

DETERMINACIÓN DE LA VARIACIÓN DE MICROCONTAMINANTES
(AGROQUIMICOS) EN LA SUBCUENCA DEL RIO PALACÉ MEDIANTE UN
MODELO MATEMÁTICO



CORPORACION UNIVERSITARIA
AUTONOMA
DEL CAUCA

DANIELA PERDOMO CHAVARRO
Trabajo de grado para optar el título de ingeniería ambiental sanitario

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTONOMA DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y DESARROLLO SOSTENIBLE
PROGRAMA INGENIERA AMBIENTAL Y SANITARIO
POPAYAN, CAUCA
2021

DETERMINACIÓN DE LA VARIACIÓN DE MICROCONTAMINATES
(AGROQUIMICOS) EN LA SUBCUENCA DEL RIO PALACÉ MEDIANTE UN
MODELO MATEMÁTICO



CORPORACION UNIVERSITARIA
AUTONOMA
DEL CAUCA

DANIELA PERDOMO CHAVARRO

Director
MSc.
VANESSA TRUJILLO ARZAYUS

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTONOMA DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y DESARROLLO SOSTENIBLE
PROGRAMA INGENIERA AMBIENTAL Y SANITARIO
POPAYAN, CAUCA
2021

NOTA DE ACEPTACIÓN

Hacemos constatar que el presente trabajo de grado titulado “determinación de la variación de micro contaminantes (agroquímicos) en la subcuenca del río Palace mediante un modelo matemático” ha sido evaluado y aprobado por la corporación universitaria autónoma del cauca, como requisito para optar por el título de ingeniero ambiental y sanitario.

Vanessa L. Trujillo

Director. MSc. Vanesa Luz A. Trujillo Arzayus

Arnol Arias Hoyos

Jurado. Esp. Arnol Arias Hoyos

Natalia Samboni R.

Jurado. MSc. Natalia E. Samboni Ruiz

Popayán, septiembre 3 de 2021

DEDICATORIA

A Dios, el autor de unos padres maravillosos que con su bendición lograron inculcarme los valores más importantes para ser una buena cristiana.

A mi madre Dolly Maritza Chavarro Laverde por ser mi compañera, voz de conciencia y guía en la vida.

A mi padre Celiano Perdomo Camero, por inculcarme el amor y la importancia de la educación. A ustedes gracias por su lucha, tenacidad y esfuerzos. Cada uno de mis logros les pertenece.

A mis hermanas Angela y Laura. Gracias a ustedes he aprendido la tolerancia y entendí un amor que sobre pasa el sí mismo.

A mis abuelos por rodearme siempre de un amor lleno de ternura.

A mis queridos tíos que vieron siempre mi lucha durante estos años de carrera y que hoy miran desde el cielo este sueño cumplido todo mi amor.

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia agradezco al Ing. Ronald Cerón, su apoyo fue fundamental para la realización de este trabajo investigativo. Su capacidad propositiva y el estar siempre dispuesto a ayudarme es reflejo de los resultados obtenidos.

A la Magíster Tatiana Dávila, infinitas gracias por estar siempre involucrada en este proceso. Sus aportaciones profesionales y personales fueron una motivación continua. Profesora Tatiana, es usted una persona de una calidad humana excepcional. Que mi Dios es su infinito amor siempre este en su camino, permitiendo sea usted feliz.

A la magister Vanessa Trujillo quien se involucró en este proceso cuando ya se había iniciado. Le agradezco su paciencia y disposición.

A la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, el lugar que me permitió ser profesional. A sus directivas y planta de personal. Pero en especial a nuestra querida Aleja Hoyos quien siempre me recibió en la facultad de Ciencias Ambientales y Desarrollo Sostenible con amabilidad, disposición, respeto y comprensión.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	13
CAPITULO I: PROBLEMA.....	15
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	18
1.3 OBJETIVOS.....	19
1.3.1 Generales.....	19
1.3.2 Específicos.....	19
CAPITULO II: REFERENTES CONCEPTUALES.....	20
2.1 ZONA DE ESTUDIO.....	20
2.1.1 Localización municipio de Totoró.....	20
2.1.2 Aspectos físicos bióticos.....	21
2.1.3 Aspectos socioeconómicos.....	22
2.1.4 Aspectos ambientales.....	22
2.2 MARCO REFERENCIAL.....	23
2.2.1 Contaminantes emergentes (CE).....	23
2.2.2 Agricultura.....	23
2.2.3 Agroquímicos.....	23
2.2.4 Modelación matemática.....	25
2.2.5 Contextualización de la modelación.....	27
2.3 PRINCIPALES COMPONENTES DE UNA MODELACION.....	28
2.3.1 Reacciones de orden 1.....	28
2.4 CALIDAD DE AGUA.....	29
2.5 MARCO NORMATIVO.....	30
CAPITULO III: METODOLOGÍA.....	32
3.1 FASE I: CARACTERIZACIÓN AREA DE ESTUDIO.....	32
3.1.1 Zona de estudio.....	32
3.1.2 Materiales y equipos.....	34
3.2 FASE II: MONITOREO EN EL AREA DE ESTUDIO.....	34
3.2.1 Instalación de equipos.....	34
3.2.2 Recolección de muestras y aforos.....	34
3.2.3 Análisis de laboratorio.....	35
3.3 FASE III: MODELO.....	35
3.3.1 Datos para el modelo.....	35
3.3.2 Calibración del modelo.....	36
3.3.3 Planteamiento estadístico del resultado del modelo.....	37
CAPITULO IV: RESULTADOS.....	39

4.1 FASE I: RESULTADOS CARACTERIZACION ZONA DE ESTUDIO.....	39
4.1.1 Selección de los puntos de monitoreo	39
4.2 FASE II: PRIORIZACIÓN DE AGROQUIMICOS.....	40
4.2.1 Evaluación de microcontaminantes	50
4.3 FASE III: IMPLEMENTACION DEL MODELO	54
4.3.1 Parámetros del modelo	54
4.3.2 Balance de masas.....	56
4.3.3 Implementación del modelo.....	58
4.3.4 Calibración del modelo	64
4.3.5 Planteamiento estadístico del resultado del modelo	65
V CONCLUSIONES	67
VI RECOMENDACIONES	68
BIBLIOGRAFIA.....	69
ANEXOS	73

TABLAS

	pág.
Tabla 1. Clasificación de los plaguicidas según su toxicidad	24
Tabla 2. Clasificación de plaguicidas según su vida media de efectividad	25
Tabla 3. Clasificación de plaguicidas según su familia química	25
Tabla 4 Criterios modelos existentes	26
Tabla 5. Componentes de la modelación.....	28
Tabla 6. Normatividad.....	31
Tabla 7. Criterios para puntos de monitoreo	33
Tabla 8. Detecciones plaguicidas en monitoreo.....	35
Tabla 9. Altitud y coordenadas geográficas de los puntos de monitoreo.....	40
Tabla 10. Valor de criterios que influyen en la movilidad y transporte de los plaguicidas en el medio ambiente	45
Tabla 11. Valor de los criterios que influyen en el impacto a la salud.....	46
Tabla 12. Valor de los criterios que influyen en el impacto social que generan los plaguicidas en la región.	47
Tabla 13. Puntaje para los criterios que influyen en la movilidad plaguicidas.....	48
Tabla 14. Puntaje de los criterios que influyen en el impacto social.....	49
Tabla 15. Resultados de priorización	50
Tabla 16. Aforo rio palace, humedal	54
Tabla 17. Aforo rio palace.....	55
Tabla 18. Aforo rio palace, hatico	55
Tabla 19. Aforo rio palace, bocatoma	56
Tabla 20. Resultados balance de masa, endos culfan	57
Tabla 21. Resultado balance de masas, metaxiclora	57
Tabla 22. Resultados balance de masas, clorpirifos	57
Tabla 23. Comparación entre la concentración estimada y la concentración real	65

FIGURAS

	pág.
Figura 1. Elementos que determinan la metodología de la modelación	27
Figura 2. Utilización del agua en el mundo por sectores	30
Figura 3. Localización geográfica rio palace	33
Figura 4. Ubicación geográfica puntos de monitoreo	39
Figura 5. Tendencia de agroquimicos, metaxicloro	51
Figura 6. Tendencia de agroquimico,clorpirifo	52
Figura 7. Tendencia agroquímica endosulfan	52
Figura 8. Comparación de concentraciones de agroquímicos.....	53
Figura 9. Imagen trayectoria agroquímicos	58
Figura 10. Comportamiento de la concentración del flujo masico con la distancia - humedal- hatico	59
Figura 11. Comportamiento de la concentración del flujo masico y la distancia hatico- bocatoma.....	59
Figura 12. Comportamiento entre caudal y distancia humedal-bocatoma	60
Figura 13. Trayectoria agroquímica metaxicloro	60
Figura 14. Comportamiento de la concentración de flujo masico con la distancia humedal - hatico	61
Figura 15. Comportamiento de la concentración de flujo masico con la distancia hatico- bocatoma.....	61
Figura 16. Comportamiento entre caudal-distancia, humedal-bocatoma.....	62
Figura 17. Trayectoria agroquímica, clorpirifos	62
Figura 18. Comportamiento de la concentración del flujo masico con la distancia humedal- hatico	63
Figura 19. Comportamiento de las concentraciones de flujo masico, hatico-bocatoma....	63
Figura 20. Comportamiento entre caudal-distancia, humedal-bocatoma.....	64
Figura 21. Comportamiento entre caudal-distancia, humedal-bocatoma.....	64

anexos

	pág.
Anexo 1. Presupuesto	73
Anexo 2. Concentración determinada del humedal (ng/l).....	74
Anexo 3. Concentración determinada siberia (ng/l).....	74
Anexo 4. Concentración determinada hatico (ng/l).....	75
Anexo 5. Concentraciones determinadas bocatomá (ng/l)	75
Anexo 6. Tabla de cálculos endosulfán 1	76
Anexo 7. Tabla de cálculo metaxicloro.....	77
Anexo 8. Tabla de cálculos clorpirifos.....	78
Anexo 9. Aforo palace - punto hatico 9.5 m	79
Anexo 10. Aforo palace - punto siberia 9m	80
Anexo 11. Aforo palace - punto humedal 5.8 m	81
Anexo 12. Aforo palace - puente hatico 9m	82
Anexo 13. Aforo palace - punto siberia 9 m	83
Anexo 14. Aforo palace punto humedal 6m	84
Anexo 15. Aforo palace - punto hatico 9 m	85
Anexo 16. Aforo palace - punto siberia 9m	86
Anexo 17. Aforo palace - punto humedal 6m	87
Anexo 18. Aforo palace - hatico 9m	88
Anexo 19. Aforo palace - punto siberia 9 m	89
Anexo 20. Aforo palace - punto palace 5m	90
Anexo 21. Reporte de resultados laboratorio	91
Anexo 22. Análisis extracción de plaguicidas por gc-ms.....	92
Anexo 23. Tabla de parámetros fisicoquímicos.....	97
Anexo 24. Cálculos modelo matemático endosulfán 1	98
Anexo 25. Modelo matemático metaxicloro.....	99
Anexo 26. Modelo matemático clorpirifos	100

RESUMEN

Las diversas actividades agrícolas presentes en la cercanía de las cuencas hidrográficas generan de manera directa o indirecta vertimientos puntuales y difusos de diferentes compuestos agroquímicos, dando como resultado la alteración en la calidad de las aguas. Es debido a esto y con el propósito de desarrollar estrategias tendientes a reducir dicha contaminación, así como para controlar o minimizar el impacto generado en los cuerpos de agua, que surge la necesidad de conocer el flujo y el destino de dichos químicos.

Una de las opciones para predecir el transporte de estas sustancias a través del agua y realizar las respectivas evaluaciones que permitan determinar la calidad de esta, son los modelos matemáticos. Actualmente, existen diversos modelos establecidos, ya que es una herramienta fundamental para la planeación, diseño e implementación de programas de control de la calidad del recurso hídrico. Razón por la cual, en la presente investigación se implementó un modelo de primer nivel, que se encuentra en la guía Nacional de modelación del recurso hídrico para aguas superficiales continentales.

Habiéndose implementado el modelo de simulación de transporte y destino de contaminantes emergentes, correspondientes a plaguicidas, funguicidas, insecticidas, herbicidas, más conocidos como “agroquímicos”, en la subcuenca del río Palace, se obtuvieron resultados satisfactorios en el análisis del impacto causado por estos sobre el recurso hídrico. Sin embargo, se pueden generar mejores resultados si se tienen en cuenta todas las formas de transporte de pesticidas en la cuenca, aumentando de esta manera el porcentaje de efectividad del trabajo de campo realizado, ya que la confiabilidad de los resultados depende de la información de entrada a evaluar, así como de las variables para definir adecuadamente que modelo se va a implementar.

Palabras claves: subcuenca, contaminantes emergentes, agroquímicos, modelo de primer nivel, transporte.

ABSTRACT

The various agricultural activities in the vicinity of the watersheds directly or indirectly generate point and diffuse discharges of different agrochemical compounds, resulting in the alteration of water quality. It is due to this and with the purpose of developing strategies to reduce such contamination, as well as to control or minimize the impact generated in water bodies, that the need arises to know the flow and destination of such chemicals.

One of the options for predicting the transport of these substances through water and making the respective evaluations to determine water quality are mathematical models. Currently, there are several established models, since it is a fundamental tool for the planning, design, and implementation of programs to control the quality of water resources. For this reason, in the present research a first level model was implemented, which is found in the National guide for water resource modeling for inland surface waters.

Having implemented the simulation model for the transport and fate of emerging pollutants, corresponding to pesticides, fungicides, insecticides, herbicides, better known as "agrochemicals", in the Palace River sub-basin, satisfactory results were obtained in the analysis of the impact caused by these pollutants on the water resource. However, better results can be generated if all forms of pesticide transport in the basin are considered, thus increasing the percentage of effectiveness of the field work carried out, since the reliability of the results depends on the input information to be evaluated, as well as on the variables to adequately define the model to be implemented.

Key words: sub-basin, emerging contaminants, agrochemicals, first level model, transport.

INTRODUCCIÓN

El agua es el compuesto más importante para la vida, está presente en los diferentes procesos biológicos de todos los seres orgánicos, pero además sus aplicaciones en otros campos también son amplias y diversas. Encontramos que es necesaria para los sectores industrial, agrícola y de carácter urbano. Constituye un pilar fundamental para el desarrollo social, económico y sanitario de cualquier población. Razón por la cual es un factor de interés mundial a monitorear, controlar y potenciar en sus diferentes usos. El tratamiento de agua potable es un proceso esencial para el consumo de este recurso natural. El suministro, la escasez y las restricciones normativas, son un indicativo de la importancia actual y la necesidad de cambiar la visión del manejo global del agua para consumo humano [1] [2].

Existen agentes de origen biológico, químico y físico que representan una amenaza para los seres humanos, animales, plantas y microorganismos, así como para la totalidad de los ecosistemas necesarios para el desarrollo de la vida, debido a su carácter nocivo. Con la industrialización del mundo, el número y las fuentes contaminantes se han elevado rápidamente, tanto para los seres humanos como para la vida silvestre. Se piensa que más de la mitad de todas las enfermedades que afligen a la humanidad están influenciadas directa o indirectamente por factores ambientales. Entre el amplio campo de contaminantes conocidos, se encuentran los contaminantes de interés emergente que se consideran un grupo importante que contribuye a enfermedades ambientales de causa incierta [3].

El término contaminantes de preocupación emergente o CEC (Contaminants of Emerging Concern), empezó a ser usado a partir de la década de 1990, cuando se realizaron los primeros estudios experimentales debido a la preocupación que generaban en esta época los CEC encontrados en las fuentes hídricas y el impacto de estos elementos al medio ambiente y la salud. Posteriormente, durante la década del 2000, se empezó a utilizar el término CE "contaminantes emergentes" [4] ganado popularidad sobre el término antes mencionado.

La palabra "*emergentes*" sugiere la necesidad de descubrir un nuevo agente de preocupación, cuando en realidad todo lo que se requiere es un cambio en la visión de los riesgos planteados por una sustancia dada, independientemente de si se ha descubierto recientemente o si ya había sido descubierta con anterioridad. [5]

El término CE se ha definido apropiadamente como: "Un producto químico para el cual existe una creciente preocupación con respecto a sus riesgos potenciales para los seres humanos y los ecosistemas, incluida la alteración endocrina y la neurotoxicidad", al tiempo que agrega la declaración calificativa de que "Dentro de la amplia categoría de CE monitoreados, las agencias tienen definiciones muy diferentes de lo que realmente es una CCA". A medida que aumenta el conocimiento

de los peligros ambientales, también lo hace el recuento de los CE dañinos y específicos, que actualmente se estiman en un total de más de 40,000 sustancias, con un promedio de seis nuevos compuestos con potencial de CE que se agregan al inventario químico del mundo cada día. [5]

Al tratarse de sustancias tóxicas bioacumulables, son capaces de llegar incluso a los reservorios de agua a través de las vertientes residuales y corrientes subterráneas. Las técnicas actuales de depuración no son adecuadas para su detección y mucho menos para su eliminación, por lo que resulta significativamente importante el desarrollo de procesos avanzados que permitan corregir este problema. [6]

En estudios realizados en ríos y aguas subterráneas alrededor del mundo, se han encontrado contaminantes emergentes con sustancias heterogéneas tanto en su estructura química como en su uso, teniendo en común el hecho de ser tóxicos para organismos acuáticos, sobre los cuales provocan efectos negativos, por ejemplo, la feminización y hermafroditismo de algunas especies de peces o su acción como disruptores endocrinos. Ese tipo de situaciones hace que sin duda debas ser eliminados del ambiente y no solamente de medio acuáticos, pues en últimos estudios realizados también se han encontrado contaminantes emergentes en el aire. [6].

Actualmente se conocen alrededor de 16 millones de plaguicidas diferentes y cada año se sintetizan aproximadamente 250.000 nuevos compuestos [7]. Y aunque los pesticidas se han regulado desde hace décadas, el problema radica en sus productos de degradación, que han sido prácticamente ignorados hasta la actualidad, pero que pueden llegar incluso a resultar más tóxicos que el producto de partida. A través de los diferentes compartimientos ambientales, los agroquímicos son transportados lejos de los lugares donde fueron aplicados, trasladando así la contaminación a lagos, lagunas, humedales, acuíferos, agua de mar, fuentes que en más de una ocasión es de donde se surten de agua potable las poblaciones. Si no se toman los correctivos necesarios, el problema podría adquirir una magnitud que se pierde de vista y las poblaciones y los ecosistemas, independientemente del lugar donde se encuentren, estarían expuestos de forma crónica a bajas dosis de un conjunto de sustancias sumamente tóxicas, que además podrían actuar de forma sinérgica ocasionando daños a los humanos y a la fauna.

La presente investigación, se realizó con base en la problemática que ocupa actualmente la cuenca del río Palace, en la que se presentan cultivos transitorios de papa, y donde se utilizan agroquímicos con el fin de mejorar la productividad para satisfacer la demanda de este producto en la región, pero que con un inadecuado protocolo al momento de la aplicación y dado el alto nivel de toxicidad, pueden llegar a ocasionar daños a los afluentes cercanos a los cultivos, generando así los problemas antes mencionados.

