada en el cantón de Vázquez de Coronado, en el distrito de San Rafael con las coordenadas métricas 602000m a 608000m este y 1102000m a 1105000m norte con coordenadas geográficas, 83°58'10"W, 83° 55' 20"W y 9° 58' 10"N, 9° 59' 30"N, subcuenca cuenta con una extensión de 8.19 km<sup>2</sup>, con una precipitación de 2000 mm y con una temperatura de 16 °C promedio anual. Tiene una población de 7040 personas que se dividen en 3461 hombres y 3579 mujeres (censo 2011). La subcuenca abastece la planta potabilizadora del AYA en San Rafael de coronado.

La subcuenca alta del río Virilla se puede dividir en 2 unidades geológicas, dividiendo el río Virilla y la Quebrada Varela, donde se encuentra que el río Virilla está compuesto por lavas, tobas y lapilli, con rocas de color gris claro a morado de textura porfírica. Y en la Quebrada Varela se identifican dos flujos de lava, diferenciados por el contenido de fenocristales de piroxeno, y las texturas vacuolar y porfírica, y los Lapillis afloran como una capa de 60cm de espesor con componentes escoriáceos morados y redondeados (Vargas, 2001).



Mapa 1. Ubicación Geografica del área de estudio.

## **2. Marco Teórico**

### **3.1 Enfoque de la investigación**

El enfoque de la investigación se encuentra en la rama de la Geografía Teórica- Cuantitativa o Nueva Geografía, que defiende el carácter unitario de la ciencia y la posibilidad de transferir teorías de una disciplina a otra. Además, se caracteriza por emplear métodos y procedimientos hipotéticos- deductivo (Varona, 2011). Este método se caracteriza por comprender las herramientas tecnológicas como los sistemas de información geográfica, programación, datos matemáticos y estadísticos.

Primeramente, en toda investigación geográfica es necesario definir una escala de trabajo de manera que se pueda observar la variabilidad, características y propiedades del área de estudio (Galicia & Ruiz, 2015). Es importante entender las diferentes escalas que existen cuando se trabaja en cuerpos de agua.

Los cuerpos de agua se dividen según la unidad territorial de orden de cauces de la siguiente manera: cuenca, subcuenca y microcuenca (Aparicio, 1992). En esta investigación la escala es de subcuenca, definiéndose como la superficie de terreno cuya esorrentía superficial fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, ríos y, eventualmente, lagos hacia un determinado punto de un curso de agua perteneciente a una cuenca (MITECO, 2019).

El recurso hídrico es uno de los recursos naturales más afectados por la contaminación, principalmente por las actividades antrópicas, como el mal manejo de compuestos de toxicidad como pesticidas y productos químicos. Otra fuente de contaminación que afecta severamente el recurso hídrico es la presión urbanística y la invasión de las áreas de protección. (Gonzales, et al.,2006).

Situación que afecta la calidad de los cuerpos de agua, provocando daños a la salud pública, alto riesgo a los ecosistemas acuáticos, desabastecimiento de agua potable a causa de fuentes de agua contaminadas y consecuencias de distinta gravedad económica (decreto ejecutivo N° 33903-MINAE-S).



En la gran parte de los países del mundo fue hasta finales de los años 80, que se empezó a tomar verdadera importancia a la protección y gestión del recurso hídrico, ya que anteriormente muchas personas pensaban en el agua como un recurso inagotable. Entre los primeros acuerdos que se firmaron para la protección del agua fue “la declaración de Dublín sobre el agua y el desarrollo” los principios de la declaración definen claramente el agua dulce como recurso finito, vulnerable para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente. Además, el acuerdo abarca entre los principios aspectos de participación comunitaria en la adecuada gestión de los recursos hídricos. Y establece importancia a darle un valor al agua de manera que todas las personas tengan acceso, sin embargo, que se tenga un uso racional del recurso, y se tome ese valor en la potabilizar y en el saneamiento. Y por último en esta declaratoria se tiene un principio muy importante y es el que resalta el papel de la mujer en el abastecimiento, la gestión y la protección del agua (CIAMA, 1992).

En Costa Rica la legislación sobre el agua existe desde la colonia en esa época la ley contenía normas contradictorias y excluyentes que no cumplían las necesidades, actualmente existe todo un marco legal sobre el recurso hídrico, sin embargo, todavía existen vacíos y falta de conciencia ambiental. Además, existen grandes problemas con invasiones a áreas de protección a cuerpos de agua. Situación que esta fuertemente relacionado con el ordenamiento del territorio (Alvarado & Quirós, 2003).

Desde la perspectiva geográfica, la adecuada gestión de los recursos hídricos es una temática importante de abordar, ya que muchos de los problemas ambientales de la actualidad están fuertemente relacionados con el desarrollo económico, el sistema de producción, y la tenencia de las tierras (Guzmán, 2001). Desde la Geografía se puede abordar esas temáticas con un enfoque multidisciplinario, que integre los aspectos ambientales la protección de los recursos hídricos, el desarrollo económico, el desarrollo social y la dinámica espacial de los lugares.

De manera que las repercusiones de los sistemas económicos y el inadecuado ordenamiento del territorio no recaiga directamente sobre los recursos hídricos, generando mayores problemas sociales y ambientales.

Por esa razón es de gran importancia los análisis geográficos, para entender las distribuciones espaciales, y las características sociales, que se pueden dar alrededor de un cuerpo de agua y

como una buena gestión integrada del recurso hídrico, puede potenciar la economía, la salud, los aspectos sociales y aspectos físicos de un lugar (Guzmán, 2001).