CAPITULO I: PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La contaminación generada al recurso hídrico es uno de los problemas que actualmente más preocupa a la humanidad, esto se debe a que la cantidad de este elemento esencial para el desarrollo de la vida y la sociedad es cada vez más limitada. En el planeta tierra solo el 2.5% del agua que existe es dulce. De esa cantidad el 0.5% se encuentra en cuerpos de agua subterránea, un 2% se halla congelada en glaciares, quedando solo un 0.01% presente en la superficie en forma de ríos, lagos, entre otros, pero siendo apenas el 0.007% potable [8]. De toda el agua dulce que utiliza los seres humanos, el 70% se destina a la agricultura, si tenemos en cuenta que esta agua regresa por escorrentía a los cuerpos hídricos superficiales y/o subterráneos, se puede observar cómo se estaría causando contaminación a las fuentes abastecedoras de agua potable [9].

Actualmente se presentan problemas de contaminación de las fuentes de aguas subterráneas y superficiales por el empleo indiscriminado de agroquímicos. Como datos estadísticos de esta situación, se encontró que según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO por sus siglas en inglés), el consumo de plaguicidas en la agricultura colombiana se estimó en 47343.85 toneladas para 2016.

Según esta misma organización, la contaminación que se presenta en los cuerpos de agua por agroquímicos ha aumentado considerablemente en los últimos años, y esto ha causado problemas a la salud humana, ya que se han visto afectadas las fuentes de donde las personas se abastecen de agua. Los productos de la industria agrícola son uno de los problemas más importantes de hoy en día, en países como Brasil, Rusia, Indonesia, Tailandia y Ucrania han aumentado en un 1.2% y en países en vía de desarrollo han aumentado el 1.9% [10].

En los últimos 10 años a nivel mundial, ha aumentado en un 93% el consumo de elementos agroquímicos, siendo países como China y EE. UU. los mayores usuarios de estos productos le siguen Alemania, Francia y Reino Unido, quienes han alcanzado tasas de crecimiento mensual del uso de insumos agrícolas de entre el 4% al 5,5% [10].

En América latina, según la agencia nacional de vigilancia sanitaria de Brasil, ha aumento en un 190% el consumo de sustancias agrícolas en el país [11]. En Uruguay se emplean un 97% de agroquímicos en cultivos [12]. En Ecuador, México, Costa rica, Guatemala y Colombia se está implementando un sistema que no afecte al medio ambiente, llamado revolución verde, ya que el campo agrario es uno de los mercados más atractivos para implementar biotecnologías [13] [14].

Suiza, España y Argentina han realizado estudios sobre los micro contaminantes por agroquímicos en aguas superficiales, la problemática ambiental ha conllevado a implementar nuevos tratamientos para la reducción de estos contaminantes en cuerpos de agua [15]. Holanda y Australia tienen una regulación que establece los límites máximos permisibles de CE en aguas superficiales para potabilización [16] siendo de 0.35 a .50 µg/l.

En un trabajo realizado en la población de Suesca ubicada en la ribera del río Bogotá [17], se reportó la presencia de plaguicidas organoclorados en concentraciones que alcanzan los 14.3 µg/L, destacándose la presencia de β-BHC (Hexa cloruro de benceno) y endosulfán, cuyos estándares de calidad ambiental y concentración máxima permisible (MAC-EQS, siglas en inglés) son 0.05 y 0.01 µg/L, respectivamente [17]. También se hallaron plaguicidas organofosforados que alcanzan una concentración promedio de 26.1 µg/L, siendo el más frecuentemente detectado el metil bromofos, para el cual no se reporta EQS ni criterios de concentración crónica (CCC), pero se encuentra por encima de los criterios para agua potable de la EU (0.1 µg/L).

Problemas similares se han reportado en la región de Antioquia, donde se detectaron evidencias de genotoxicidad en extractos orgánicos obtenidos a partir de diferentes fuentes de aguas superficiales, indicando que la actividad genotóxica se genera como consecuencia de vertidos contaminados con plaguicidas derivados de la intensa actividad agropecuaria que se realiza en la zona [18]. Por otra parte, Lans y colaboradores (2008) publicaron un estudio de contaminación por plaguicidas órgano clorados (OC) realizado en la Ciénaga Grande del Bajo Sinú, en cuyos alrededores se lleva a cabo una intensa actividad agrícola con el empleo de grandes cantidades de agroquímicos, describiendo la presencia de α-BHT (0.031 - 0.112 µg/L), β-BHT (0.316 - 0.586 µg/L), γ-BHT (0.115 - 0.060 µg/L), aldrín (0.110 - 0.280 µg/L) y heptacloro epóxido (0.281 - 0.549 µg/L).

En países en vía de desarrollo como Colombia, no existe una legislación sobre el tema, si bien encontramos algunas normas como el decreto 3930 de 2010 que reglamenta los usos del agua y residuos líquidos, este no menciona nada sobre las sustancias denominadas CE [17], la resolución 0631 de 2015 cap. IV donde nos da los parámetros de ingredientes activos de plaguicidas de la categoría toxicológica IA, IB y II y sus valores de límites máximos permisibles para vertimiento puntuales de aguas residuales no domésticas [18]. También se destaca la principal norma que rige el tema de calidad del agua para consumo en Colombia, el Decreto 1575 y la resolución 2115 del año 2007, por medio del cual se establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano, estableciendo los mapas de riesgo, orientados a reducción de la posibilidad de consumir agua con cargas de diferentes compuestos que pueden afectar la salud de la población, ya

que se ha determinado que esta serie de compuesto puede afectar el sistema endocrino en humanos y animales [19].

Por tal motivo, la presente investigación se centra en dar a conocer la problemática que actualmente afecta la subcuenca del río Palace, debido a los productos químicos utilizados en la agricultura. Centrando el objeto de estudio en el municipio de Totoró, Cauca. Donde en el año 2012, se realizó un análisis en la bocatoma en la que se encontraron los siguientes compuestos: *Endosulfan* 0,235 mg/L, *Sulfato de cobre* 0,09 mg/L, *clorpirifos*, 0,01 mg/L, un insecticida organofosforado clasificado entre los productos de Clase II moderadamente peligroso. Los anteriores datos los aporro el acueducto y alcantarillado de Popayán.

En la zona alta y media de la cuenca del río Palace, se presenta un alto número de cultivos de fresa y papa, siendo este último el principal cultivo de comercialización con una extensión 1165,2 hectáreas, correspondientes al 6,8% del área de la cuenca. Estos productos están asociados con el uso intensivo de insumos agrícolas, y presentan contaminación difusa de los diferentes compuestos presentes en los plaguicidas, pesticidas, herbicidas y fungicidas. Por ejemplo, los pesticidas solubles en agua, a través de escorrentía y percolación/o lixiviación pueden ser transportados a las aguas superficiales y subterráneas.

Gran parte de los plaguicidas que son aplicados en los lotes de cultivo pueden alcanzar los cuerpos de agua superficial y subterránea por distintas vías. Los agroquímicos presentes en el suelo por escorrentía superficial son arrastrados hacia los cuerpos de agua como consecuencia de la precipitación generada en la zona. Además, no sólo el agua superficial puede ser contaminada por el uso de agroquímicos, ya que estos productos también pueden ingresar por lixiviación a las aguas subterráneas. El tipo de suelo y topografía determinan en gran medida el ingreso de los agroquímicos tanto a aguas superficiales como subterráneas. Teniendo que, en terrenos con pendientes elevadas se da un mayor escurrimiento y erosión de suelos contaminados hacia aguas superficiales [20]

Dicho esto, lo que se pretende realizar es un estudio que permita dar a conocer el comportamiento de los micro contaminantes determinados, en 4 diferentes puntos del afluente y la variación de estos, mediante una modelación de orden 1, para así identificar el comportamiento de los compuestos encontrados a lo largo del área de estudio del río Palace.

1.2 JUSTIFICACIÓN

El agua, como ya se mencionó anteriormente, es un componente vital que participa en prácticamente todos los procesos biológicos y es soporte de la vida de muchos organismos. El ser humano utiliza las aguas naturales en multitud de aplicaciones de innumerables áreas, por lo que su calidad es un factor de interés mundial a controlar [23].

La entidad ambiental eco joven considera: “El agua brota como el mayor conflicto geopolítico del siglo XXI, se espera que, en el año 2025, la demanda de este elemento tan necesario para la vida humana será un 56% superior que el suministro y quienes posean agua podrían ser blanco de un saqueo forzado [24].

Por tal motivo se hace indispensable y necesaria la participación institucional en procura de generar estudios importantes en temas de relevancia social y ambiental, para brindar opciones a las comunidades que requieren apoyo y colaboración para mejorar su calidad de vida [25]. La contaminación es una problemática nacional que se debe controlar por el bienestar de las futuras generaciones, se enfatiza en los agroquímicos ya que son productos que se utilizan ampliamente en la producción de alimentos y que, con la mala práctica en su utilización, contaminan las fuentes hídricas y generan daños al ecosistema y la humanidad.

Las aguas superficiales están en constante riesgo de ser contaminados con sustancias complejas de principios activos, debido al desarrollo de prácticas agrícolas basadas en el paradigma de la “revolución verde” [26]. Por esta razón, la fauna y los seres humanos que están en contacto con estos cursos de agua se exponen simultáneamente a varios tipos de agroquímicos que, de acuerdo con su naturaleza, tiene diferentes efectos sobre el organismo. [27].

Por tal motivo, el desarrollo de esta investigación permite aportar una identificación aproximada de los riesgos por agroquímicos (x1, x2, x3) que afectan las cuencas abastecedoras de agua potable, y así contribuir a la toma de decisiones apropiadas con una visión estratégica, generadora de nuevos retos que contribuya al desarrollo y bienestar para la población, ya que aunque actualmente la literatura reporta estudios de transporte, destino y evaluación de riesgo de agroquímicos provenientes de la agricultura en el mundo, no se encuentran estudios de este tipo, para la cuenca de abastecimiento objetivo.

En Colombia se reglamenta el manejo de recurso hídrico en el párrafo del artículo 2.2.3.3.1.7, del Decreto número 1076 de 2015, mediante el cual se establece que le compete al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible expedir la Guía Nacional de Modelación del Recurso Hídrico, por cuanto la misma se aplicará a las aguas superficiales continentales.

Por qué el problema anteriormente descrito debe ser solucionado. ¿Cuáles son las herramientas que se brindan para solucionar este problema?

Existen diferentes herramientas establecidas para determinar un manejo adecuado del recurso hídrico y sus posibles problemas de vertimientos de residuos en ellas, por tal motivo una de las alternativas propuestas es la elaboración de modelos matemáticos para determinar calidad de agua para el consumo humano.

Finalmente, el desarrollo de esta investigación busca aportarle a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán S.A. E.S.P., la identificación de las amenazas a las cuencas abastecedoras de agua potable, datos que le permitan implementar medidas al respecto, en vista de que hasta el momento se adolece de la debida información que precise la situación real del transporte, destino y evaluación de riesgo de los micro contaminantes provenientes de los pesticidas utilizados en la agricultura.

Para lograrlo, este proyecto desarrollara una modelación matemática donde se realice una simulación de cómo se comportan estos contaminantes de acuerdo con su concentración y a las condiciones hidráulicas de la fuente de estudio, ya que esta herramienta proporcionara la información sobre la problemática que está afectando la fuente hídrica. Dicho de otra manera, con este modelo se podrá analizar la información que contribuya a dar mayor certeza a la hora de tomar decisiones para la determinación de calidad de agua y sus posibles usos.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Generales

Determinar la variación de micro contaminantes en el cauce del rio Palacé en función de sus condiciones hidráulicas.

1.3.2 Específicos

- Establecer el área de estudio con una alta influencia agrícola aferente a la fuente.
- Evaluar los contenidos de micro contaminantes en la variante superficial y sedimentos.
- Modelar la variación de los micro contaminantes mediante un balance de masa en función de su recorrido.

CAPITULO II: REFERENTES CONCEPTUALES

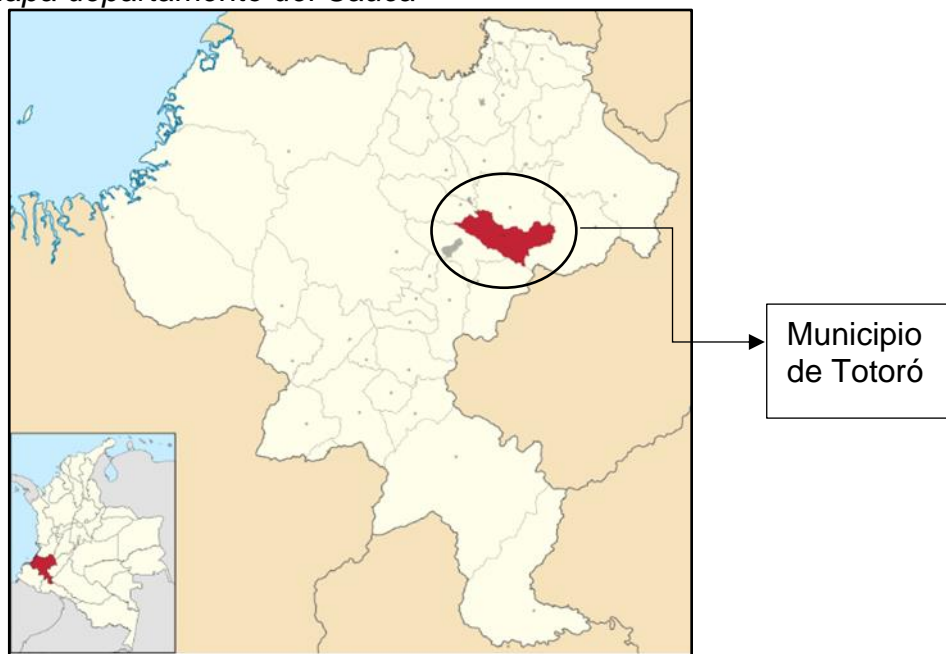
2.1 ZONA DE ESTUDIO

2.1.1 Localización municipio de Totoró

El municipio de Totoró se localiza al sur occidente de Colombia, está ubicado a 30 km de la ciudad de Popayán, su cabecera municipal está localizada a una altura de 2.750 metros sobre el nivel del mar, entre 2°38" de longitud norte y 2°15" longitud oeste, como se presenta en la ilustración 1. Tiene una extensión 42198 km², con una población de 1882 Hab población urbana en total de 21.289 Hab [28].

Al presentar zonas de altitud mayores a los 3000 msnm, como el corregimiento de Gabriel López, la temperatura promedio es de 10.3 °c, con una escasa oscilación térmica anual gracias a su cercanía al ecuador, siendo unas de las zonas pobladas más frías de Colombia. Esto también influye en la precipitación, las cuales son más abundantes a menor altitud sobre el nivel del mar. también presenta el índice de irradiación solar más baja de todo el país, ya que tan solo posee 637 horas de sol anuales [29].

Ilustración 1. Mapa departamento del Cauca



Fuente: Google map.

2.1.2 Aspectos físicos bióticos

De acuerdo con el diagnóstico ambiental del municipio de Totoró realizado por la Corporación Autónoma Regional del Cauca [30]. se establecen aspectos físicos bióticos como:

Relieve: Totoró cuenta con grandes extensiones de tierra en su mayoría montañosos, los cuales la mayoría son utilizados para el cultivo de papa y fresas, con una altitud máxima de 4.630m y una altitud mínima de 1.181m teniendo en cuenta se cercanía a la línea del ecuador tiene una oscilación baja en temperatura siendo así una de las zonas pobladas más frías de Colombia, también así presentando el índice de radiación solar más baja de todo el país.

Clima: De acuerdo con el sistema climatológico IDEAM el clima es templado, paramo montañoso de la cordillera del macizo colombiano. Con una temperatura media anual de 10.3°C y con una precipitación aproximada de 1766 mm.

Hidrografía: El municipio de Totoró Cauca cuenta con una red hídrica que se caracteriza por la presencia de reservorios naturales como lagunas, producto de las precipitaciones constantes que se dan durante todo el año en el valle interandino, que, sumadas a las condiciones topográficas y a la vegetación típica de páramos, convierte la zona en un gran captador de agua [21].

Totoró cuenta con numerosas fuentes de agua, que tiene en su mayoría nacimiento en las diferentes montañas que se encuentran ubicadas especialmente en el extremo nororiental en los límites con el municipio de Inza. La red hídrica del municipio de Totoró hace parte de la cuenca del Alto Cauca la cual está conformado por el río Cauca y sus afluentes; entre ellos tenemos la sub cuenca del Río Palacé, micro cuenca del río Cofre y las siguientes corrientes superficiales importantes dentro del municipio: Río Molino, quebrada Aguas Vivas, quebrada Cazadores, quebrada Chuscales, quebrada Honda, quebrada el Molino, quebrada la Victoria, quebrada las Piedras, quebrada la Chorrera, quebrada Agua Blanca, quebrada el Tabaco, quebrada Santa Teresa, quebrada la Borrada, quebrada Sabaleta y quebrada Minchicao; además de poseer numerosos afluentes sin ser clasificados.

Suelo: los suelos se distribuyen en la región como paramo alto super húmedo, estos se localizan en la parte alta de las veredas Chuscales, Agua Bonita, Calvache, Portachuelo que según la cartografía de suelos pertenecen a la: Consociación Mèndez, Consociación Paramo; y Consociación Totoró. [22]

Limites: el municipio de Totoró limita al norte con los municipios de Cajibío y Silvia; al oriente con el municipio de Inza; al sur con el área de litigio entre nuestro departamento y el departamento del Huila, al igual que con Puracé y Popayán y al occidente con una parte de los municipios de Popayán y Cajibío.

Cobertura vegetal: Su área generalmente se encuentra cubierta en mayor medida por vegetación natural de bosque enano altoandino, aunque este ha ido desapareciendo, al igual que en los otros altiplanos y la intervención es intensa con ganadería extensiva y cultivos preferencialmente de papa. Esta situación asociada a condiciones climáticas secas, hacen muy susceptible el área de degradación por aceleramiento de procesos actualmente activos, como escurrimiento superficial difuso y concentrado que forman surcos y cárcavas y truncan los suelos por tunelización (sufusión).

2.1.3 Aspectos socioeconómicos

El municipio de Totoró Cauca cuenta con un total de habitantes 20.970 con un el 65.5% son indígenas, 21.1% afrodescendientes y un 58.5% mestizos. De acuerdo con un estudio realizado por el INCODER 46 resguardos cuentan con terrenos productivos en un 3.300 has de café, 1.000 has fique, 650 has papa.

Actividades económicas: Se basa fundamentalmente en el sector primario, la actividad económica por excelencia es la horticultura, la cual se desarrolla de manera itinerante y siguiendo la práctica de roza y quema. Por ser una región en esencia fría, el cultivo de papa se destaca como el principal producto, el cual se combina con siembras de fresa, cebolla y calabaza. Cabe mencionar que en los últimos años la fuerza de trabajo en jornales por fuera de las parcelas del resguardo se ha venido constituyendo en una actividad importante.

Aspecto político: las formas organizacionales más conocidas en la subcuenca y tienen influencia política son:

- Partidos políticos tradicionales
- Junta de acción comunal
- Asociación campesina Gabriel López
- Otras acciones campesinas (Aguas Vivas, Portachuelo, Siberia, etc.)
- Juntas procapilla y de padres de familia
- Sociedad de agricultores del Cauca SAC
- Fedecampo

2.1.4 Aspectos ambientales

Los mayores problemas en términos ambientales que se generan en la región son la contaminación de suelos asociados a la producción de papa basada en agroquímicos, sumado al uso de maquinaria pesada que no es apropiada para el ecosistema, sin dejar de lado el inadecuado manejo de los residuos sólidos entre los que figuran los empaques provenientes de los mismos insumos agrícolas

utilizados en los cultivos. Dicha situación es causa y fuente de enfermedades que afectan la salud humana y limita la oferta de empleo de mano de obra, que finalmente confluyen en la baja calidad de vida de la comunidad [21].