### **3. Metodología**

#### **3.2 Metodología para identificar amenazas de contaminación en la subcuenca alta del río Virilla y Quebrada Varela.**

El método para identificar y clasificar las posibles amenazas de contaminación se tomó de referencia la guía técnica desarrollada por el Banco Mundial (Método POSH) (Foster et al., 2002).

Método que divide las fuentes de contaminación en tres variables: fuentes puntuales, fuentes lineales y fuentes difusas. Es importante mencionar que en este proyecto solo se realizarán las fuentes puntuales y fuentes difusas. División que es de gran utilidad para clasificar las cargas de contaminantes según la peligrosidad de la amenaza en: Reducido, moderado y elevado.

Primeramente, se deben caracterizar teóricamente las posibles amenazas que afecten la calidad del agua de los ríos de la subcuenca río Virilla y Quebrada Varela, esto con el fin de analizar las posibles consecuencias que se podrían tener en la calidad del agua de la planta potabilizadora de San Rafael.

Para poder identificar las fuentes contaminantes de un cuerpo de agua es necesario definir lugar y escala, seguidamente es necesario realizar una delimitación precisa del área de estudio.

La delimitación de una cuenca se parte de las curvas de nivel, siguiendo las líneas del parteaguas, la cual es una línea que divide a las cuencas adyacentes y distribuye el escurrimiento originado por la precipitación, que en cada sistema de corriente fluye hacia el punto de salida de la cuenca (Villón, 2002).

Para delimitar la subcuenca alta del río Virilla y Quebrada Varela se utilizará las curvas de nivel cada 2 metros, la red hídrica 1: 5000 y las hojas cartográficas Istarú y Abra. Todo esto a una escala de 1:5.000 en el mapa.

Para la Clasificación de cargas de contaminantes lo primero que se debe realizar es un levantamiento en el uso de la tierra del año 2020, ya que el suelo es un componente esencial para la subsistencia, pero las actividades humanas afectan negativamente los recursos naturales y principalmente al recurso hídrico (Unión Europea, 2008).

Seguidamente se clasificará las cargas contaminantes según lo establecido con la matriz de amenazas al recurso hídrico. Todo se realizará mediante un sistema de información geográfico. Con información recolectada por el instituto costarricense de acueductos y alcantarillados (AYA) y los servicios OGC del Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT).

### **3.3 Metodología para la creación de una matriz de amenazas al recurso hídrico.**

La matriz de amenazas al recurso hídrico se divide en fuentes puntuales y fuentes difusas con respecto a las fuentes puntuales se contemplan las siguientes cargas contaminantes según el método POSH (Foster et al.,2002): En categoría reducido se encuentran los talleres de ebanistería y las torres de telecomunicaciones.

En categoría moderado de contaminación se encuentran: bodegas de abono orgánico, ferreterías, lagunas de efluentes, centros de acopio para materiales reciclables centros de belleza entre otros.

En la clasificación con potencial de generación de carga contaminante elevado se encuentra: Granjas Avícolas, lecherías, porquerizas, talleres mecánicos, bodegas de agroquímicos, sititos de desfogue de aguas residuales, beneficios de café, botaderos clandestinos de desechos sólidos, sititos de estancamiento de aguas residuales, sititos donde se ubican ilegalmente estañones vacíos de agroquímicos, área de lavado de maquinaria agrícola, plantel donde se guarda maquinaria agrícola y zonas de venta de agroquímicos o autos usados.

La información sobre las fuentes puntuales de contaminación, se obtiene de diferentes bases de datos como: Catastro, patentes de la municipalidad de Vázquez de Coronado, bases de datos del Sistema Nacional de Información para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (SINIGHIR), Servicio Nacional de Salud Animal (SENASA), entre otros.

<b>Geometría</b>	<b>Capa o entidad</b>	<b>Criterio</b>	<b>Peso</b>	<b>Fuente</b>
Punto	Los talleres de ebanistería	Características o generalidades de fuente de contaminación.	Reducido	registros georreferenciados de instituciones públicas

Cuadro 1. Ejemplo Matriz para determinar fuentes de contaminación puntuales. Referencia al Método Posh. Elaboración propia.

La matriz de amenazas con fuentes difusas se contemplan las siguientes cargas contaminantes según el método POSH (Foster et al.,2002): En categoría reducido de contaminación se encuentra el uso del suelo cubierto de pasto. En la categoría Moderado se encuentra los cultivos de café, caña, cultivos de árboles frutales plantaciones forestales, además, el uso del suelo urbano según el estado del alcantarillado y densidad poblacional. Y en categoría elevado de contaminación están los cultivos estacionales de hortalizas y verduras. Es importante mencionar que cada área de estudio es diferente por lo que pueden varias las fuentes difusas y la categoría.

<b>Geometría</b>	<b>Capa o entidad</b>	<b>Criterio</b>	<b>Peso</b>	<b>Fuente</b>
Difuso	Uso de la tierra <ul style="list-style-type: none"> <li>• café</li> <li>• caña de azúcar</li> <li>• árboles frutales</li> <li>• y plantaciones forestales de coníferas</li> </ul>	Se utilizan menos de 30 ai/ha/año (Bravo et al., 2013) comparado con los cultivos estacionales.	Moderado	registros georreferenciados de instituciones públicas

Cuadro 2. Ejemplo Matriz para determinar fuentes de contaminación difusas. Elaboración propia con referencia al Método Posh. (Foster et al.,2002).

### **3.4 Metodología para determinar Áreas de Protección al recurso hídrico en la subcuenca Alta del río Virilla y Quebrada Varela.**

Para identificar las áreas de protección de la Subcuenca es necesario basarse en la ley Forestal 7575. Además, de tomar en cuenta otros reglamentos de protección a las fuentes de agua potable según la (Ley n 276, Costa Rica). Seguidamente observar las cargas contaminantes que se encuentran en Áreas de protección.

### **3.5 Metodología para la creación del mapa de amenazas a contaminación en la subcuenca Alta del río Virilla y Quebrada Varela.**

Para la creación del mapa es necesario observar las fuentes difusas y puntuales de manera que se identifiquen las zonas con mayor riesgo de contaminación de la subcuenca.

Después de realizar los productos y la recopilación de información es necesaria la rectificación de la información, con trabajo de campo, que en este proyecto quedaría pendiente sin embargo se espera realizar lo más pronto posible.

De manera que se pueda observar en campo si hay fuentes de contaminación que no se tomaron en cuenta o realizar cambios sobre el uso de la tierra.

Cuando las condiciones permitan la verificación en campo es de gran importancia realizar un inventario de utilización de agroquímicos, aguas tratadas, vertidos ilegales, puntos de desfogue y observar si las concesiones están tomando los litros establecidos por el (AyA).

#### **4. Análisis de resultados**

##### **1. Caracterización de fuentes de contaminación en la subcuenca Alta del río Virilla y Quebrada Varela.**

Focos de contaminación en la Subcuenca Alta del río Virilla y Quebrada Varela con referencia al Método POSH (Difusas).

El primer uso que se explicará será la agricultura como la principal causa de degradación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos a causa de la erosión, residuos agroquímicos y lixiviados. Este último siendo un foco importante de contaminación en combinación con el tipo de suelo, regímenes de lluvias y riego, además, el manejo y propiedades del suelo. Todo residuo agrícola, independientemente del tipo de agricultura, se considera como contaminación de fuente difusa, la característica principal de esta fuente es que su comportamiento depende de las condiciones hidrológicas, y que no es fácil su medición ni control directamente, por lo que son difíciles de regular. Ya que los residuos generados se desplazan por la superficie o se infiltran en el suelo. Generando que estas sustancias alcancen aguas subterráneas, humedales, ríos, lagos y finalmente lleguen al mar (Iagua, 2014).

Otro foco de contaminación que se explicará será las lecherías por tener presencia de las mismas en la subcuenca de estudio. La producción pecuaria consume un tercio del agua del mundo, y el 98% del agua que se utiliza en esta producción es para la producir el alimento de los animales. (Shiklomanov, 2000).

Además, es necesario entender sobre el uso de agua en fincas lecheras, y la huella hídrica que genera, entiéndase huella hídrica como la preocupación del agua dulce por la sobreexplotación y contaminación que está generando daños irreversibles y escases alrededor del mundo.

Según (Hoesktra y Chapagain, 2008), Los volúmenes de agua que se utilizan a lo largo de la cadena de suministro se puede dividir en tres: la evapotranspiración hace referencia al consumo de humedad del suelo, la evaporación de aguas superficiales y subterráneas y el agua residual.

En Costa Rica todavía no existe datos publicados de la cantidad de agua necesaria para producir un litro de leche, para estudiar una mayor sostenibilidad de la producción reduciendo el recurso hídrico.

Otra de las fuentes de contaminación que se encuentra relacionadas con las lecherías, son el ganado y principalmente la limpieza de excretas, con este aspecto se deben de tomar en cuenta dos variables: la cantidad de agua que se utiliza en la limpieza y la gestión de los excrementos. Según (Decreto Ejecutivo 37107 MINAE-S, 2012).

Las áreas urbanas también representan una fuente de contaminación difusa ya que en la mayoría de pueblos y ciudades tienen un desarrollo y crecimiento en los sistemas de letrinas, tanques sépticos y pozos negros que recargan el acuífero (Foster et al.,2002).

Focos de contaminación en la Subcuenca Alta del río Virilla y Quebrada Varela con referencia al Método POSH (Puntuales).

La primera fuente que se va caracterizar son las actividades industriales que generan una carga contaminante de efluentes líquidos, el manejo de residuos sólidos, materiales no deseados y fugas de productos químicos, que se pueden infiltrar a los cuerpos de agua. (Foster et al.,2002).

Otra fuente de contaminación es la disposición de residuos sólidos que produce contaminación del agua subterránea y aguas superficiales. En climas más húmedos como Costa Rica, se genera mayor lixiviación. (Foster et al.,2002).

Las gasolineras también representan un gran número de casos de contaminación, principalmente para el agua subterránea, aunque no es común los incidentes, se categoriza como fuente de contaminación por los grandes volúmenes de hidrocarburos potencialmente contaminantes almacenados en tanques enterrados que no permiten una inspección visual de fugas. (Foster et al.,2002).



**2. Generar una matriz de amenazas al recurso hídrico categorizando la peligrosidad de las fuentes de contaminación, para la subcuenca alta del Río Virilla.**