2.2 MARCO REFERENCIAL

2.2.1 Contaminantes emergentes (CE)

Los CE son las sustancias cuya presencia se ha encontrado en los recursos hídricos y han sido identificadas como un riesgo potencial para la vida y el medio ambiente, no obstante, no existen datos suficientes para determinar completamente su riesgo o una regulación adecuada para su manejo, dependiendo entonces de la investigación para conocer sobre su ecotoxicidad, efectos potenciales para la salud [23].

Para el año 2015 se enlistan 1036 sustancias emergentes, dentro de las cuales se destacan los surfactantes, retardantes de llama, productos farmacéuticos y de cuidado personal, aditivos de la gasolina, biocidas, plaguicidas polares y sus productos de degradación y diversos compuestos disruptores endocrinos comprobados o sospechosos [24].

Muchos componentes químicos y microbianos que históricamente no han sido considerados como contaminantes están presentes en el medio ambiente a escala global, comúnmente derivados de aguas residuales municipales, agrícolas e industriales. Muchos CE son producidos actualmente a nivel industrial y se dispersan en el medio ambiente por sus usos domésticos, comerciales e industriales [23].

2.2.2 Agricultura

La agricultura es la actividad humana que tiene como objetivo producir alimentos de origen vegetal, tales como frutas, verduras, hortalizas, cereales, entre otros. Para ello se utilizan sustancias sintéticas para prevenir, controlar o erradicar cualquier organismo patógeno que afecten un cultivo [25]. Dentro de los agroquímicos utilizados encontramos sustancias fitosanitarias como herbicidas, insecticidas, funguicidas, entre otros como los fertilizantes.

2.2.3 Agroquímicos

Los agroquímicos son sustancias o mezclas de sustancias destinadas a prevenir, destruir, repeler o mitigar las plagas [26] dependiendo de la medida de prevención de la cual han sido objeto. Se han estudiado durante décadas y, en consecuencia, se tiene conocimiento sobre la presencia y destino en el medio acuático [27]. En los últimos años la preocupación en torno a estos productos se centra en los metabolitos, productos de degradación, que han sido en su mayor parte ignorados

hasta la fecha y que se ha visto que pueden ser más tóxicos que los compuestos a partir de los cuales se generan [28].

Los estudios han demostrado que los metabolitos de plaguicidas a menudo se detectan en aguas subterráneas en concentraciones más altas en comparación con los compuestos precursores [29], [30]. En un estudio realizado por Reino Unido [31], se reportaron concentraciones de metabolitos de plaguicidas medidos en las aguas subterráneas. Estos metabolitos se originaron a partir de compuestos no autorizados en el Reino Unido como DDT, heptacloro y atrazina. Estas tres sustancias hacen parte de la lista de las doce sustancias tóxicas más utilizadas en el mundo, incluidas en el tratado de las Naciones Unidas de mayo de 2001 en Estocolmo, Suecia; un total de 127 países adoptaron este tratado. Estas sustancias orgánicas están prohibidas ya que son persistentes, bioacumulables y poseen características de toxicidad capaces de ocasionar efectos adversos al ambiente y a la salud como cáncer hepático y defectos congénitos en personas y animales.

En 1978, la Organización Mundial de la Salud (OMS) estableció una clasificación de los plaguicidas, basada en su peligrosidad o grado de toxicidad aguda [32], definida esta como la capacidad del plaguicida de producir un daño agudo a la salud a través de una o múltiples exposiciones, en un período de tiempo relativamente corto [33] (tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de los plaguicidas según su toxicidad

Clase	Toxicidad	Ejemplos
Clase IA	Extremadamente peligroso	Paratión, dieldrín
Clase IB	Altamente peligroso	Eldrín, diclorvos
Clase II	Moderadamente peligroso	DDT, clordano
Clase III	Ligeramente peligroso	Malatión

Fuente: Autor

Por su vida media, los plaguicidas se clasifican en permanentes, persistentes, moderadamente persistentes y no persistentes [43], [44], [45]. Clasificación. (tabla 2).

Tabla 2. Clasificación de plaguicidas según su vida media de efectividad

Persistencia	Vida media	Ejemplos
No persistente	Hasta 12 días	Malatión, diazinón, carbarilo, diametrín.
Moderadamente persistente	Semanas	Paratión, lannate.
Persistente	1 a 18 meses	DDT, aldrín, dieldrín.
Permanentes	Varios meses	Productos hechos a partir de mercurio, plomo y arsénico.

Fuente: Autor

De acuerdo con su estructura química, los plaguicidas se clasifican en diversas familias, que incluyen desde los compuestos organoclorados y organofosforados hasta compuestos inorgánicos [46]. Clasificación (tabla 3).

Tabla 3. Clasificación de plaguicidas según su familia química

Familia química	Ejemplos
Organoclorados	DDT, aldrin, endosulfán, endrin
Organofosforados	Bromophos, diclorvos, malatión
Carbamatos	Carbaryl, methomyl, propoxur
Tiocarbamatos	Ditiocarbamato, mancozed, maneb
Piretroides	Cypermethrin, fenvalerato, permetrín
Derivados biperidilos	Cloromequat, diquat, paraquat
Derivados del ácido fenoxiacético	Dicloroprop, piclram, silvex
Derivados cloronitrofenólicos	DNOC, dinoterb, dinocap
Derivados de triazinas	Atrazine, ametryn, desmetryn, simazine
Compuestos orgánicos	Cyhexatin, dowco, plictrán
Compuestos inorgánicos	Arsénico pentóxido, obpa, fosfito de magnesio, cloruro de mercurio, arsenato de plomo, bromuro de metilo, antimonio, mercurio, selenio, talio y fósforo blanco.
Compuesto de origen botánico	Rotenona, nicotina, aceite de canola.

Fuente: Autor

2.2.4 Modelación matemática

Todo ejercicio de modelación de un sistema natural consiste en una representación de los procesos que ocurren en realidad en la naturaleza, mediante herramientas numéricas o físicas, lo cual implica una serie de limitaciones intrínsecas al proceso de modelación que pueden influir en la aplicabilidad de los resultados. Teniendo en cuenta que la cantidad de procesos que intervienen introducen un grado de

complejidad que no es posible representar de forma precisa en un modelo matemático.

Existen modelos establecidos comercialmente para realizar estudios de calidad de agua, pero es importante resaltar que no existe una regla generalizada que pueda utilizarse para seleccionar un modelo, dicha selección dependerá de los objetivos y particularidades de cada trabajo.

Modelos de calidad de agua:

- Streeter & Phelps
- QUAL2K*
- QUAL2Kw*
- EpdRiv1***
- WASP***
- CEQUALW2
- PC-Quasar
- Otis**
- HSPF
- DELFT 3D
- HEC-RAS

Entre las diversas características de cada modelo se cuentan el tipo de cuerpo de agua, dimensión, estado, hidrodinámica, transporte, calidad de agua, cargas contaminantes, sustancias adicionales, auto-calibración y desarrollo o entidad de transporte [47].

Es importante resaltar que en el medio existen otros modelos de simulación de la calidad del agua aplicable a cuerpos de agua superficiales, los modelos nombrados son escogidos teniendo los siguientes criterios.

Tabla 4 criterios modelos existentes

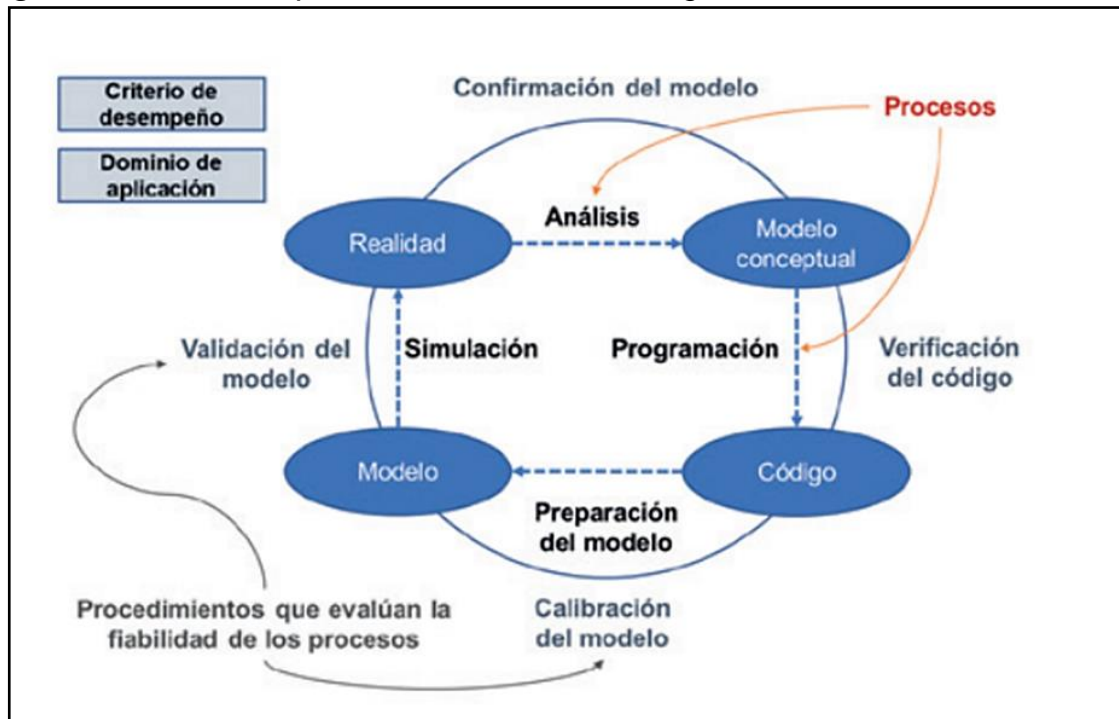
Criterios modelos nombrados
Distribución gratuita o dominio público.
Avalado por diferentes instituciones o entidades relacionadas como autoridades ambientales, institutos de investigación, asociaciones o comunidades académicas o científicas.
La mayoría de estos programas cuentan con códigos de programación abiertos y modificables para los usuarios.
Se han utilizado para diferentes fines y cuentan con casos documentados exitosos.
La mayoría han sido utilizados en el país, así teniendo experiencias locales.

Autor: propio

2.2.5 Contextualización de la modelación

De acuerdo con Refsgaard y Henriksen [44], el proceso de modelación puede entenderse como la interacción de cuatro elementos básicos: realidad, modelo conceptual, código y modelo (Figura 1). Dichos elementos están vinculados entre sí a través de los procesos de análisis, programación, preparación del modelo y simulación, que a su vez comprenden procedimientos que evalúan la fiabilidad de dichos procesos (i.e., confirmación, verificación, calibración y validación).

Figura 1. Elementos que determinan la metodología de la modelación



Fuente: Adaptada por Refsgaard y Henriksen (2004)

2.3 PRINCIPALES COMPONENTES DE UNA MODELACION

A continuación, se presenta en la tabla 5, los principales componentes requeridos en una modelación.

Tabla 5. Componentes de la modelación

Parámetros	Coeficiente de una constante matemática o afirmación lógica que hace parte de un modelo matemático, su valor se determina de acuerdo con EL trabajo en campo, laboratorio o calibración de un modelo establecido [47].
Variable	Es la cantidad que varía en el tiempo donde describe el estado de un sistema en un punto y es un momento específico. Pueden ser datos de entrada o salida del modelo, también pues ser variables que se calculan a través de otras variables simuladas denominadas variables compuestas [47].
Variables compuestas	Son variables calculadas de acuerdo con la combinación de otras variables, estas no corresponden a las variables de entrada de los modelos, pero si son simuladas por mis mismos [47].
Condición de frontera	Esta condición es el valor, función o distribución de la región o punto, estas condiciones conectan el entorno natural que se pretende modelar las variables de entrada del modelo [47].
Condición inicial	Variable espacial de todo el dominio donde se inicia la simulación, estas pueden ser ecuaciones diferenciales ordinarias o parciales [47].
Criterios de desempeño	Este depende del nivel aceptable de ajuste del modelo y la respuesta acervada en el entorno natural, esto se aplica para la calibración y validación del modelo [47].
Dominio de aplicación	Estos se basan en tres (3) ítems Modelo conceptual: confirmación de la hipótesis y teoría supuesta representan adecuadamente la realidad [47]. Código del modelo: esta es la verificación del código establecido en el modelo, se pueden comparar con soluciones analíticas, otros códigos disponibles o casos de estudio previo para determinar si este es apropiado para el uso propuesto [47]. Modelo: condiciones del modelo las cuales han sido probadas en una zona específica, para ello se debe hacer una comparación de la respuesta del modelo con el conjunto de datos medidos que corresponden las cuales se pretenden aplicar el modelo [47].

Fuente: Autor

2.3.1 Reacciones de orden 1

En una reacción de primer orden, la velocidad de reacción es directamente proporcional a la concentración de una única especie A y es independiente de las concentraciones de todas las demás. Por lo tanto, la ecuación de la velocidad de reacción será [48].

$$-\frac{d[A]}{dt} = k[A] \quad (1)$$

K= coeficiente de velocidad especifica

Esta reacción ocurre de forma exponencial en forma creciente o decreciente en la mayoría de las veces son endotérmicas y la velocidad depende de la concentración.

En suelos y acuíferos, los pesticidas pueden reaccionar químicamente. En presencia de agua u oxígeno ya que estos compuestos se pueden hidrolizar, oxidar o formar isómeros, pero, además, en agua superficiales esta degradación puede ser acelerada mediante la fotólisis [49].

En aguas naturales además de las reacciones de fotólisis se pueden llegar a cabo fotodegradación sensibilizadas debido a la presencia de compuestos o iones naturales, tales como nitratos, nitritos, ácidos húmicos etc; que aceleran la degradación del compuesto. Por esta razón la determinación de la velocidad de fotólisis directa de un compuesto se suele realizar en agua desionizada [50].

2.4 CALIDAD DE AGUA

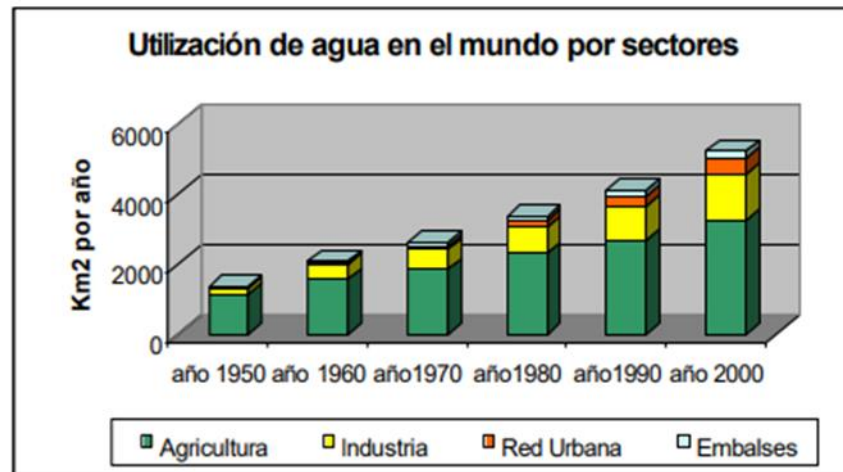
Los recursos hídricos se utilizan en varios sectores, principalmente para el uso doméstico, es decir, el de utilidad directa para el hombre, para la industria, minería, áreas urbanas, recreación, para producción de energía y para la producción agrícola, forestal y pesquera, así como para el mantenimiento de ecosistemas protegidos y no explotados.

La calidad del agua potable es un tema que preocupa países de todo el mundo, en vía de desarrollo y desarrollados, debido a las posibles consecuencias en la salud de la población. Los agentes infecciosos, los productos químicos tóxicos y la contaminación radiológica son factores de riesgo [49].

Es la mayor preocupación en las zonas urbanas como en las rurales. Se considera importante el uso del recurso hídrico (recreación, pesca, agricultura y ganadería) son también afectados por la contaminación, pero en menor grado comparado con la contaminación del agua potable [50].

La contaminación que se presenta en los cuerpos hídricos guarda relación directa con el aumento de las actividades agrícolas en el mundo. El porcentaje de crecimiento de esta, entre otras actividades humanas se muestra en la (figura 2) [10].

Figura 2. Utilización del agua en el mundo por sectores



Fuente: tendencia del uso del agua FAO 2012

2.5 MARCO NORMATIVO

El marco normativo es el que establece los criterios, metodologías, lineamientos, sistemas y la forma en que debe desarrollarse el tema según las leyes de Colombia. Partiendo de la Constitución Política de 1991, que en su artículo 79 nos habla del derecho a un ambiente sano, el artículo 80 el cual establece que el Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para así garantizar el desarrollo sostenible, la conservación, restauración o sustitución de estos.

Con base en lo anterior, en el año de 1993 es promulgada la ley 99, que creó el ministerio de medio ambiente, reordenando el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.

Tabla 6. Normatividad

<p>Ley 9 de 1979</p>	<p>Por el cual establece la protección del medio ambiente. Las normas generales que servirán de base a las disposiciones y reglamentaciones necesarias para preservar, restaurar u mejorar las condiciones necesarias en lo que se relaciona a la salud humana. Los procedimientos y las medidas que se deben adoptar para la regulación, legalización y control de los descargos de residuos y materiales que afectan o pueden afectar las condiciones sanitarias del Ambiente [51].</p>
<p>Decreto 1594 de 1984</p>	<p>Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos [52].</p>
<p>Decreto 1843 de 1991</p>	<p>Por el cual se reglamente parcialmente los títulos III, V, VI, VII Y XI de la ley 09 de 1979, sobre uso y manejo de plaguicidas [53]</p>
<p>Decreto 3930 de 2010</p>	<p>Corresponde al estado garantizar la calidad del agua para consumo humano y en general, para las demandad en que su uso se es necesario, así mismo regular distintos aspectos. "por lo cual se reglamenta parcialmente el Título I de la ley 9 de 1979, así como el cap. II del Título VI-parte III- libro II de decreto- ley 2811 de 1974 en cuanto al uso del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones". [54]</p>
<p>Decreto 1076 de 2015</p>	<p>18 de marzo del 2021 por medio de cual se despide el decreto único, el presidente de la república en ejercicio de sus facultades que le confiere el numeral 11 del artículo 189 de la constitución política considerando: sección 18 artículo 2.2.1.1.18.1 <i>Protección y aprovechamiento de las aguas</i>. En relación con la conservación, protección y aprovechamiento del de las aguas los propietarios de predios están obligados a: (2) observar las normas que establece el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible y el ICA para proteger la calidad de los recursos, en materia de aplicación de productos agroquímicos [55].</p>
<p>Decreto 1575 de 2007</p>	<p>Por el cual se establece el sistema de protección y control de la calidad del agua para el consumo humano. En ejercicio de las facultas constitucionales y en especial las conferencias por el numeral 11 del artículo 189 de la constitución política y desarrollo de lo previsto en las leyes 09 de 1979, 142 de 1994 y 715 de 2001, sustancias potencialmente tóxicas: Son aquellas de origen natural o sintético que pueden ocasionar efectos nocivos a organismos con los cuales entran en contacto. Incluye sustancias utilizadas en actividades domésticas, producción de bienes o servicios y plaguicidas, que pueden estar presentes en el agua para consumo humano [56]</p>
<p>Decreto 2115 de 2007</p>	<p>por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano, artículo 8º.- características químicas relacionadas con los plaguicidas y otras sustancias. las características químicas del agua para consumo humano deberán sujetarse a las concentraciones máximas aceptables de plaguicidas y otras sustancias químicas que se señalan a continuación. estas concentraciones no se aplican a las características señaladas en los artículos 5º, 6º y 7º de la presente resolución [57].</p>
<p>Resolución 0631 2015</p>	<p>Por el cual se establece los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficial y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones [58]</p>

Fuente: Autor

CAPITULO III: METODOLOGÍA

Esta investigación se plantea con una división de actividades en 3 fases o etapas. Lo anterior con la finalidad de al termino de estas lograr determinar si los micro contaminantes tienen afectación en agua superficiales y su transporte, por medio de la modelación matemática para determinar calidad de agua, ya que esta es una herramienta fundamental para la planeación, diseño e implementación de programas de control de la contaminación de los recursos hídricos.