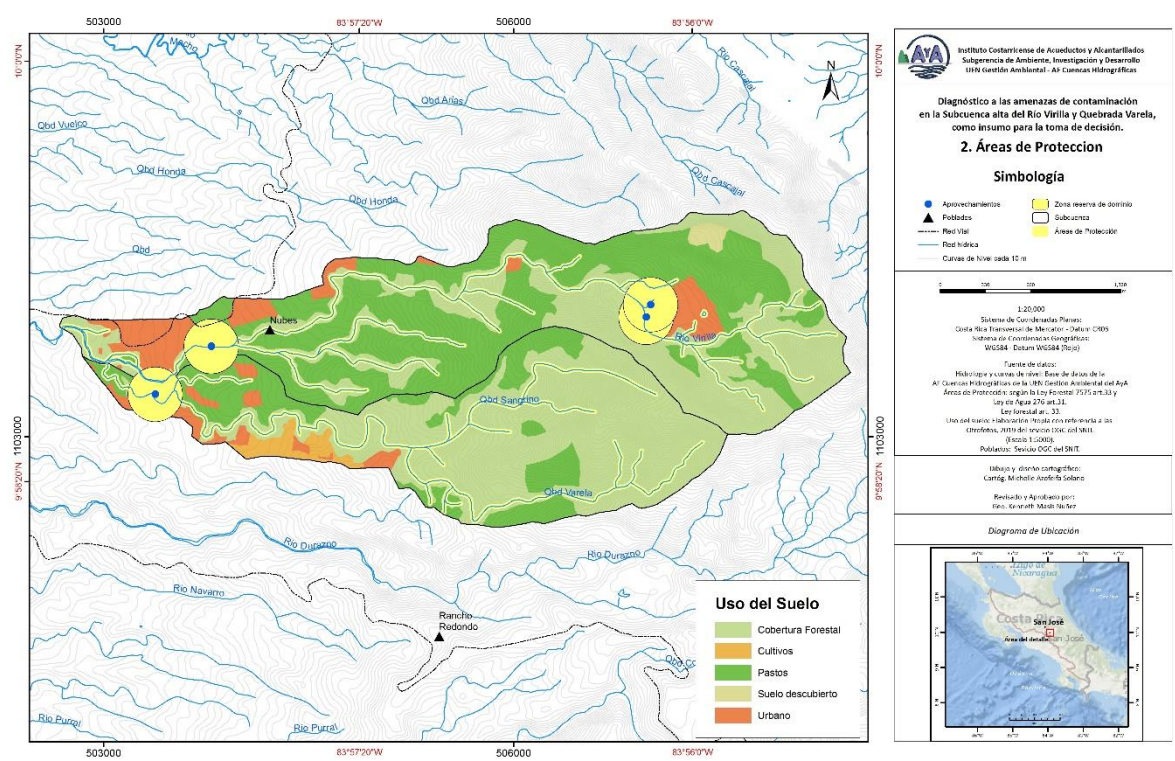
<b>Geometría</b>	<b>Capa o entidad</b>	<b>Características vistas en campo</b>	<b>Peso</b>	<b>Fuente</b>
Punto	Los talleres de ebanistería		Reducido	registros georreferenciados de instituciones públicas
Punto	Las granjas avícolas, bodegas de abono orgánico, ferreterías, lagunas de efluentes, lecherías, porquerizas, centro de acopio para materiales reciclables, centros de belleza, entre otros.		Moderado	registros georreferenciados de instituciones públicas (SENASA, Municipalidades, Ministerio de Salud)
Punto	Los beneficios de café, talleres mecánicos, bodegas de agroquímicos, sitios donde desfogan aguas residuales, botaderos clandestinos de desechos sólidos, sitios donde existe estancamiento de aguas residuales, sitios donde ubican ilegalmente los estañones vacíos de agroquímicos, áreas donde se efectúa el lavado de maquinaria agrícola, plantel donde se guarda la maquinaria agrícola y zonas donde venden agroquímicos y autos usados.		Elevado	registros georreferenciados de instituciones públicas (SENASA, Municipalidades, Ministerio de Salud)  capa de vertidos: SINIGIRH

	Los cultivos estacionales de hortalizas y verduras (como papa y tomate)	con potencial generador de carga contaminante, debido a que se aplican cantidades altas de plaguicidas (Ramírez et al., 2014), de 30 a 60 de ingrediente activo (ai)/ha/año (Bravo et al., 2013), y de fertilizantes que, muchas veces, superan las recomendaciones técnicas (IRET, 2010a y Ramírez et al., 2014).		Elevado
	uso de la tierra <ul style="list-style-type: none"> <li>- café</li> <li>- caña de azúcar</li> <li>- árboles frutales</li> <li>- y plantaciones forestales de coníferas</li> </ul>	se utilizan menos de 30 ai/ha/año (Bravo et al., 2013) comparado con los cultivos estacionales, por lo que fueron considerados como fuentes difusas con potencial		Moderado
	uso de la tierra: <ul style="list-style-type: none"> <li>- urbano</li> </ul>	Si no existe alcantarillado y la densidad de población es menor a 100 personas/ha		Moderado
				Elevado
				Reducido
	Uso de la tierra <ul style="list-style-type: none"> <li>- pasto y ganadería</li> </ul>	Esta actividad registra baja cantidad de plaguicidas, menor de 10 ai/ha/ año (Bravo et al., 2013)  y si es de baja densidad de cabezas de ganado (esto se debe observar en campo, si es mucho ganado el peso puede subir a moderado)		Elevado
Difusa	Cobertura de servicio de cloacas menor que 25% y densidad-poblacional superior a 100 personas.	Cultivos comerciales intensivos y la mayoría de los monocultivos en suelos bien drenados en climas húmedos o con baja		Elevado

		eficiencia de riego, pastoreo-intensivo sobre praderas altamente fertilizadas.		
Difusa	Cobertura del servicio cloacas mayor que 75% y densidad poblacional inferior a 50 personas/ ha	Rotación de cultivos tradicionales, pastoreo extensivo, sistemas de granjas ecológicas, cultivos bajo riego de alta eficiencia en áreas áridas.		Reducido

Elaboración propia según Método POSH.

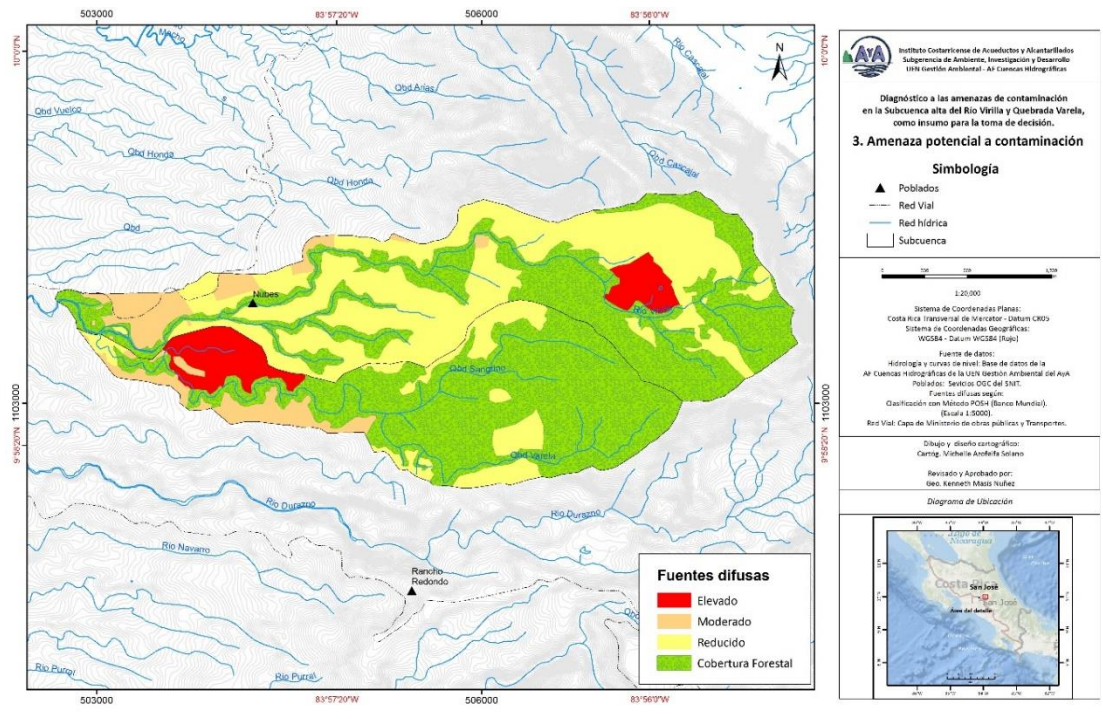
3. Identificar espacialmente las fuentes de contaminación que se encuentran invadiendo las áreas de protección, según la ley forestal N° 7575, esto como insumo para la buena gestión del recurso hídrico en el AyA.



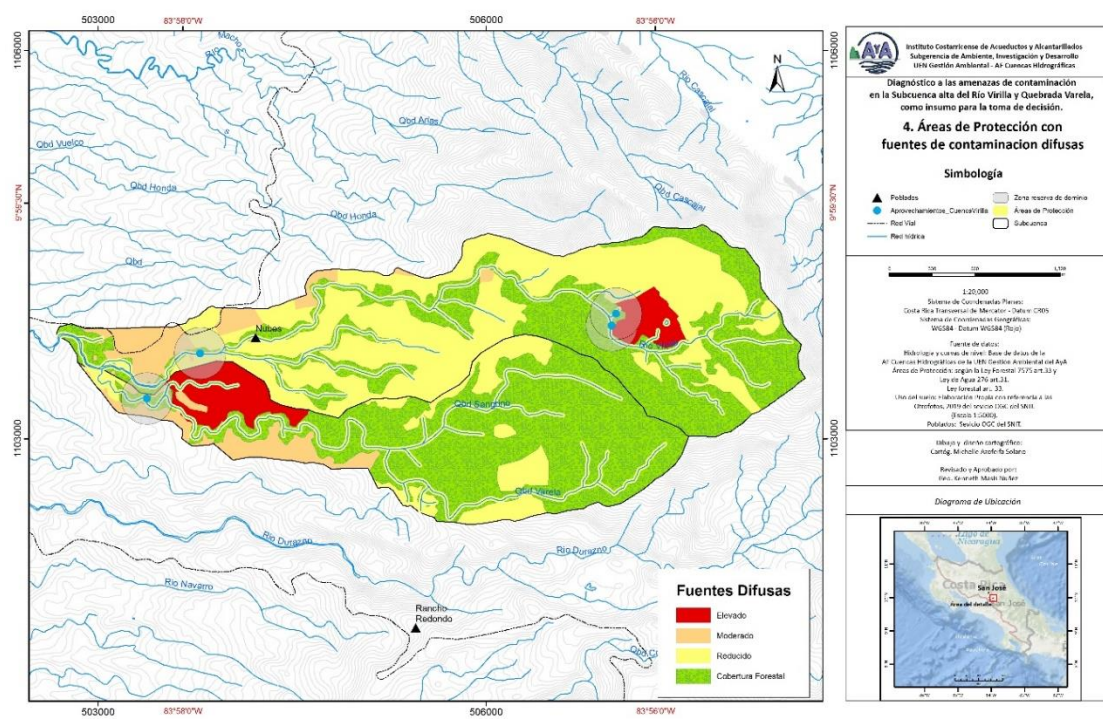
Mapa 2. Áreas de protección y reserva dominio con uso del suelo. Elaboración Propia.

Según la ley forestal N° 7575 artículo 33, se establece áreas de protección a las riberas de los ríos de diez metros en zona urbana, y quince metros en zona rural, en este caso se realizaron franjas de quince metros, además se delimitaron las reservas de dominio con un perímetro de 200 metros de radio esto según la ley de aguas 276 artículo 31.