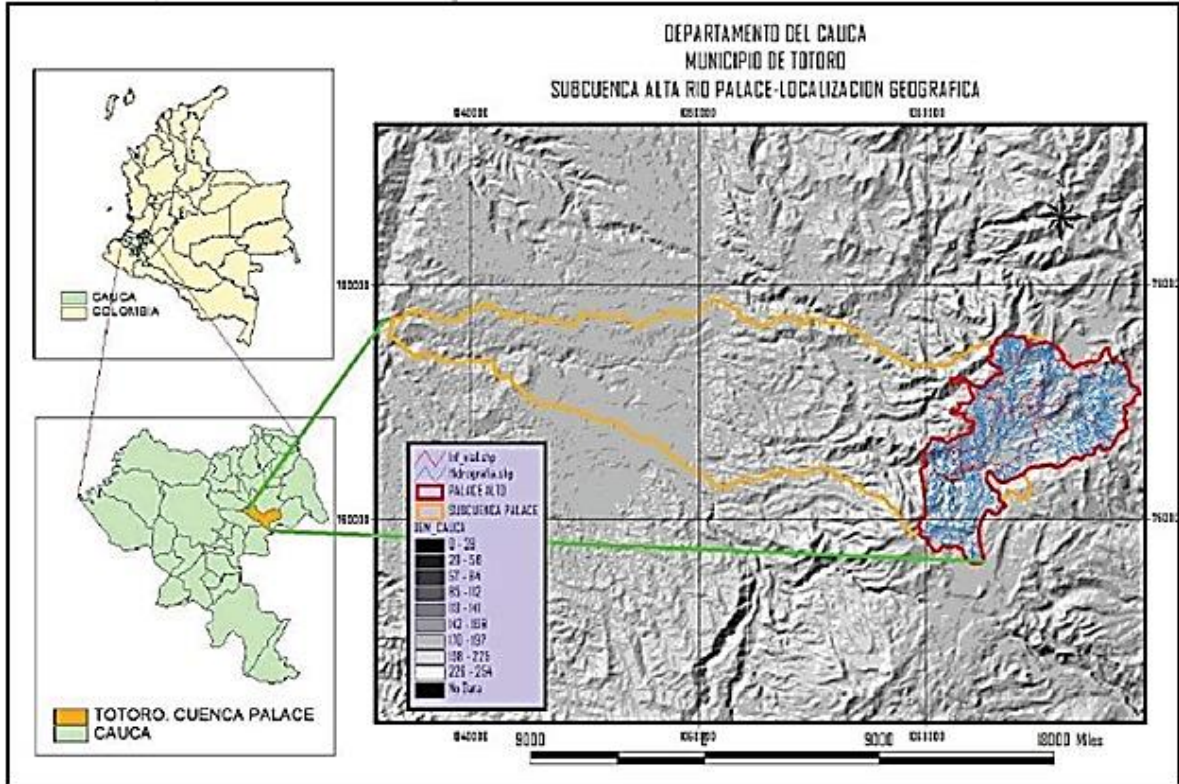
3.1 FASE I: CARACTERIZACIÓN AREA DE ESTUDIO

3.1.1 Zona de estudio

La zona de páramos de la cordillera central se encuentra en altitudes entre los 3200 y 3400 m.s.n.m. Esta situación varía en la zona de la parte alta de la subcuenca del río Palacé, también conocida como el Valle de Malvazá, donde se dan características típicas de páramo desde los 2900 m.s.n.m (precipitación, humedad relativa, temperatura, vegetación, topografía, sistemas lagunares y humedales) debido a su ubicación geográfica de alta montaña y al estar inmerso en un sistema de glaciales como el Nevado del Huila, Pan de Azúcar y Puracé. Esta red hídrica se caracteriza por la presencia de reservorios naturales como lagunas, producto de las precipitaciones constantes que se dan durante todo el año en el valle interandino, que, sumadas a las condiciones topográficas y a la vegetación típica de páramos, convierte la zona en un gran captador de agua [30].

En esta zona se forma el río Palacé, el cual es la principal fuente de abastecimiento para agua de consumo humano de las áreas rurales y urbanas de los municipios de Totoró, Cajibío y Popayán, especialmente en el norte de la ciudad, zona que se encuentra en expansión debido a la construcción de proyectos de viviendas, así como la creación de asentamientos informales. En su recorrido por el municipio de Totoró, el drenaje recorre los corregimientos de Gabriel López, con las veredas Agua Bonita, Chuscales, San Pedro y Calvache; y el corregimiento de Portachuelo con las veredas Tabaco, Siberia, Aguas Vivas, Portachuelo. La Figura 3 muestra la localización geográfica de la Parte Alta Subcuenca Río Palacé.

Figura 3. Localización geográfica río Palace



Fuente: Equipo técnico POMCH 2015

En la tabla 7 se determinan los criterios que fueron seleccionados para determinar los puntos a monitorear.

Tabla 7. Criterios para puntos de monitoreo

Criterios seleccionados
1- Accesibilidad
2- Periodo de mayor demanda de productos agrícolas
3- Drenaje de la cuenca
4- Clima
5- Fácil disponibilidad y seguridad para ubicar los muestreadores pasivos.
6- Disposición de la comunidad de la zona

Fuente: autor

3.1.2 Materiales y equipos

Teniendo en cuenta donde se realizará los puntos de monitoreo se procede a determinar los equipos a utilizar en campo, teniendo en cuenta que parámetros se van a medir en la zona de estudio y el equipo necesario para manipular la muestra y su transporte. se requiere un molinete para el aforo del río, una cinta métrica para medir el ancho del río donde se aforará, arnés de seguridad, traje, varilla, muestreador pasivo-EVA, agua destilada, papel celofán, nevera y geles refrigerante para la cadena de frío.

3.2 FASE II: MONITOREO EN EL AREA DE ESTUDIO

3.2.1 Instalación de equipos

En cuanto a la utilización de los equipos, se requiere tener una lista de chequeo previamente identificada, con el fin de suplir la necesidad de estos en el campo, y de esa manera tener una estructura clara que permita desarrollar un plan de monitoreo adecuado.

Para la instalación de los muestreadores se requiere establecer el punto donde el caudal no sea demasiado turbulento para desplazarlo y que quede sobre la lámina de agua para que no haya saturación de sedimentos. Seleccionado el punto adecuado se procede a colocar un bloque de cemento con el muestreador pasivo-EVA.

Nota: En anexos se encuentran registros fotográficos como evidencia de medición de caudales he instalación de equipos.

3.2.2 Recolección de muestras y aforos

El periodo de recolección de la muestra consiste en un tiempo transitorio no mayor a 15 días. Motivo por el que se realizará durante el primer periodo de cultivos transitorios en la zona de estudio. A los 15 días se realiza la campaña de recolección y colocación del nuevo muestreador en la zona especificada, posteriormente se realiza el aforo en el afluente, realizando la toma de su ancho por medio de una cinta métrica para realizar los puntos de aforo del río Palace donde se toma la profundidad y velocidad con la ayuda de un molinete.

Las variables de medición en esta fase son las correspondiente a las variables hidráulicas de la fuente en los cuatro puntos de monitoreo y serán:

- El caudal, se midió por medio de la ecuación de la continuidad $Q = V \cdot A$, sin embargo, es de aclarar que estos caudales son puntuales, con el área por medio de medición longitudinal de la sección y profundidad, y la velocidad por medio de molinete.

- La velocidad, se midió en los puntos de monitoreo y su velocidad del recorrido de punto a punto, la primera por medio de molinete y sección geométrica y la segunda se realizará mediante la modelación de Manning, ya que la velocidad de un río no es función del caudal, si no de la pendiente y rugosidad de este.

3.2.3 Análisis de laboratorio

La extracción y análisis de los plaguicidas adsorbidos por los muestreadores pasivos-EVA usados en el monitoreo a realizar se llevara a cabo mediante técnicas acopladas de cromatografía de gases y espectrometría de masas con la trampa iónica cuadrangular en modo tándem para desarrollar el modelo matemático planteado en presente investigación, se llevará a cabo en el marco del proyecto “Estudio de la amenaza por micro contaminantes en fuentes de abastecimiento de agua potable” de la Universidad del Valle y universidad del Cauca –VRI. los muestreadores pasivos-EVA pueden revelar los siguientes compuestos químicos:

En la tabla 8 se describen los plaguicidas detectados en el monitoreo. Esta información se presenta en la metodología debido a que es la base para seleccionar (priorizar) los tres plaguicidas que se van a modelar.

Tabla 8. Detecciones plaguicidas en monitoreo

PLAGUICIDAS	
α -BHC	Clorpirifos
Lindano (γ -BHC)	Metalaxil-M
β -BCH	Metoxicloro
Heptacloro	4,4´-DDE
Endosulfán 1	Lambda-cialotrina
DDT	4,4 DDD

Fuente: Autor

3.3 FASE III: MODELO

3.3.1 Datos para el modelo

Teniendo en cuenta la normatividad colombiana; decreto 3930 del 2010 y decreto 1076 del 2015 guía nacional de modelación para el recurso hídrico, se tienen los siguientes parámetros a utilizar en el modelo matemático de orden 1 que se requiere para su funcionamiento.

- Caudal
- Profundidad
- Velocidad

balance de masas

$$C_1 Q_1 = C_2 Q_2$$

Donde:

C1 concentración 1

Q1 caudal 1

C2 concentración 2

Q2 caudal 2

Este modelo ocurre de forma exponencial de forma creciente o decreciente, de acuerdo con la concentración. Reacción de orden 1

$$-\frac{dc}{dt} = kc$$

$$\frac{dc}{dt} = -kc \rightarrow \frac{dc}{c} = -k dt \rightarrow C = C_0 e^{-kt}$$

Este comportamiento de orden uno será la base del modelo matemático del procedimiento de los contaminantes en función del recorrido de la fuente hídrica, es de anotar que este modelo es el objetivo del proyecto, por ende, no se puede especificar en esta metodología. En cuanto a los compuestos a modelar, serán escogido en la fase dos.

3.3.2 Calibración del modelo

Procedimiento mediante el cual se ajustará los valores de los parámetros del modelo entre ellos recorrido en km, con el fin de reproducir de forma tan acertada como sea posible las características observadas en la realidad, de acuerdo con el nivel aceptabilidad establecido en los criterios de desempeño.

Existen múltiples metodologías para realizar la calibración de un modelo, las cuales varían en su grado de complejidad y, por tanto, en sus requisitos computacionales. Es importante recalcar que, en caso de usar modelos complejos que involucran gran cantidad de parámetros, es posible que como resultado de la calibración no se encuentre un único conjunto de parámetros óptimo, sino que en realidad varios conjuntos de parámetros diferentes generen resultados óptimos.

Esta propiedad de los modelos se denomina equifinalidad y consiste en que diversos conjuntos de parámetros pueden generar una aproximación a la realidad de una forma igualmente aceptable. Ante este tipo de situaciones, la calibración ha de proceder con cautela, verificando si algunos de los conjuntos de parámetros representan situaciones físicamente improbables o directamente no plausibles. La elección final de un conjunto óptimo de parámetros en estos casos puede requerir de una decisión basada en análisis como la eficiencia.

La validación del modelo se realizó teniendo en cuenta las concentraciones estimadas en agua. Se tomó como concentración real las concentraciones de los plaguicidas objetivo-determinadas en la parte alta de la subcuenca del río Palace mediante análisis en laboratorio utilizando técnicas acopladas de cromatografía de gases y espectrometría de masas con trampa iónica cuadrupolar en modo tándem (Univalle, Unicauca –VRI).

3.3.3 Planteamiento estadístico del resultado del modelo

Se plantea un análisis estadístico bibliográfico adecuado para el modelo a realizar entre estos se encuentra la necesidad de comparar dos medias [59] de dos tratamientos o procesos distintos. Los dos tratamientos o procesos cuentan con unas medias μ_x y μ_y y varianzas δ^2_x y δ^2_y respectivamente. Se pueden plantear las siguientes hipótesis:

Ho: $\mu_x = \mu_y$

Ha: $\mu_x \neq \mu_y$

Que pueden ser reescritas como

Ho: $\mu_x - \mu_y = 0$

Ha: $\mu_x - \mu_y \neq 0$

Para la prueba se toman muestras aleatorias en el efluente de cada proceso. En lo posible el número de muestras. Si cada proceso o tratamiento sigue una distribución normal y son independientes entre ellos el estadístico de prueba adecuado para probar la hipótesis de igualdad de medias esta dado por:

$$t_0 = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_x} + \frac{1}{n_y}}}$$

- El cual sigue una distribución T Student con $n_x + n_y - 2$ grados de libertad
- S_p es un estimador de la varianza muestral común, suponiendo que dichas varianzas sean iguales y se calcula como:

$$S_p^2 = \frac{(n_x - 1)S_x^2 + (n_y - 1)S_y^2}{n_x + n_y - 2}$$

Donde:

S_x^2 y S_y^2 corresponde a las varianzas muestrales de los datos de cada proceso.

CAPITULO IV: RESULTADOS

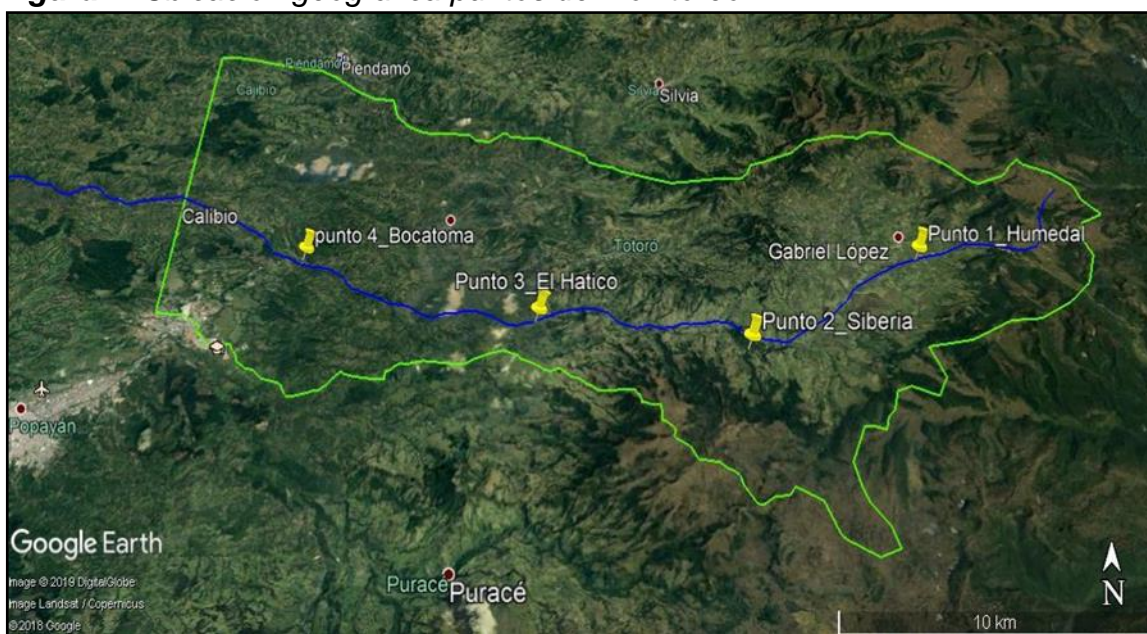
4.1 FASE I: RESULTADOS CARACTERIZACION ZONA DE ESTUDIO

4.1.1 Selección de los puntos de monitoreo

Para validar el modelo se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia con un tamaño de 16 muestras en cuatro (4) puntos de monitoreo dado el presupuesto disponible en el marco del proyecto “Estudio de la amenaza por micro contaminantes en fuentes de abastecimiento de agua potable” de la Universidad del Valle y Universidad del Cauca –VRI. Dicho muestreo consiste en la instalación de un muestreador pasivo compuesto por 4 filtros de fibra de vidrio-EVA que reportan un tiempo máximo de saturación de 15 días [60].

Por lo anterior, la frecuencia del muestreo se realizó cada 15 días durante el primer periodo de cultivos transitorios en la zona de estudio. Adicional a la instalación de los muestreadores se realizó la medición de las profundidades y caudales en cada punto mediante el uso del molinete. Los puntos de monitoreo escogidos en la región se presentan en la figura 4. Se tuvo en cuenta la distribución espacial de los cultivos de papa, el drenaje de la cuenca, el acceso, comportamiento de la precipitación, temporadas de mayor demanda comercial de productos agroquímicos, seguridad y disponibilidad para ubicar el muestreador pasivo por un plazo no mayor a 15 días.

Figura 4. Ubicación geográfica puntos de monitoreo



Fuente: Puntos de monitoreo, Google Earth (Dávila, 2017).

En la tabla 9 se presenta altitud y coordenadas geográficas de cada punto de monitoreo.

Tabla 9. *Altitud y coordenadas geográficas de los puntos de monitoreo*

EST. No	Identificación	Altitud m.s.n.m	Coordenadas	
1	Humedal	2986	2°30'9.04"N	76°17'7.39"O
2	Siberia	2951	2°27'46.56"N	76°20'9.85"O
3	Hatico	2360	2°28'45.34"N	76°25'54.98"O
4	Bocatoma	1985	2°29'56.63"N	76°30'9.17"O

Fuente: Autor

4.2 FASE II: PRIORIZACIÓN DE AGROQUIMICOS

Para realizar la modelación se seleccionaron tres plaguicidas teniendo en cuenta criterios que influyen en la movilidad y transporte, el impacto a la salud y el impacto social en las comunidades cercanas a subcuenca. Algunos de estos parámetros son: toxicidad, Persistencia (COP), las concentraciones resultantes del muestreo, familia y naturaleza química, las frecuencias de uso, Log Koc, Log Kow, presión de vapor, índice de lixiviación GUS, concentración pico y límite permisible, dosis letal 50 en mamíferos, problemas de salud a largo plazo, solubilidad en el agua, vida media, frecuencia de aplicación, cantidad de aplicación y condición actual del mercado.

Las propiedades fisicoquímicas se adquirieron mediante el modelo EPI SUITE, KOWWIN y bases de datos de entidades internacionales como la EPA, la FAO, la OMS, el manual de plaguicidas de Centroamérica y la universidad Hertfordshire, las características relacionadas con la importancia social se obtuvieron mediante información disponible en las páginas web de las casas comerciales, asesorías de un ingeniero agrónomo y charlas con miembros de las comunidades aledañas al afluente.