En este mapa se puede observar cuatro aprovechamientos de agua que abastecen a la planta potabilizadora de San Rafael de Coronado. En este mapa también se puede observar que los aprovechamientos se encuentran cercanos a las zonas urbanas, situación que podría ser un factor de contaminación por observar más adelante.



Mapa 3. Fuente de contaminación difusa según método POSH, Elaboración Propia.



Mapa 4. Fuente de contaminación difusa según método POSH, con áreas de protección y reserva de dominio, Elaboración Propia.



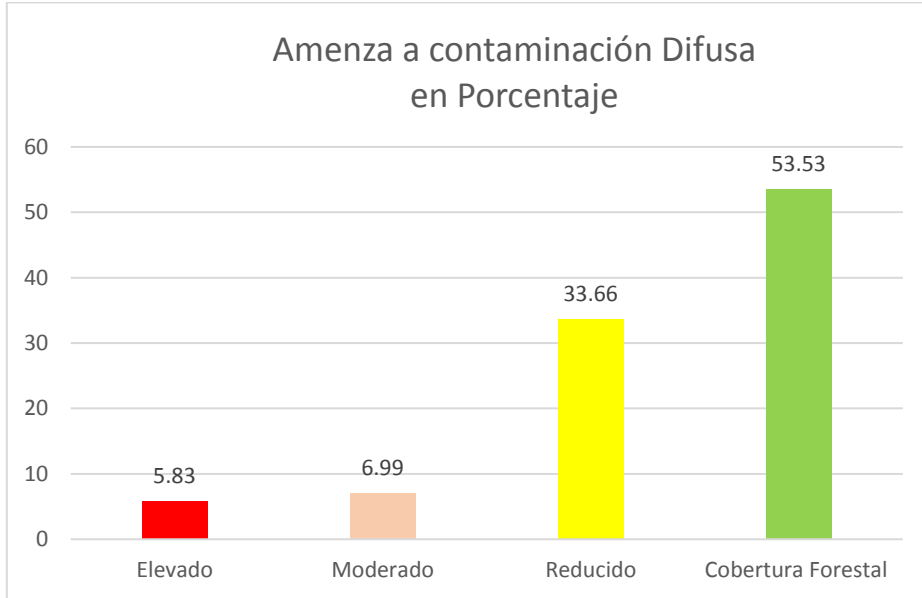
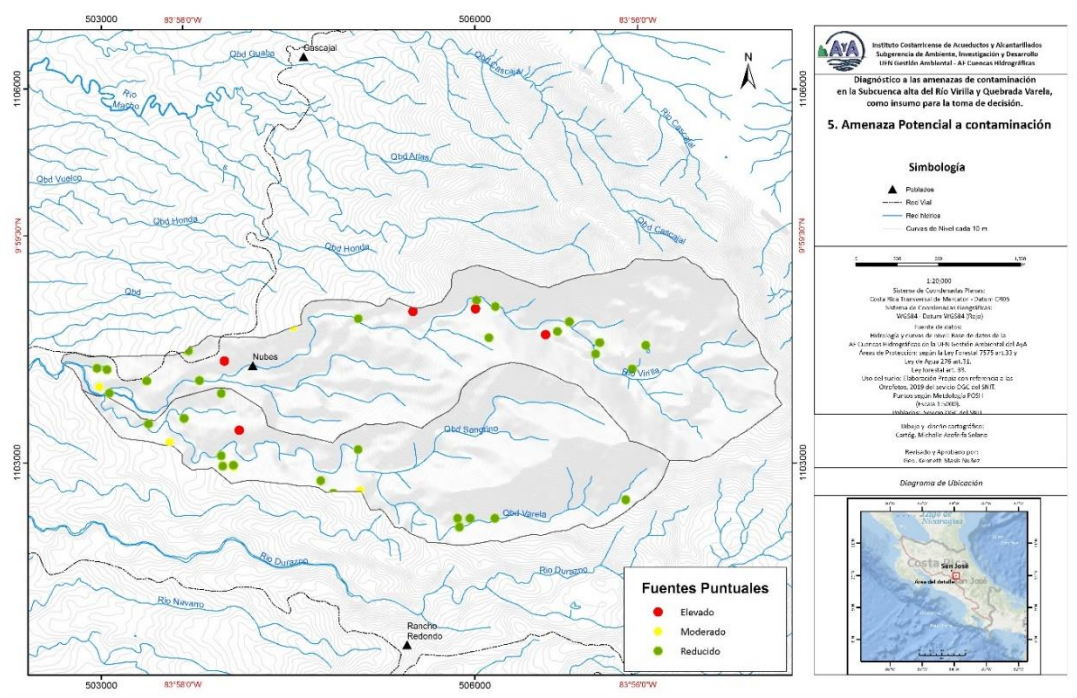