Se asignó un rango de puntuación de 0 a 3 teniendo en cuenta que la mayoría de los criterios tienen niveles de clasificación definidos dentro de este rango y que además una matriz de valoración o Rúbrica sugiere asignar una escala a criterio estratégico acorde a los intereses de la priorización; así los tres plaguicidas que

registren la puntuación ponderada más alta fueron los seleccionados para llevar a cabo la modelación.

a continuación, se mostrará cada criterio escogido:

- Familia y naturaleza química: Los agroquímicos tienen un alto porcentaje residual, bioacumulación y carcinogénesis en el medio biótico, en cuanto a los organofosforados y carbamatos se distinguen por el alto efecto tóxico en organismos en mamíferos y plagas, los piretroides y fenilaminas no poseen estas desventajas [61], teniendo en cuenta lo dicho anteriormente se procede a dar un puntaje de 3 a los compuestos organoclorados, 2 organofosforados ya que tiene un menor impacto en el medio ambiente y la salud de los seres humanos y a los piretroides y fenilaminas de 1 por su bajo impacto.
- Log K_{oc}: Para agroquímicos determinados, cuando la concentración de plaguicidas es mayor en el medio acuoso es menor la concentración de K_{oc}. Cuando la concentración de K_{oc} es mayor es porque tienen más retención en el suelo y menor movilidad en el medio acuoso. El K_{oc} mayor se considera valores mayores de 4, medio entre 2 y 4 y bajos menores de 2 [62]. Teniendo en cuenta lo dicho con anterioridad a valores bajos se le da un puntaje de 3, medio 2 y altos 1.
- Log K_{ow}: En cuanto al coeficiente de partición n-octas/agua (*K_{ow}*) utilizada para prever la evolución de plaguicidas en el medio acuoso [63]. Valores de *K_{ow}* bajo entre 1- 3 indica la probable movilidad y transporte de materiales con una alta solubilidad en el medio acuoso con fácil movilidad y biodegradación, esto nos dice que hay que esperar una escasa bioacumulación. Cuando los valores de *K_{ow}* son altos ≥ 4.5 esto nos indica adsorción en suelo, sedimentos y tejidos grasos. Por tan motivo la bioacumulación o bioconcentración y su escala de movilidad favorece la toxicidad de las sustancias, considerando así un *K_{ow}* valores entre 3- 4.5 (Szabò,2018). Por lo anterior Se asigna un puntaje de 3 a los plaguicidas con valor de K_{ow} alto, 2 para un K_{ow} medio y 1 para un K_{ow} bajo.
- Presión de vapor (Pa): La presión a vapor es un determinante importante para comprobar la volatilización del suelo a los cuerpos de agua en superficies contaminadas. Un plaguicida con presión de vapor alta tiene menor afinidad por el suelo o el agua ya que tiene alto potencial para volatilizarse, mientras que un plaguicida con presión de vapor bajo se puede solubilizar en agua o ser retenido en suelo. Se considera una presión de vapor baja a valores menores a 1.3×10^{-4} Pa, media a valores que están entre 1.3×10^{-4} y 5.2×10^{-3} Pa y alta a valores mayores a 5.2×10^{-3} Pa [9]. Por lo tanto, se asigna un puntaje de 3 a plaguicidas con presión de vapor baja, 2 a valores intermedios y 1 a plaguicidas con presión de vapor alta.

- Índice de lixiviación GUS: Los compuestos aplicados al suelo tienden a desplazarse con el agua y lixiviar a través del perfil, alcanzando las aguas subterráneas, que en consecuencia resultan contaminadas. Un Índice de potencial de lixiviación GUS confirma el alto riesgo de contaminación de los cuerpos de agua subterráneos. De acuerdo con Gustafson, DI (1989), plaguicidas con índices de lixiviación mayores a 2.8 son considerados de alta posibilidad de lixiviación, valores entre 2.8 y 1.8 son intermedio y menores a 1.8 son bajos. Por lo tanto, se asigna un puntaje de 3 a índices de lixiviación alto, 2 a intermedio y 1 a potenciales de lixiviación bajos.
- Concentración pico y limite permisible (ng/L): Los valores de concentración pico obtenidos mediante los muestreos anteriormente mencionados se comparan con los límites permisibles a nivel internacional en fuentes abastecedoras de agua potable, se toman límites permisibles de entidades internacionales como la EPA y la UE ya que proporcionan valores para plaguicidas específicos mientras que la norma colombiana tiene límites permisibles por grupo químico. Por lo tanto, se asigna un puntaje de 3 a los plaguicidas que no cumplan con el límite permisible y 1 a los plaguicidas que, si cumplen, los plaguicidas que no registren limite permisible no aplican ningún puntaje.
- Dosis letal 50 en mamíferos (DL50) (mg/kg): El método más comúnmente empleado y avalado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para medir la toxicidad es la Dosis Letal 50, DL50, que se define como la cantidad mínima de una sustancia que es capaz de matar al 50% de una población de animales de prueba. Un valor bajo de DL50 indica una alta toxicidad. de acuerdo con la OMS plaguicidas con valores de DL50 menores a 50 son considerados altamente peligrosos, valores entre 50 y 500 moderadamente peligrosos y valores mayores a 500 son ligeramente peligrosos. Por lo tanto, se asigna un puntaje de 3 a los altamente peligrosos, 2 a los moderadamente peligrosos y 1 a los ligeramente peligrosos.
- Concentración letal 50 en mamíferos 4 h (mg/L): El valor de LC50 es la concentración del químico en el aire que mata el 50% de los animales de ensayo en un tiempo determinado (usualmente 4 horas) [66]. Se tiene en cuenta en la priorización ya que algunos plaguicidas son altamente volátiles, de acuerdo con WHO Guidelines 2004, los valores menores a 0,25 se consideran muy tóxicos, valores entre 0,25 y 1 tóxicos y valores mayores a 1 nocivos. Por lo anterior se asigna un puntaje de 3 a los plaguicidas muy toxicos,2 a los plaguicidas tóxicos y 1 a los plaguicidas nocivos.
- Concentración letal 50 peces 96 h (CL50) (mg/L): Este valor generalmente se usa cuando se hace referencia a la toxicidad de un plaguicida para los

organismos (peces) expuestos a través de una matriz como el agua [67]. Teniendo en cuenta que en la cuenca se desarrollan actividades piscícolas importantes para el sustento de familias cercanas a la cuenca, este criterio es muy importante. De acuerdo con las directrices de la unión europea [67], los plaguicidas con valor de CL50 mayor a 100 son de peligrosidad baja, valores entre 0.1 y 100 son de peligrosidad moderada y valores menores a 0.1 son de peligrosidad alta; por lo tanto, se asigna un puntaje de 3 a los plaguicidas con peligrosidad alta, 2 a los de peligrosidad moderada y 1 a los de peligrosidad baja.

- Problemas de salud a largo plazo: Muchos plaguicidas se caracterizan por ser carcinógenos, disruptores endocrinos, Inhibidores de colinesterasa, neurotóxicos y también tienen efectos de reproducción / desarrollo [40]. Teniendo en cuenta la base de datos de la Unidad de Investigación de Agricultura y Medio Ambiente (AERU) en la Universidad de Hertfordshire se asigna un valor de 3 a los plaguicidas que tengan alguno de los mencionados problemas a largo plazo, 2 a los plaguicidas que posiblemente puedan tener algún problema y 1 a los plaguicidas que no tengan problemas de este tipo.
- Solubilidad en agua (mg/L): La solubilidad en agua es clave para el comportamiento de los plaguicidas en ese medio, pues ella influye en la bioconcentración y la adsorción en sedimento. Es por ello por lo que la solubilidad constituye uno de los criterios más importantes para predecir el comportamiento de un plaguicida en el ambiente [11]. De acuerdo con el manual de referencia de la FAO sobre la evaluación de la contaminación del suelo, plaguicidas con solubilidad menor a 0.10 son prácticamente insolubles, valores entre 0,1 y 10 son medianamente solubles y plaguicidas con solubilidad mayor a 10 son altamente solubles. Una alta solubilidad indica una mayor afinidad por el agua, por lo tanto, se asigna un puntaje de 3 a los plaguicidas con solubilidad alta, 2 a los medianamente solubles y 1 a los de plaguicidas insolubles.
- Vida media: los plaguicidas con mayor tiempo de vida media son altamente persistentes en el ambiente y con mayor potencial de lixiviación o de erosión hídrica. De acuerdo con cicoplafest 2004, un plaguicida con vida media menor a 3 meses no se considera persistente, valores entre 3 y 18 meses son moderadamente persistentes y plaguicidas con vida media mayor a 18 meses se considera persistente. Por lo tanto, se asigna un puntaje de 3 a los persistentes, 2 a los moderadamente persistentes y 1 a los no persistentes.
- Categoría toxicológica: En el decreto número 1843 de 1991 para efectos de clasificación se establecen las siguientes categorías toxicológicas de los plaguicidas: categoría I "Extremadamente tóxicos", categoría II "Altamente tóxicos", categoría III "Medianamente tóxicos", categoría IV "Ligeramente

tóxicos. Para efectos prácticos se asigna un puntaje de 3 a los plaguicidas alta y extremadamente tóxicos, 2 a los medianamente tóxicos y 1 a los plaguicidas ligeramente tóxicos.

- Frecuencia de aplicación (etapa de cultivo): Teniendo en cuenta la asesoría de un ingeniero agrónomo experto se pudo determinar aproximadamente el número de aplicaciones de cada plaguicida durante toda la etapa de cultivo, definiendo un rango de aplicación leve a los plaguicidas que son aplicados una sola vez durante toda la etapa de cultivo, aplicación moderada a los plaguicidas que se aplican entre 2 y 4 veces por etapa de cultivo y aplicación severa o intensiva a los plaguicidas cuya aplicación es mayor a 4 veces durante la etapa de cultivo. Por lo tanto, se asigna un puntaje de 3 a los plaguicidas cuya frecuencia de aplicación es severa, 2 a los de aplicación moderada y 1 a los plaguicidas de frecuencia de aplicación leve.
- Cantidad de aplicación (ha): Teniendo en cuenta la asesoría de un ingeniero agrónomo experto y las etiquetas de cada plaguicida se determinó un rango de acuerdo con la cantidad de aplicación en la región objetivo. Se asigno un puntaje de 3 a los plaguicidas con cantidad de aplicación mayor a 400 cm³ o 1 kg, 2 a cuya cantidad de aplicación esta entre 200 y 300 cm³ y 1 a los plaguicidas cuya aplicación es menor a 200 cm³.
- Condición actual en el mercado: Este criterio hace referencia a los plaguicidas que se encuentran vigentes en el mercado; dado que actualmente algunos plaguicidas se encuentran prohibidos, no se encuentran registros en las casas comerciales. Por tal motivo se asigna un puntaje de 3 a los que están vigentes en el mercado.

Nota: en los criterios de frecuencia de aplicación (etapa productiva), cantidad de aplicación (ha) y condición actual en el mercado no aplica para plaguicidas que se encuentren prohibidos. Teniendo en cuenta lo establecido anteriormente en las tablas 10,11 y 12 se describe el valor de cada criterio.

Tabla 10. Valor de criterios que influyen en la movilidad y transporte de los plaguicidas en el medio ambiente

MOVILIDAD Y TRANSPORTE						
CRITERIO COMPUESTO	FAMILIA Y NATURALEA QUIMICA	LOG Kow	LOG Koc (L/kg)	PRESIÓN DE VAPOR (Pa)	INDICE DE LIXIVIACIÓN GUS	CONCENTRACIÓN PICO (ng/L)
α-BHC	Organoclorado	3.81	3.592	0.003	1.62	1170.2
Lindano	Organoclorado	3.7	3.592	0.0374	3.95	594.7
β-BCH	Organoclorado	3.78	3.592	0.124	1.62	144.1
Heptacloro	Organoclorado	5.27	4.747	0.053	-0.93	5.6
Endosulfán 1	Organoclorado	3.83	3.2	0.0000904	-0.1	142.1
DDT	Organoclorado	6.19	5.996	0.00002	-3.89	44.9
Clorpirifos	Organofosforado	4.92	3.897	0.00227	1.04	680.7
Metalaxil-M	Fenilamina	1.71	1.67	0.00771	1.71	931.5
Metoxicloro	Organoclorado	5.08	3.846	0.00013	-1.88	393.63
4,4'-DDE	Organoclorado	5.7	5.649	0.000866	-3.89	2.3
Lambda Cialotrina	Piretroide	7	5.179	0.000171	-2.2	10.3
4,4 DDD	Organoclorado	5,873	5.224	0.00509	-2.46	2.9
MOVILIDAD Y TRANSPORTE						
SOLUBILIDAD EN AGUA (mg/l)	VIDA MEDIA(h)					
	AGUA	SUELO	SEDIMENTOS			
1	3360	1690	55000			
7.3	17000	17000	55000			
0.24	4320	8640	55000			
56	550	1700	5500			
0.32	3650	7680	17000			
0.007307	5500	17000	55000			
0.73	170	170	1700			
560	900	1800	8100			
302	170	1700	5500			
0.04	55000	55000	55000			
0.005	3600	3600	14400			
0.0676	4320	8640	38900			

Fuente: Autor

Tabla 11. Valor de los criterios que influyen en el impacto a la salud

IMPACTO A LA SALUD				
COMPUESTO \ CRITERIO	DOSIS LETAL 50 (DL50) (mg /kg)	CONCENTRACIÓN LETAL50(CL50) (mg/L)	CATEGORÍA TOXICOLÓGICA	CARCINÓGENO
α-BHC	177	1.56	II	SI
Lindano (γ-BHC)	163	1.56	II	SI
β-BCH	38	0.013	II	SI
Heptacloro	147	2	II	SI
Endosulfán 1	38	0.013	II	NO
DDT	113	–	II	SI
Clorpirifos	66	0.1	II	NO
Metalaxil-M	375	2.29	I	NO
Metoxicloro	6000	–	II	POSIBLEMENTE
4,4'-DDE	880	–	II	SI
Lambda-cialotrina	140	0.086	II	NO
4,4 DDD	113	0.01	II	SI
IMPACTO A LA SALUD				
DISRUPTOR ENDOCRINO	EFFECTOS DE REPRODUCCIÓN / DESARROLLO	INHIBIDOR DE COLINESTERASA	NEUROTÓXICO	
NO	NO	NO	POSIBLEMENTE	
SI	POSIBLEMENTE	NO	SI	
NO	NO	NO	POSIBLEMENTE	
POSIBLEMENTE	SI	NO	SI	
POSIBLEMENTE	NO	NO	SI	
SI	SI	NO	SI	
POSIBLEMENTE	SI	SI	SI	
NO	NO	NO	NO	
SI	POSIBLEMENTE	SI	NO	
SI	SI	NO	SI	
SI	NO	NO	NO	
SI	SI	NO	NO	

Fuente: Autor

Tabla 12. valor de los criterios que influyen en el impacto social que generan los plaguicidas en la región.

IMPACTO SOCIAL					
CRITERIO COMPUESTO	CONCENTRACIÓN LETAL 50 peces 96 h (CL50) (mg/L)	FRECUENCIA DE APLICACIÓN (toda la etapa de cultivo)	CANTIDAD DE APLICACIÓN (Ha)	CONDICIÓN EN EL MERCADO	LIMITE PERMISIBLE (ng/L)
α-BHC	0.82	NO APLICA	NO APLICA	prohibido	100
Lindano (γ-BHC)	0.0029	NO APLICA	NO APLICA	prohibido	2500
β-BCH	0.82	NO APLICA	NO APLICA	prohibido	100
Heptacloro	0.007	NO APLICA	NO APLICA	prohibido	30
Endosulfán 1	0.002	NO APLICA	NO APLICA	prohibido	100
DDT	2.5	NO APLICA	NO APLICA	prohibido	100
Clorpirifos	0.025	7 aplicaciones	400-500 cm ³	vigente	100
Metalaxil-M	100	17 aplicaciones	1 kg	vigente	100
Metoxicloro	0.052	4 aplicaciones	200-300 cm ³	vigente	100
4,4'-DDE	0.032	NO APLICA	NO APLICA	prohibido	25
Lambda-cialotrina	0.00046	4 aplicaciones	500-400 cm ³	vigente	no registra
4,4 DDD	0.07	NO APLICA	NO REGISTRA	prohibido	100

Fuente: Autor

Con los valores descritos en las tablas anteriores se llevó a cabo la asignación de puntaje y la ponderación para obtener un puntaje total para cada plaguicida. En las tablas 13,14,15 se describe el puntaje para cada criterio y la ponderación total.

Tabla 13. puntaje para los criterios que influyen en la movilidad plaguicidas.

MOVILIDAD Y TRANSPORTE					
CRITERIO COMPUESTO	FAMILIA Y NATURALEZA QUIMICA	LOG Kow	LOG Koc (L/kg)	PRESIÓN DE VAPOR (Pa)	INDICE DE LIXIVIACIÓN GUS
α-BHC	3	2	2	2	1
Lindano (γ-BHC)	3	2	2	1	3
β-BCH	3	2	2	1	1
Heptacloro	3	3	1	1	1
Endosulfán 1	3	2	2	3	1
DDT	3	3	1	3	1
Clorpirifos	2	3	2	2	1
Metalaxil-M	1	1	3	1	1
Metoxicloro	3	3	2	2	1
4,4´-DDE	3	3	1	2	1
Lambda-cialotrina	1	3	1	3	1
4,4 DDD	3	3	1	2	1
MOVILIDAD Y TRANSPORTE					
SOLUBILIDAD EN AGUA (mg/l)	VIDA MEDIA(h)			TOTAL	
	AGUA	SUELO	SEDIMENTOS		
2	2	1	3	18	
2	3	3	3	22	
2	2	2	3	18	
3	1	1	2	16	
2	2	2	3	20	
1	2	3	3	20	
2	1	1	1	15	
3	1	1	2	14	
3	1	1	2	18	
1	3	3	3	20	
1	2	2	3	17	
1	2	2	3	18	

Fuente: Autor

Tabla 14. puntaje de los criterios que influyen en el impacto social

IMPORTANCIA SOCIAL						
CRITERIO COMPUESTO	Concentración LETAL 50 peces 96 h (CL50) (mg/L)	FRECUENCIA DE APLICACIÓN	CANTIDAD DE APLICACIÓN (Ha)	CONDICIÓN EN EL MERCADO	LIMITE PERMISIBLE (ng/L)	TOTAL
α-BHC	2	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	3	5
Lindano (γ-BHC)	3	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	1	4
β-BCH	2	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	3	5
Heptacloro	3	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	1	4
Endosulfán 1	3	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	3	6
DDT	2	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	1	3
Clorpirifos	3	3	3	3	3	15
Metalaxil-M	2	3	3	3	3	14
Metoxicloro	3	NO APLICA	2	NO APLICA	3	8
4,4'-DDE	3	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	1	4
Lambda-cialotrina	3	3	2	3	3	14
4,4 DDD	3	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	1	4

Fuente: Autor

Después de sumar el puntaje total de movilidad y transporte, impacto a la salud e impacto social se obtiene el valor total para priorizar los tres plaguicidas. En la tabla 15 se muestran los resultados de la priorización.

Tabla 15. Resultados de priorización

CRITERIO COMPUESTO	TOTAL, MOVILIDAD Y TRANSPORTE	TOTAL, IMPACTO A LA SALUD	TOTAL, IMPACTO SOCIAL	TOTAL
α -BHC	18	13	5	36
Lindano (γ -BHC)	22	17	4	43
β -BCH	18	16	5	39
Heptacloro	16	17	4	37
Endosulfán 1	20	16	6	42
DDT	20	18	3	41
Clorpirifos	15	20	15	50
Metalaxil-M	14	11	14	39
Metoxicloro	18	15	8	41
4,4'-DDE	20	17	4	41
Lambda-cialotrina	17	14	14	45
4,4 DDD	18	18	4	40

Fuente: Autor

De acuerdo con los resultados de la priorización (tabla 15), combinando el impacto social, el impacto a la salud, la capacidad para movilizarse y transportarse en el medio ambiente, los plaguicidas Endosulfan, Metoxicloro y Clorpirifos son tres plaguicidas que registran valores ponderados más altos y por tal razón son los seleccionados para modelar su transporte y destino en la subcuenca Palacé.

Existen compuestos con mayor valor en puntaje, pero teniendo en cuenta los resultados de laboratorio, como ejemplo: lambda-ciolacrina se pudo determinar que no hubo detección en los primeros monitoreos tomando dicha muestra como una variable inconclusa.

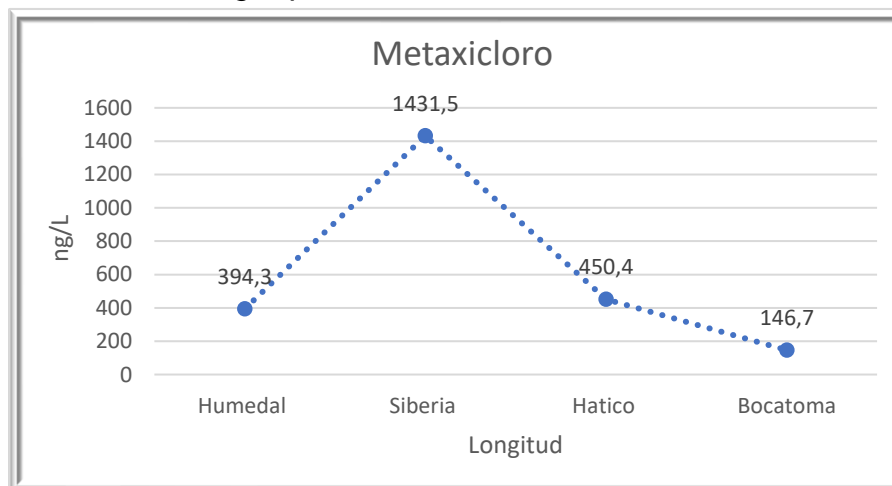
4.2.1 Evaluación de microcontaminantes

Para evaluar los micro contaminantes que se presenta en la cuenca Palace se realizó anteriormente una priorización para determinar que agroquímicos se van a modelar.

De acuerdo con los resultados de la priorización, teniendo en cuenta el impacto social, el impacto a la salud y la capacidad para moverse y transportarse en el medio ambiente, los plaguicidas **clorpirifos, metoxicloro, Endosulfan** son plaguicidas que registran valores ponderados más altos y por tal razón son los seleccionados para modelar.

En la figura 5, se presenta el transporte de Metoxicloro de acuerdo a la longitud de punto a punto escogido de monitoreo anteriormente, donde se muestra una línea de tendencia decreciente, donde la mayor concentración encontrada de Metoxicloro es en siberia y la menor concentración allada es en bocatoma.

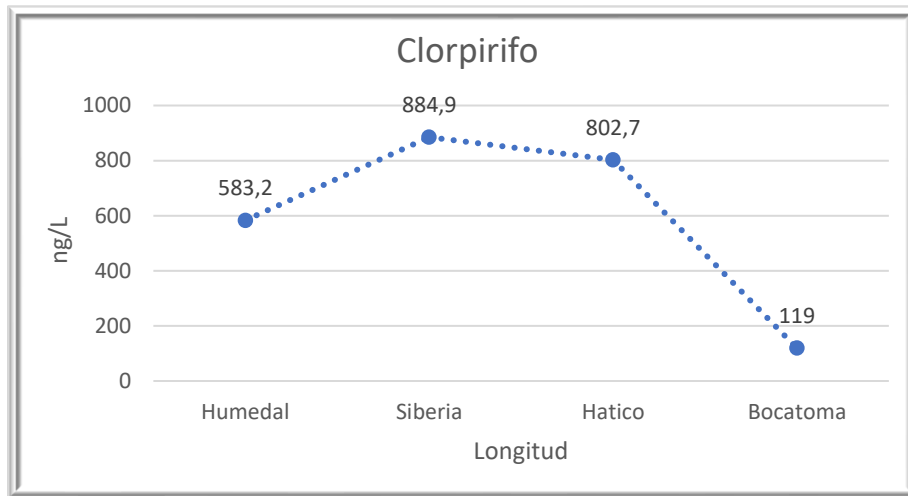
Figura 5. Tendencia de agroquimicos, Metoxicloro



Fuente: Autor

En el figura 6, se presenta el transporte de Endosulfan de acuerdo a la longitud de punto a punto escogido de monitoreo anteriormente, donde se muestra una línea de tedencia decreciente, donde la mayor concentración de Endosulfan es en hatico y la menor concentración allada es en bocatoma.

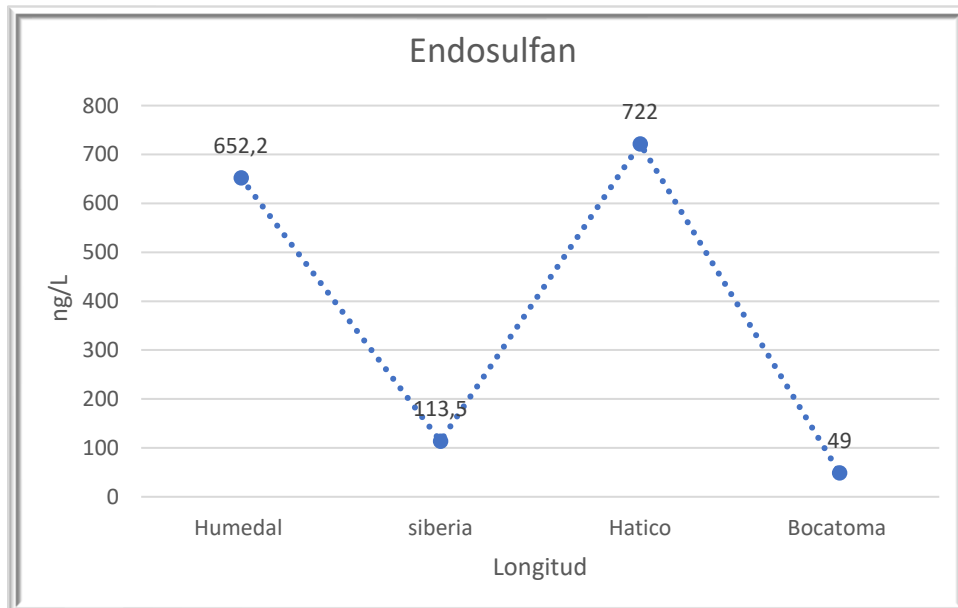
Figura 6. Tendencia de agroquimico, Clorpirifo



Fuente: Autor

En el figura 7 se presenta el transporte de Endosulfan 1 de acuerdo a la longitud de punto a punto escogido de monitoreo anteriormente, donde se muestra una línea de tendencia decreciente en los puntos de siveria y creciente en hatico, donde la mayor concentración encontrada del Endosulfan es en hatico y la menor concentración allada es en bocatoma.

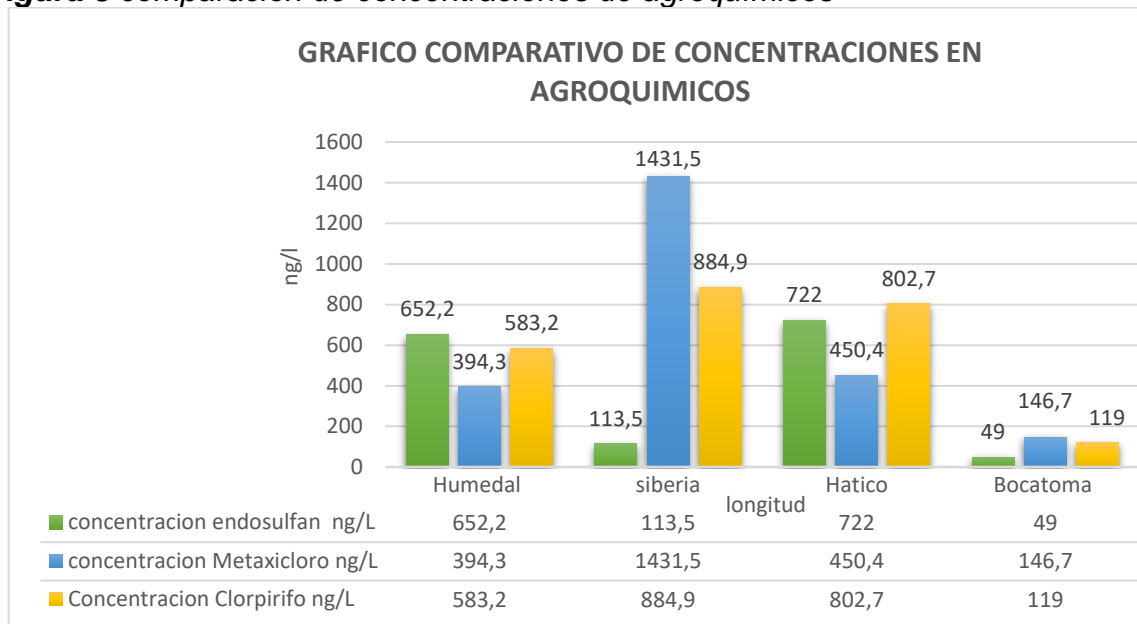
Figura 7. Tendencia agroquímica Endosulfan



Fuente: Autor

Como se puede observar en el gráfico comparativo de concentraciones en agroquímicos correspondiente a la figura número 8 las mayores concentraciones de agroquímicos pertenecientes a los cuatro puntos monitoreados. El tramo Humedal presenta una concentración de Endosulfan de 652,2 ng/L como también se pudo determinar en este dicho tramo el agroquímico Clorpirifo presenta una concentración de 583,2 ng/L como se puede observar gráficamente estos dos resultados obtenidos no presentan gran variación en sus resultados es decir que estos compuestos tienen menor persistencia en un medio acuoso. Siberia presentó un pico mayoritario del agregado Metaxicloro con un valor de 1431,5 ng/L relacionado así que dicho agregado es el más persistente en un medio acuoso, así mismo exponiendo que el transporte en el agua es de menor tiempo. Al contrario, el tramo Hatico evidenció una concentración máxima de clorpirifo de 802,7 ng/L igualmente una densidad muy aproximada a la anterior correspondiente al endosulfan 722ng/L. Por último, el tramo bocatoma obtuvo como resultado los menores valores en comparación con las anteriores longitudes anteriormente descritas.

Figura 8 comparación de concentraciones de agroquímicos



Fuente: Autor

4.3 FASE III: IMPLEMENTACION DEL MODELO

4.3.1 Parámetros del modelo

Los principales parámetros que requiere nuestro modelo de orden 1 son los parámetros hidráulicos, fisicoquímicos y georreferenciación de la subcuenca del río Palace, todos los parámetros se obtuvieron de acuerdo con la metodología y a las recomendaciones propuestas en la normativa colombiana decreto 3930 del 2010 modelación de agua para los 3 plaguicidas escogidos.

En las siguientes tablas se presentan los parámetros hidráulicos, fisicoquímicos y coordenadas de cada punto de monitoreo.

Tabla 16. Aforo río Palace, Humedal

ESTACION DE AFORO -río Palace-HUMEDAL				
COORDENADAS				
O	N			
76°17'7.39"	2°30'9.04"			
ALTITUD, msnm	2986			
PRESIÓN, hpa	17,6			
TEMPERATURA DEL AGUA, C°	10,7			
TEMPERATURA AMBIENTE, C°	17			
NUBOSIDAD, octas	4			
HUMEDAD, %	61			
PARAMETROS HIDRAHULICOS Y GEOMETRICOS				
Área, m ²	Velocidad, m/s	Caudal, m ³ /s	Profundidad, m	Ancho, m
0.1419	0.25605	0.35799	0.32	6

Fuente: Autor

Tabla 17. Aforo rio Palace

ESTACION DE AFORO -rio Palace-SIBERIA				
COORDENADAS				
O	N			
76°20'85"	2°27'46.56"			
ALTITUD, msnm	2951			
PRESIÓN, hpa	7,18			
TEMPERATURA DEL AGUA, C°	11,2			
TEMPERATURA AMBIENTE, C°	17			
NUBOSIDAD, octas	4			
HUMEDAD, %	61			
PARAMETROS HIDRAULICOS Y GEOMETRICOS				
Área, m ²	Velocidad, m/s	Caudal, m ³ /s	Profundidad, m	Ancho, m
0.5049	0.1914	1.2159	0.56	9


Fuente: Autor

Tabla 18. Aforo rio Palace, Hatico

ESTACION DE AFORO -rio Palace-HATICO				
COORDENADAS				
O	N			
76°25'54.98"	2°28'45.34"			
ALTITUD, msnm	2360			
PRESIÓN, hpa	773			
TEMPERATURA DEL AGUA, C°	13,4			
TEMPERATURA AMBIENTE, C°	13.6			
NUBOSIDAD, octas	4			
HUMEDAD, %	64			
PARAMETROS HIDRAULICOS Y GEOMETRICOS				
Área, m ²	Velocidad, m/s	Caudal, m ³ /s	Profundidad, m	Ancho, m
0.4675	0.4138	2.12019	0.492	9

Fuente: Autor

Tabla 19. Aforo rio Palace, Bocatoma

ESTACION DE AFORO -rio Palace-BOCATOMA				
COORDENADAS				
O	N			
76°30'9.17"	2°29'56.63"			
ALTITUD, msnm	1985			
PRESIÓN, hpa	805			
TEMPERATURA DEL AGUA, C°	14,9			
TEMPERATURA AMBIENTE, C°	12			
NUBOSIDAD, octas	3			
HUMEDAD, %	64			
PARAMETROS HIDRAULICOS Y GEOMETRICOS				
Área, m ²	Velocidad, m/s	Caudal, m ³ /s	Profundidad, m	Ancho, m
		543.983		

Fuente: Autor

4.3.2 Balance de masas

Se establece un balance de masa para las concentraciones de entrada y salida de masa del proceso que se genera en la subcuenca del rio Palace. Para ellos se aplica la ley de la conservación de la masa que nos dice que no se crea ni se destruye, solo se transforma.

En la tabla 20 se muestran el resultado del balance de masa para los agroquímicos a modelar, Clorpirifos, Metaxicloro, Endosulfan 1, con el fin de determinar el flujo masico de cada compuesto de acuerdo con el recorrido de los puntos, Humedal, Siberia, Hatico y bocatoma.

Nota: En los anexos se encuentran los cálculos realizados para cada compuesto.

Tabla 20 Resultados balance de masa, Endosulfan

Endosulfan 1	
$C_1Q_1 = C_2Q_2$ fórmula para determinar flujo masico de compuesto Endosulfan 1	
Humedal	$Fm = 23341.6 \frac{ng}{s}$
Siberia	$Fm = 36173.02 \frac{ng}{s}$
Hatico	$Fm = 148.83 \frac{ng}{s}$
Bocatoma	$Fm = 13327583.5 \frac{ng}{s}$

Fuente: Autor

En la tabla 21 se observa los resultados del balance de masas para el agroquímico Metaxicloro de acuerdo con una fusión tiempo y caudal.

Tabla 21. Resultado balance de masas, Metaxicloro

Metaxicloro	
$C_1Q_1 = C_2Q_2$ fórmula para determinar flujo masico de compuesto Metaxicloro	
Humedal	$Fm = 13926.2 \frac{ng}{s}$
Siberia	$Fm = 173387.34 \frac{ng}{s}$
Hatico	$Fm = 943448.45 \frac{ng}{s}$
Bocatoma	$Fm = 9552341.48 \frac{ng}{s}$

Fuente. Autor

Tabla 22. Resultados balance de masas, Clorpirifos

Clorpirifos	
$C_1Q_1 = C_2Q_2$ fórmula para determinar flujo masico de compuesto Clorpirifos	
Humedal	$Fm = 208785.6 \frac{ng}{s}$
Siberia	$Fm = 1075949.91 \frac{ng}{s}$
Hatico	$Fm = 1701876.51 \frac{ng}{s}$
Bocatoma	$Fm = 64733977 \frac{ng}{s}$

Fuente: Autor

Este modelo ocurre de forma decreciente de acuerdo la cinética de primer orden que nos dice que a medida que transcurre el tiempo esta disminuye la concentración en un medio acuoso.

Nota: en los anexos se encuentra la tabla de Excel con el modelo propuesto. Con respecto al modelo del Endosulfan 1 por falta de resultados en los monitoreos de las primeras fechas donde tuvo unos resultados bajo el rango de detección.

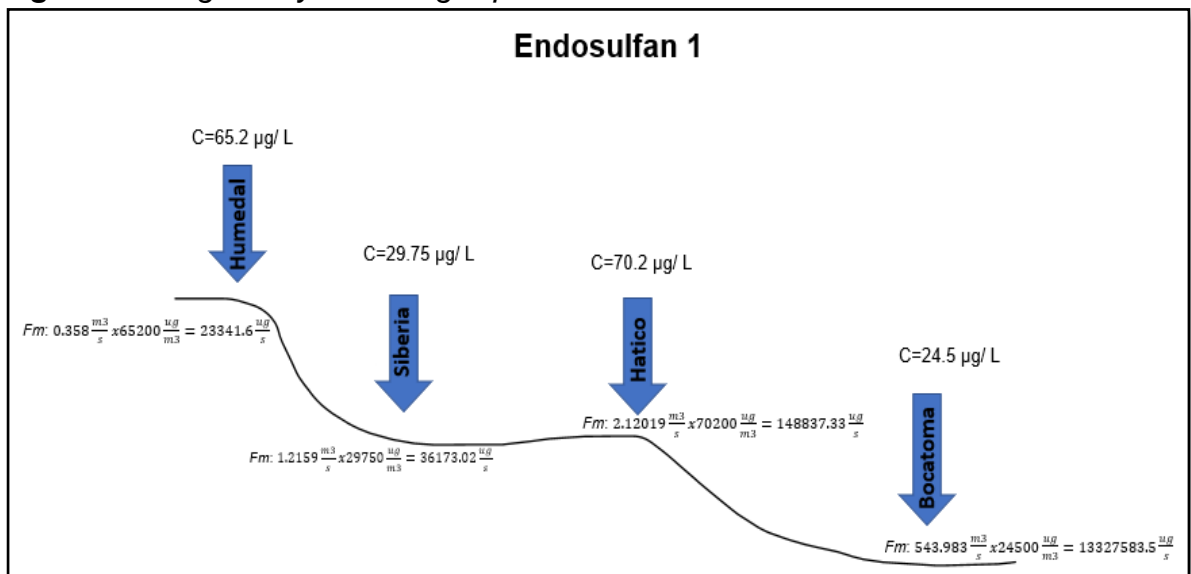
4.3.3 Implementación del modelo

Se procede a realizar la modelación de 3 agroquímicos encontrados en la cuenca de acuerdos en los monitoreos realizados en el periodo transitorio del cultivo de papa de la región.