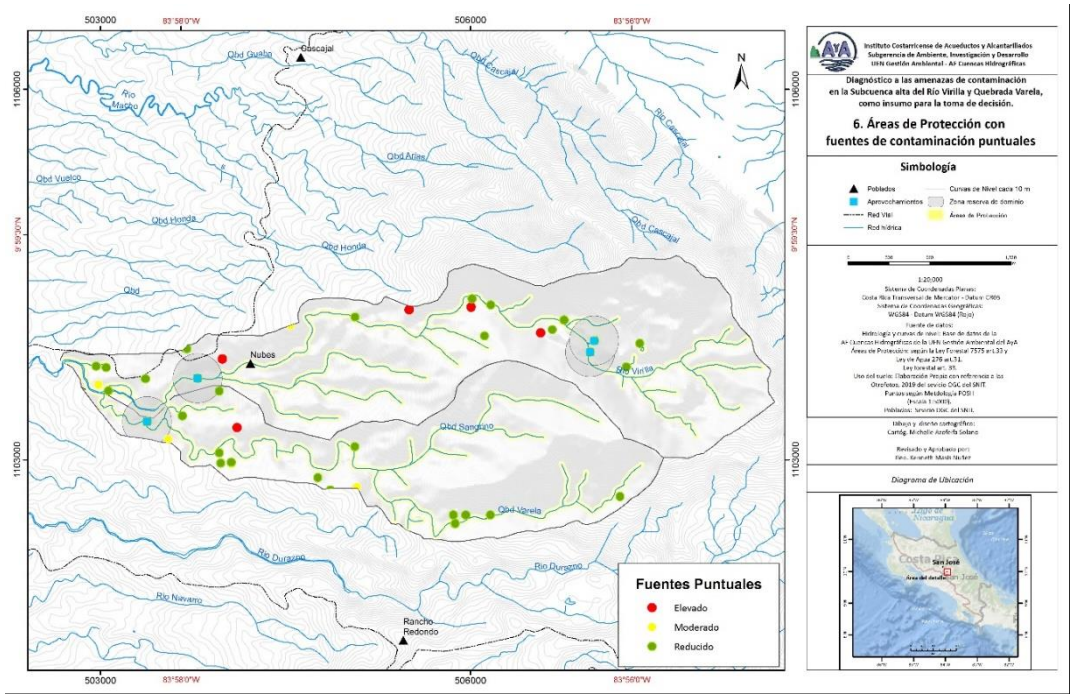
Gráfico 1. Porcentaje de la categoría de amenaza difusa, Elaboración Propia.

La fuente de contaminación difusas con referencia al método POSH, (Foster et al.,2002). Se determinaron en la Subcuenca Alta del río Virilla y Quebrada Varela son de gran importancia ya que en la Subcuenca predomina la cobertura Forestal, sin embargo, se tiene un 5.83% de amenaza de contaminación elevada que se encuentra muy cerca de los aprovechamientos de agua y cerca de donde se encuentra la Planta Potabilizadora de San Rafael. Otro Aspecto que se debe considerar es el porcentaje que se encuentra en la categoría de amenaza de contaminación moderado, ya que estas fuentes podrían cambiar de categoría significativamente en cualquier momento por los cambios constantes de los usos de la tierra.

Además, es importante mencionar que las fuentes de contaminación difusas moderadas y elevadas son las que se encuentran invadiendo las áreas de protección y la reserva de dominio.



Mapa 5. Fuente de contaminación puntual según método POSH, Elaboración Propia



Mapa 6. Fuente de contaminación puntual según método POSH, con áreas de protección y reserva de dominio, Elaboración Propia.

Las fuentes de contaminación puntuales se determinaron con referencia al método POSH, el uso de la tierra y información catastral. Es importante mencionar que las fuentes puntuales que se encuentran en categoría reducida pertenecen principalmente a concesiones que se encuentran registradas en AYA, sin embargo, estas concesiones deben permanecer en monitoreo para que se utilice la cantidad de agua que se estableció en las respectivas concesiones. Con las fuentes de contaminación que se encuentran en categoría elevado se debe tener vigilancia ya que podrían ocasionar un foco de contaminación importante para la subcuenca. Como por ejemplo si alguno de esos puntos de contaminación pertenece a sitios de desfogue de aguas residuales o si existe una densidad de cabeza de ganado que es muy común en la Subcuenca.



## **5. Conclusión**

La identificación de las fuentes contaminantes con su caracterización, es de gran importancia para entender las repercusiones que se pueden tener si no se realiza un manejo adecuado y a tiempo de los recursos hídricos.

Con esta investigación queda claro que, aunque existe todo un marco legal a favor de la protección del recurso hídrico, todavía existen muchos aspectos que mejorar, que muchas áreas de protección siguen siendo invadidas a causa de falta de planificación urbana y el ordenamiento del territorio.

En la subcuenca alta del río Virilla y Quebrada Varela, aunque existe una buena cantidad de zona forestal, y áreas de protección la presencia de lecherías y cultivos como principales fuentes contaminantes, ha generado que se recargue el acuífero y se pierda la calidad del agua superficial y subterránea que se utiliza para consumo.

## **6. Recomendaciones**

Se recomienda realizar trabajo en campo para verificar las fuentes de contaminación difusas y puntuales y realizar observaciones que no son visibles mediante imágenes satelitales.

Además, se recomienda que en el futuro se trabaje otras variables como la parte geológica de la cuenca, y edafológica para determinar variables infiltración y percolación.

Otro aspecto importante que se debe tomar en cuenta es que el método POSH, no contiene características importantes para la gestión hídrica como balance hídrico y aspectos sociales del área de estudio.

## 7. Bibliografía citada

Alvarado, D., J. Z., & Quirós, A. (2003). Primeros 100 Años De Marco Legal Costarricense Sobre Recursos Hídricos 1884 -1984. Recuperado de [http://www.da.go.cr/wp-content/uploads/2016/07/Direccion\\_Agua\\_Julio\\_2013\\_Articulo\\_100\\_A%C3%91os\\_Del\\_Marco\\_Legal\\_Hidrico.pdf](http://www.da.go.cr/wp-content/uploads/2016/07/Direccion_Agua_Julio_2013_Articulo_100_A%C3%91os_Del_Marco_Legal_Hidrico.pdf)

Aparicio, J. (1992). Fundamentos de Hidrología de Superficie (2ª ed.). México, México: Grupo Noriega Editores.