Modelo Endosulfan 1: El modelo se realizó a partir de los datos tomados en campo de acuerdo con los monitoreos realizados y mediante Google Earth se tomaron las distancias para determinar los kilómetros de humedal, Siberia, hatico y bocatoma correspondientemente de acuerdo con las coordenadas tomadas.

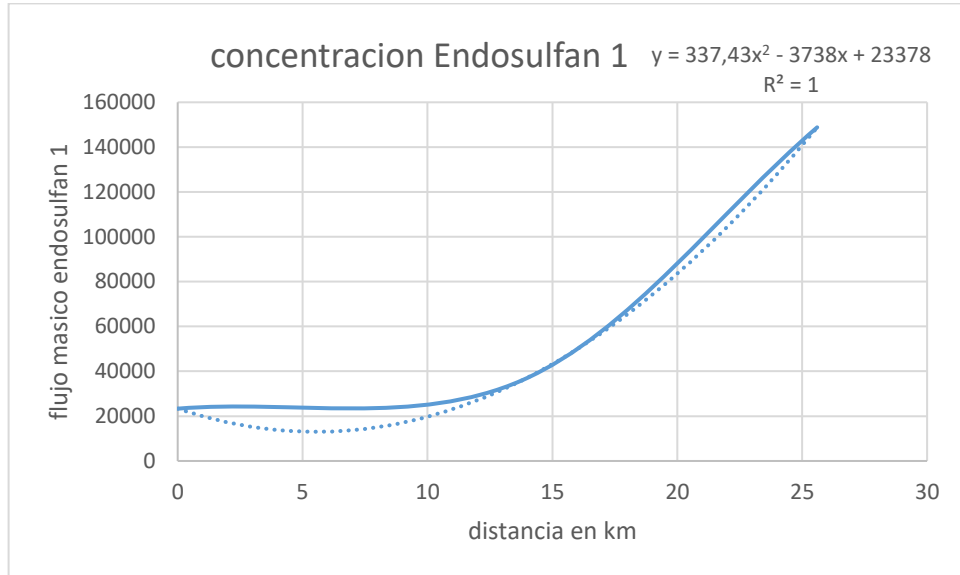
En la figura 9 se observa el transporte del Endosulfan 1 en los 4 puntos (humedal, Siberia, hatico y bocatoma) mostrándonos así las concentraciones en flujo masico con respecto a distancia entre ellos y la concentración dada en los resultados de laboratorio.

Figura 9. Imagen trayectoria agroquímicos



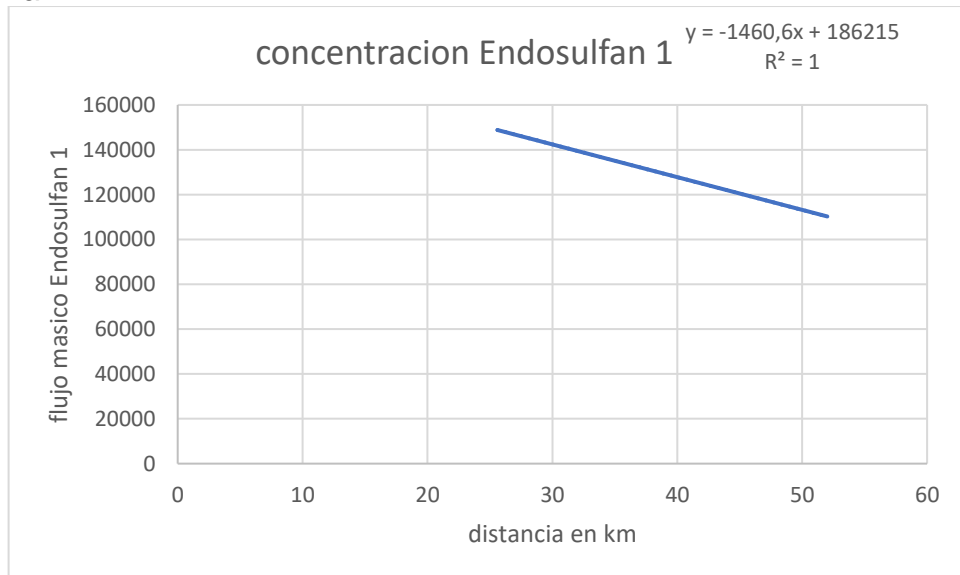
Fuente: Autor

Figura 10. Comportamiento de la concentración del flujo masico con la distancia - humedal- hatico



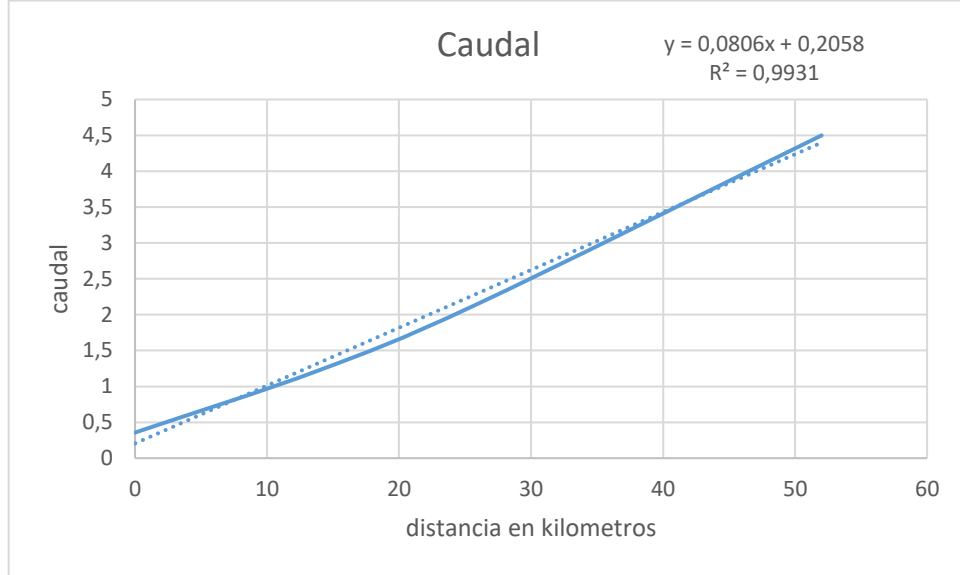
Fuente: Autor

Figura 11. comportamiento de la concentración del flujo masico y la distancia hatico-bocatoma



Fuente: Autor

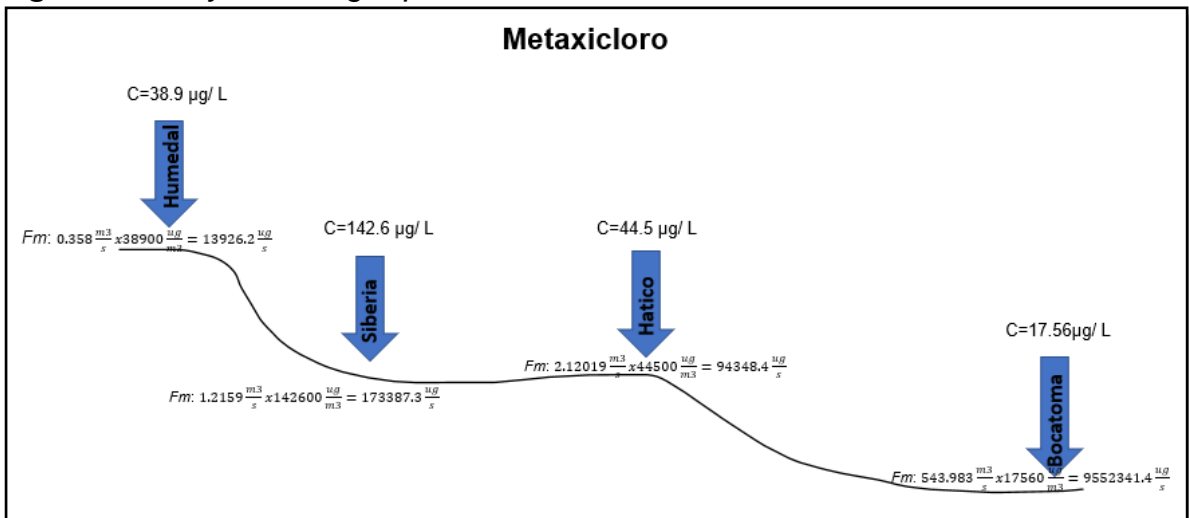
Figura 12. Comportamiento entre caudal y distancia humedal-bocatoma



Fuente: Autor

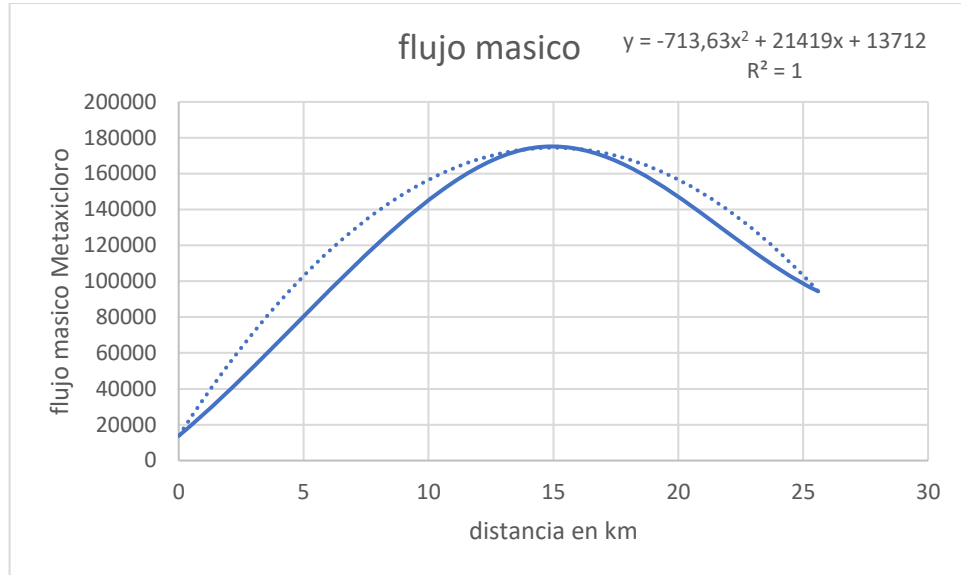
Modelo Metaxicloro: El modelo se realizó a partir de los datos tomados en campo de acuerdo con los monitoreos realizados y a partir de Google earth se tomaron las distancias para determinar los kilómetros de humedal, Siberia, hatico y bocatoma correspondientemente de acuerdo con las coordenadas tomadas.

Figura 13. Trayectoria agroquímica Metaxicloro



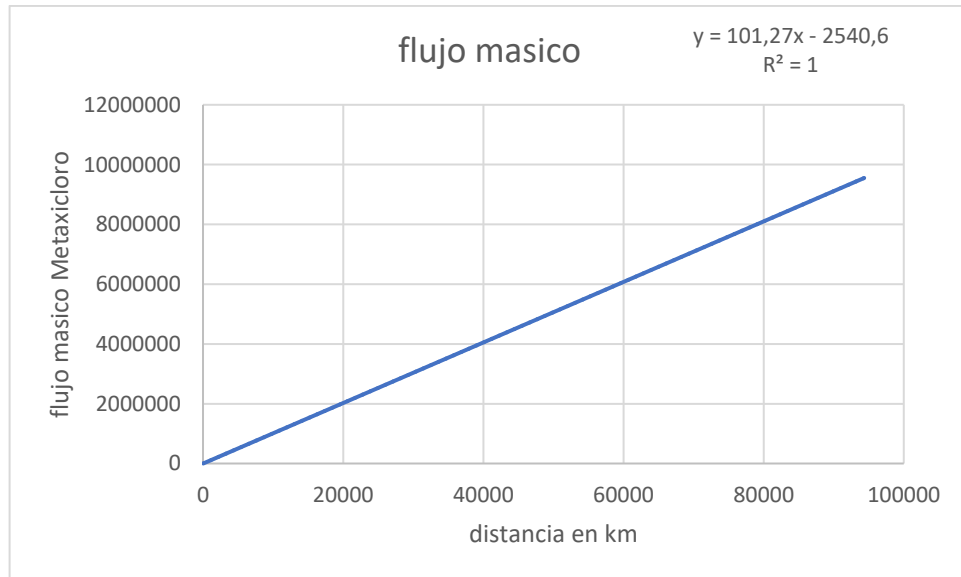
Fuente: Autor

Figura 14. Comportamiento de la concentración de flujo masico con la distancia Humedal - Hatico



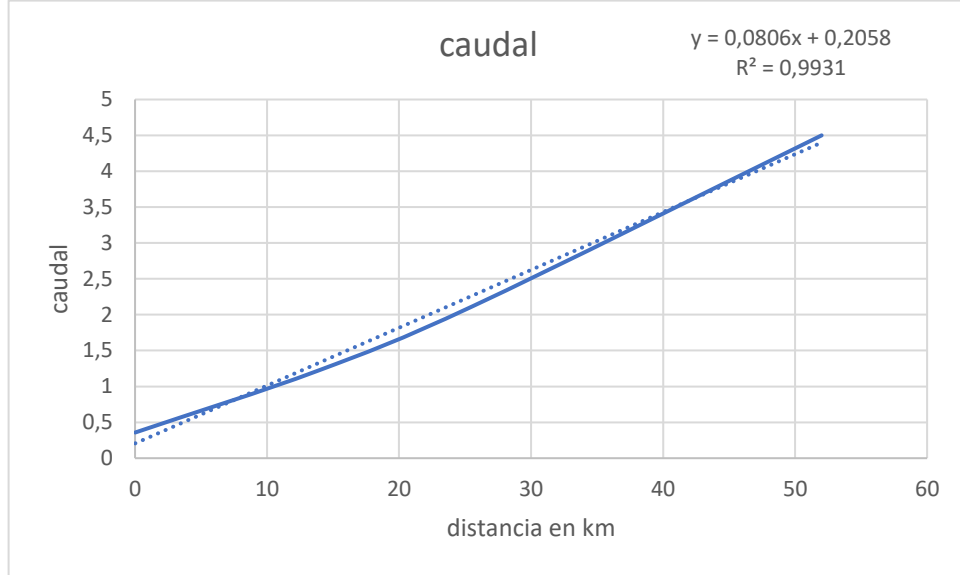
Fuente: Autor

Figura 15. Comportamiento de la concentración de flujo masico con la distancia hatico-bocatoma



Fuente: Autor

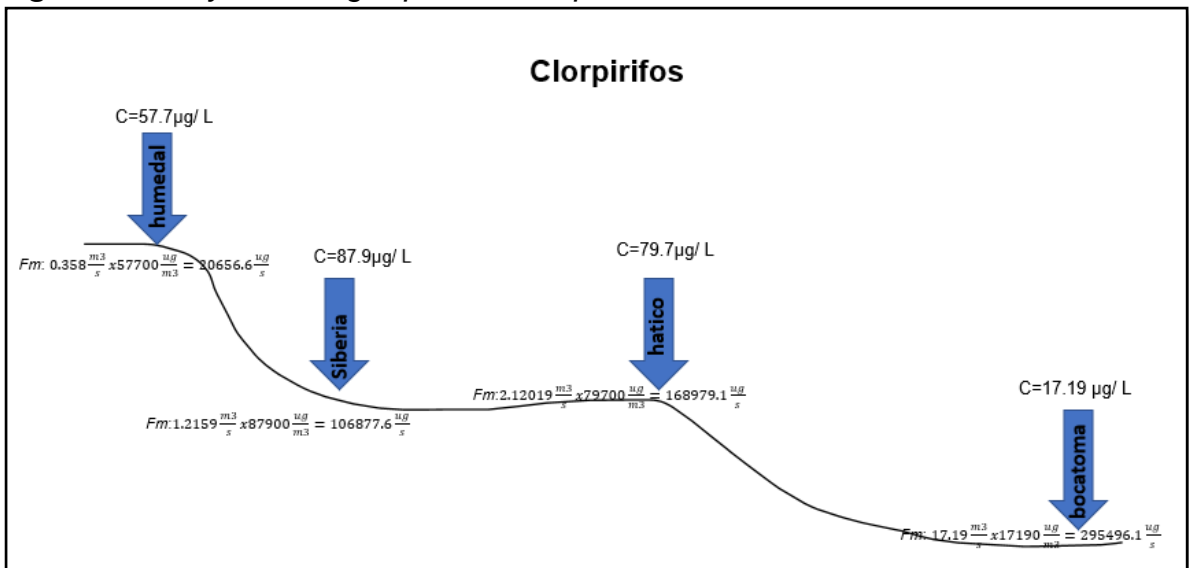
Figura 16. Comportamiento entre Caudal-distancia, Humedal-bocatoma



Fuente: Autor

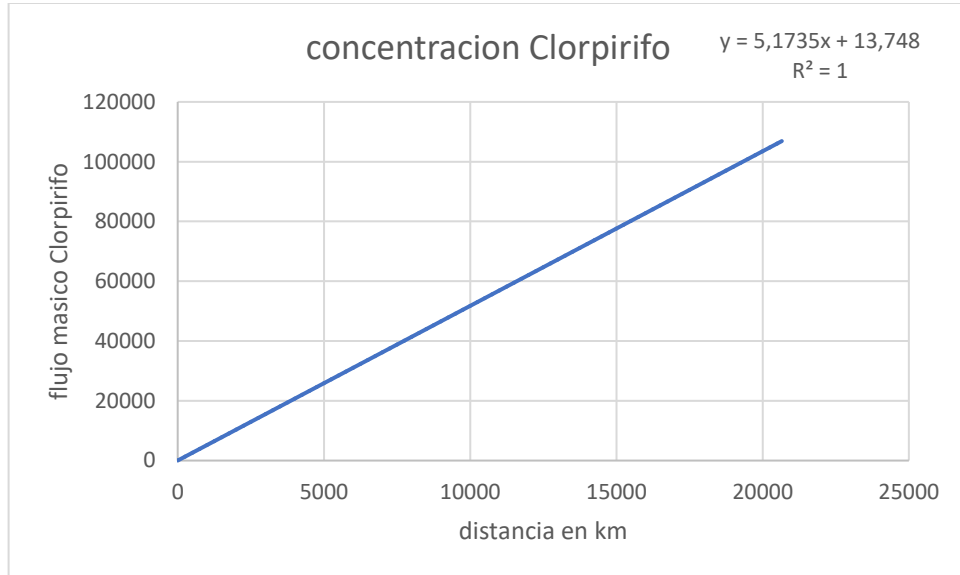
Modelo clorpirifos: El modelo se realizó a partir de los datos tomados en campo de acuerdo con los monitoreos realizados y a partir de Google earth se tomaron las distancias para determinar los kilómetros de humedal, Siberia, hatico y bocatoma correspondientemente de acuerdo con las coordenadas tomadas.