Burgos, A., Bocco, G., & Sosa, J. (2015). *Dimensiones sociales en el Manejo de Cuencas* (1.ª ed., Vol. 1). Coyoacán, México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Capello, R. (2016). Regional economics. London: Routledge.

CIAMA. (1992). *Declaración De Dublín Sobre El Agua Y El Desarrollo Sostenible*.

Presentado en Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente CIAMA,

Dublín, Irlanda. Recuperado de

<http://appweb.cndh.org.mx/derechoagua/archivos/contenido/CPEUM/E1.pdf>

CIAT. (2020). Restauración y uso de la tierra. Recuperado de <https://ciat.cgiar.org/lo-que-hacemos/restauracion-y-uso-de-la-tierra/?lang=es>

Decreto Ejecutivo 37107.2012. Autoriza el uso de purines del ganado bovino como mejorador de las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo. La Gaceta N°48, del 07 de marzo del 2012, San José, Costa Rica.

Decreto N° 33903-MINAE-S. (2007, septiembre 17). Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales.

Fonseca, A. Madrigal, H. Núñez, C. Calderón, H. Moraga, G. & Gómez, A. (2019). Evaluación de la amenaza de contaminación al agua subterránea y áreas de protección a manantiales en las subcuencas Maravilla-Chiz y Quebrada Honda, Cartago, Costa Rica. *Uniciencia*, 33(2), 76–97

Foster, S., Hirata, r., Gomes, DElia, M y Paris, M. (2002). Protección de la calidad del agua subterránea. Guía para empresas del agua, autoridades municipales y agencias ambientales. Banco Mundial. Recuperado de

<http://documentos.bancomundial.org/curated/es/229001468205159997/Proteccion-de-la-calidad-del-agua-subterranea-guia-para-empresas-de-agua-autoridades-municipales-y-agencias-ambientales>

Galicia, L., & Ruiz, N. (2015, 4 marzo). La escala geográfica como concepto integrador en la comprensión de problemas socio- ambientales. *Investigaciones Geográficas*, 0188-4611(89), 137–153. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0188461116300279>

Gásperi, J., Rodríguez, M., Sinisterra, G., Delgado, M., & Besteiro, S. (2013). Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas. (Ed. rev.). Buenos Aires, Argentina: Universidad de La Plata.

Gonzales, P., López, F., Gómez, C., & Lacalle, B. (2006). *Boletín Geológico y Minero. Evaluación del peligro de contaminación de las aguas subterráneas de un municipio residencial (Villanueva de la Cañada, Madrid)*, 117(3), 413-422. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2182486>

Guzmán, A. (2001, junio). La Problemática Ambiental Desde La Perspectiva Geográfica. *Análisis De Las Ii Jornadas Platenses De Geografía*. Recuperado 20 de mayo de 2020, de <http://www.ub.edu/geocrit/b3w-296.htm>

Hoeskstra, A.Y. y A.K. Chapagain.(2008). *Globalization of water: Sharing the planets freshwater resourses*. Blackwell Publishing, Oxford, UK.

Iagua. (2014, febrero 11). ¿Cuáles son los impactos de la agricultura en los recursos hídricos? Recuperado 26 de mayo de 2020, de <https://www.iagua.es/blogs/gidahatari/impactos-de-la-agricultura-en-el-recurso-hidrico>

Instituto Nacional de Estadística y censo (INEC), censo 2011. Recuperado 28 de marzo, 2020.

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, (MITECO). 2019 cuencas y subcuencas hidrográficas. Recuperado 12 de mayo de 2020, de <https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/agua/cuencas-y-subcuencas.aspx>

Mora, D. (2003). *Calidad Microbiológica de las aguas Superficiales en Costa Rica*. Recuperado de <https://www.bvs.sa.cr/ambiente/textos/calidadmicrob.pdf>

Shiklomanov, I, (2000). Appraisal and assessment of world water resources. *Water int.*25:11-32.

Unión Europea. (2020). Uso de la tierra y el suelo. Recuperado de [https://ec.europa.eu/environment/efe/land-use-and-soil\\_es](https://ec.europa.eu/environment/efe/land-use-and-soil_es)

United Nations Environment Programme (UNEP). (2016). Executive SummaryXIIIIXIIIA Snapshot of the World's Water Quality: Towards a global assessment. Recuperado 3 marzo, 2020, de [http://www.wwqa-documentation.info/assets/sum\\_spanish\\_unep\\_wwqa\\_report\\_web2.pdf](http://www.wwqa-documentation.info/assets/sum_spanish_unep_wwqa_report_web2.pdf)

Vargas, A. (2001). Contribución a la Geología y Geomorfología de una parte del cantón de coronado; Costa Rica. *Revista Geológica de América Central*, 24, 67–78. Recuperado de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/geologica/article/view/8553/8077>

Varona, E. (2011, diciembre). Enfoques de la ciencia geográfica y su proyección en el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Revista Científico- Metodológica*, 0864-196X (54), 58–64.

Villón, M. (2002). *Hidrología* (Ed. rev.). Cartago, Costa Rica: Taller de Publicaciones del Instituto Tecnológico.

## **Anexos**

### **Lista de productos a Entregar:**

- Delimitación de la microcuenca superior del río Virilla en Escala 1: 5.000.
- Delimitación de la microcuenca Quebrada Varela en Escala 1: 5.000.
- Uso de la tierra en Escala 1: 5.000.
- Identificación de invasiones en Áreas protegidas
- Identificar las concesiones. (SINIGHIR).
- Inventario de sitios de contaminación con su respectiva categorización de amenaza.
- Cartográfica de amenazas.
- Guía didáctica y replicable de los componentes del método POSH utilizados en la subcuenca alta del río Virilla (Metodología de la investigación).