Figura 17. Trayectoria agroquímica, clorpirifos



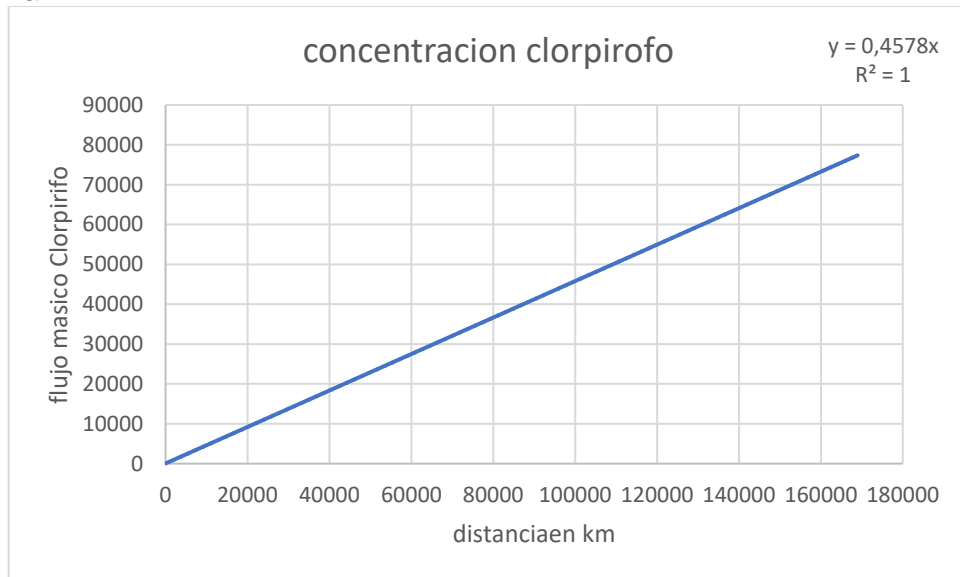
Fuente: Autor

Figura 18. Comportamiento de la concentración del flujo masico con la distancia humedal-hatico



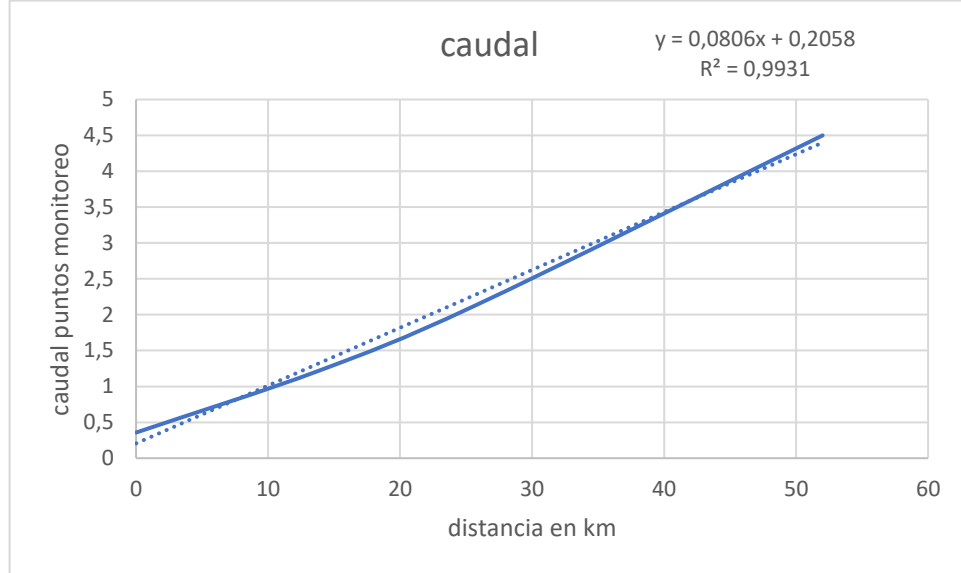
Fuente: Autor

Figura 19. Comportamiento de las concentraciones de flujo masico, Hatico-bocatoma



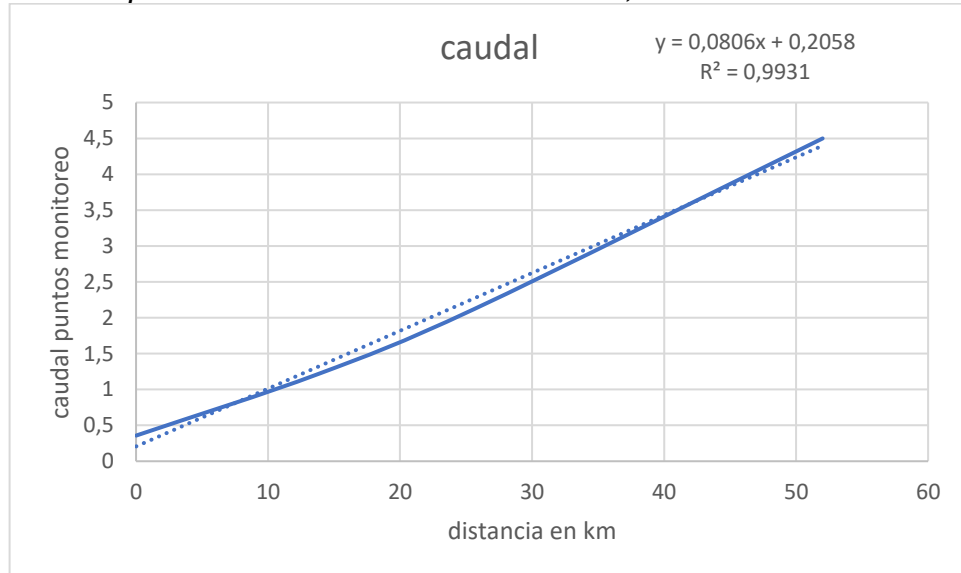
Fuente: Autor

Figura 20. Comportamiento entre Caudal-Distancia, Humedal-Bocatoma



Fuente: Autor

Figura 21. Comportamiento entre caudal-Distancia, Humedal-Bocatoma



Fuente: Autor

4.3.4 Calibración del modelo

La validación del modelo se realizó teniendo en cuenta las concentraciones estimadas en agua. Se tomó como concentración real las concentraciones de los plaguicidas objetivo-determinadas en la parte alta de la subcuenca del río Palace mediante análisis en laboratorio utilizando técnicas acopladas de cromatografía de

gases y espectrometría de masas con trampa iónica cuadrupolar en modo tándem (Univalle, Unicauca –VRI). La comparación entre el rango de las concentraciones reales y la concentración estimadas de los plaguicidas objetivo se muestran en la tabla 23.

Tabla 23. Comparación entre la concentración estimada y la concentración real

	Concentración estimada (ng/l)	Concentración real (ng/l)
Endosulfan 1	32,01	20,4~ 65,2
Metaxicloro	17.6	5.3 ~ 10.3
Clorpirifos	728	36.4 ~ 794.7

Fuente: Autor

De acuerdo con la tabla 23, la concentración estimada de endosulfan 1 y clorpirifos están dentro del rango de concentración real. Sin embargo, la concentración estimada para metaxicloro es aproximadamente 7.3 veces mayor que el valor máximo en el rango de concentración real; este rango de error puede ser aceptado teniendo en cuenta la complejidad presentada en las condiciones climáticas como también por la topográfica del área de influencia de la subcuenca del río palace ya que esta misma presentaba erosión causadas por distintas actividades agroeconómicas, así mismo un porcentaje de error humano producido a la hora de la toma de muestras.

4.3.5 Planteamiento estadístico del resultado del modelo

Naturalmente se presenta la necesidad de comparar dos medias [59] de cada tratamientos o procesos distintos, dichos procesos con unas medias μ_x y μ_y y varianzas δ^2_x y δ^2_y respectivamente, por lo cual se plantea así una relación estadística presente en la siguiente hipótesis:

$$H_0: \mu_x = \mu_y$$

$$H_a: \mu_x \neq \mu_y$$

Esta hipótesis es planteada en este trabajo de grado con el fin de poder analizar de manera estadística dos procesos distintos, pero con resultados simultáneos por lo cual se recurrió a la estadística descriptiva en la cual es posible analizar de la forma anteriormente planteada, dicha hipótesis puede ser reescrita de la siguiente forma:

$$H_0: \mu_x - \mu_y = 0$$

$$H_a: \mu_x - \mu_y \neq 0$$

Para la prueba se toman muestras aleatorias en el efluente de cada proceso. En lo posible el número de muestras. Si cada proceso o tratamiento sigue una distribución

normal y son independientes entre ellos el estadístico de prueba adecuado para probar la hipótesis de igualdad de medias esta dado por:

$$t_0 = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_x} + \frac{1}{n_y}}}$$

- El cual sigue una distribución T Student con $n_x + n_y - 2$ grados de libertad
- S_p^2 es un estimador de la varianza muestral común, suponiendo que dichas varianzas sean iguales y se calcula como:

$$S_p^2 = \frac{(n_x - 1)S_x^2 + (n_y - 1)S_y^2}{n_x + n_y - 2}$$

Donde:

S_x^2 y S_y^2 corresponde a las varianzas muestrales de los datos de cada proceso.

V CONCLUSIONES

Se ha implementado el modelo de primer nivel con los 3 plaguicidas, y se encontró que dicho modelo nos da un contexto razonable en cuando al transporte de agroquímico. Las concentraciones relativas estimadas en el modelo son muy cercanas a los valores que se obtuvieron en el laboratorio, pero existen incertidumbres, ya que las tasas de emisiones de las cuales dependen estas concentraciones son esencialmente relacionadas con el trabajo en campo y sus condiciones geográficas, climáticas para que de esta manera arroje valores más precisos.

El modelo jugo un papel importante para determinar la comprensión general de los comportamientos de los plaguicidas utilizados en la parte alta de la subcuenca del río Palace, debido a la gran cantidad de información generada con respecto al proceso de transporte de estos en la lámina de agua. Este modelo experimental realizado nos da un conocimiento en cierto nivel de aceptabilidad que puede ser útil para entes reguladores ambientales, fabricantes de productos químicos por su capacidad de determinar el transporte de estos. A medida que estén disponibles mejores datos de emisiones de los plaguicidas aplicados en cultivos, este modelo proporcionara una herramienta con la que se puede diseñar, seleccionar y usar productos químicos alrededor de las fuentes hídricas.

Se determina que en el ejercicio de evaluación de este trabajo mediante modelo de primer nivel, el riesgo está fuertemente influenciado por el tipo de muestras tomadas ya que al momento de instalar los muestreadores en bocatoma se colocaron después del desarenador causando así unos resultados erróneos en este punto en específico, por ende el modelo tiene fallas al momento de identificar adecuadamente el transporte de estos, ya que la estimación dada de las emisiones de plaguicidas Endosulfan 1 presento en los primeros monitoreos una detección por debajo del límite en la subcuenca del río Palace provenientes de actividades agrícolas y una suposición de las emisiones de Metaxicloro y Clorpirifos, la clasificación relativa de estos compuestos con respecto a su valor de riesgo ambiental es generalmente consistente con los diversos escenarios investigados. Se puede notar que la mayoría de los RAF estimados para los 3 plaguicidas son > 10 , lo que nos dice que los riesgos asociados con los plaguicidas son un riesgo muy alto para el ecosistema y la vida humana.

Generalmente, el modelo nos provee una estimación del destino ambiental de los plaguicidas, lo que nos puede proporcionar un enfoque más detallado al momento de priorizar los plaguicidas. Con algunas mejoras adicionales en tramos más extendidos en diferentes puntos de la subcuenca y con mejores estimaciones, se podrá utilizar en el mejoramiento de las cuencas hidrográficas en Colombia, es posible que el modelo de primer nivel pueda ser eficaz para determinar la cantidad de compuestos que recorren de una distancia determinada para así evaluar el riesgo y la peligrosidad los ingredientes utilizados en la agricultura colombiana.

VI RECOMENDACIONES

Todos los productos químicos son tóxicos si se administran en cantidades suficientes alta, en consecuencia, en dosis adecuadas o relativamente pequeñas, se contaría con un mayor grado de seguridad al usarlos. De hecho, ciertos componentes como metales y vitaminas son esenciales para la supervivencia. El objetivo general de la regulación ambiental o de la "gestión" debe ser, por lo tanto, controlar que la cantidad de una sustancia específica que entra en el medio ambiente no sea excesiva. No necesita ser cero; de hecho, en la actualidad es imposible lograr que sea cero. Aparte de limpiar los errores pasados, la acción reguladora más útil es reducir las emisiones a niveles aceptables y así asegurar que las concentraciones y exposiciones sean tolerables.

Entidades internacionales como la EPA no han logrado reducir la toxicidad de los contaminantes, solo han logrado reducir las emisiones, lo cual implica saber cuáles son las emisiones y de dónde provienen. Este es el enfoque de programas como el Inventario de liberación de productos tóxicos (TRI, por sus siglas en ingles) en los EE. UU. O el Sistema Nacional de Inventario de Emisiones de Contaminantes (NPRI, por sus siglas en ingles) en Canadá. Hay programas similares en Europa, Australia y Japón. Lamentablemente, en países de Latinoamérica o en el caso de Colombia para ser más específicos, no hay programas o sistemas que controlen las emisiones de plaguicidas y a menudo, los datos que están disponibles son incompletos. La mayor contribución de este trabajo es dar al lector la capacidad de traducir las tasas de emisión en concentraciones ambientales, para que el riesgo resultante de la exposición a estas concentraciones puede ser evaluado. Lo anterior proporciona un incentivo para realizar o mejorar los inventarios de emisión de plaguicidas.

se recomienda a las comunidades aledañas disminuir el consumo directo de la fuente de hídrica ya que esta presenta residuos de agroquímicos provenientes del uso en los cultivos que se presenta en la zona, y su consumo constante puede causar daños a largo plazo ya que son expuestas a dicho factor.

BIBLIOGRAFIA

- [1] M. Hernandez B, «Tratamientos de aguas,» *Tec.ac.cr*, 2013.
- [2] M. Montenegro, «Evaluacion de la contaminacion de aguas superficiales,» 2000.
- [3] D. CG y Ternes, TA, «Productos farmacéuticos y de cuidado personal en el medio ambiente: ¿agentes del cambio sutil? Reinar. Perspectiva de la salud,» *enviromental health perspectives*, p. 107, 1999.
- [4] j. L. g. a. k. E. p. David L. sedlakd, «revision por partes: comprender los microcontaminantes en el agua reciclada,» *ACS publications most trusted. most cited. most read*, p. 34, 2011.
- [5] L. H. 2. M. K. T. K. B. S. K. K. Diamond JM, «Priorización de contaminantes de interés emergente para evaluaciones de cribado ecológico.,» *Reinar. Toxicol. Chem.*, pp. 30- 2385- 2394, 2011.
- [6] C. Y. S. D. D. F. c. Julieta C. Carrasco, «Emerging contaminants and its impact on the health.,» *ciencias medicas*, pp. 55-59, 2017.
- [7] E. D. S. O. Yolamda Patiño, «Classification and treatmen technologies,» 2014.
- [8] L. P, «el papel del agua en conflicto de todo el mundo,» *UNICEF*, pp. 53-54, 2018.
- [9] FAO, «actualidad agropecuaria en maerica latina,» 2012.
- [10] FAO, «actualidad agropecuaria de america latina.,» 12 10 2012. [En línea]. Available: <http://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/510718/>.
- [11] ODEC-FAO, prospectivas agricolas 2012-2021, mexico , 2013.
- [12] i. d. montevideo, «regulacion alimentaria,» uruguay , 2018.
- [13] G. y. A. w. Leonard, «los beneficios de los pesticidas a nivel internacional,» p. 30, 2011.
- [14] II Asamblea Mundial de la Salud de los Pueblos Global Health Watch, 2005.
- [15] jurnal of basic and applied genetics, 2010.
- [16] EPHC, 2008.
- [17] E. Commission, «Health and consumer Protection Directorate- General. Directora D -Food Safety: Producion and distribution chain unit D.3- chemicals and pesticidas. MCPA. SANCO,» 07 11 2008. [En línea]. Available: http://ec.europa.eu/food/plant/protection/evaluation/existactive/list_mcpa.pdf. [Último acceso: 10 06 2020].
- [18] B. Pedro, M. dlaz and Leticia y CONTRERAS, «Contaminacion de aguas Superficiales por Residuos de Plaguicidas,» *Red de revistas cientificas de america latina, el caribe, españa y portugal* , vol. 29, pp. 20-30, 2013.
- [19] MinAmbiente , bogota, 2010.
- [20] MinAmbiente, *resolucion 0631*, bogota : diario oficial No 49.486 , 2015.

- [21] MinAmbiente, *Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua*, bogota, 2007.
- [22] J. B. & M. E. Z. Romina P. Suárez, «Los Agroquímicos y el Ambiente,» *Instituto de Recursos Biológicos, CNIA-INTA*, 2001.
- [23] (APVMA) y A. p. a. V. M. Authority, «Notice: Amicarbozane, Gazette,» 05 12 2016. [En línea]. Available: <http://www.apvma.gov.au/gazette/0612downloads/gazette0612p10.pdf>. [Último acceso: 20 07 2020].
- [24] Chemical book , 05 2010. [En línea]. Available: http://www.chemicalbook.com/ProductChemicalPropertiesCB2733991_EN.htm. [Último acceso: 10 11 2020].
- [25] B. G. Pagliari, M. J y claver, *Remecao de Pesticidas em solucoes aquosas utilizando*, rio de janeiro , 2016.
- [26] *observatorio global de salud, informe alternativo sobre la salud mundial*, zed books , 2008.
- [27] S. Bull, K. Fletcher, A. Boobis y J. Battershill, *Evidence for genotoxicity of pesticide applicators: a review.*, Mutagenesis , 2006.
- [28] Alcaldia de totoro , *Plan de accion municipal*, 2019.
- [29] CRC, *Plan de ordenamiento y manejo de la parte alta de la sbcuenca higráfica del rio Palace*, Popayan , 2010.
- [30] CRC, 2010.
- [31] C. R. A. d. C.-. CRC, «Plan de Ordenacion y Manejo de la Parte Alta de la Subcuena Hidrográfica deñ Rio Palace,» 2010.
- [32] U.S geological survey, «mineral commodity summaries,» *reston virginia U.S*, 2015.
- [33] NORMAN, «Network of reference laboratories, reseachcentes and related organisations for monitoring ofemerging enviromental subtances,» 2012. [En línea]. Available: <http://www.norman-networt.net/>.
- [34] J. & C. Paternina, «Diagnostico Financiero y Planteamiento de Alternativas de Manejo de Financiacion en Empresas Comercializadoras de Productos Agroquímicos. trabajo de Grado,» Bogotá: Univercidad de la Sabana, 2009.
- [35] R. Geerdink y W. A. B. Niessen, «trace-level determination of pesticides in water by means of liquid and gas chomatography,» *jurnal of chromatography vol 27*, pp. 65-93, 2002.
- [36] C. a. B. A. Sinclair, «asseing the ecotoxicity of pesticide transformation products,» *enviromental science and techonology vol 34*, pp. 4617- 4625, 2003.
- [37] D. Kolpin y A. a. G. R. Barbash, «occurrence of pesticide in shallow groundwater of the unitedstates: inital results from the national water-quality as-seement program,» *enviromental science and technology vol. 32*, pp. 558-566, 1998.

- [38] d. Koplin y D. y. T. Schnoebelen, «Degradados dar una idea de las tendencias especiales y temporales de los herbicidas en el agua subterránea.,» *agua subterránea vol 42*, pp. 601- 608, 2004.
- [39] D. y. G. D. Lapworth, «source and persistence of pesticides in a semiconfined chalk aquifer of southeast,» *environmental pollution*, pp. 1031- 1044, 2016.
- [40] S. C.J y e. al., «A desk study on pesticide metabolites, degradation and reaction products to inform the inspectorate's position on monitoring requirements,» *Environmental research agency*, 2010.
- [41] C. López, «Exposición de plaguicidas organofosforados,» *Instituto Nacional de salud pública*, 1993.
- [42] O. M. d. I. S. OMS, «Organización Panamericana de la Salud,» *OMS/OPS, División Salud y Ambiente*, 1993.
- [43] OMS, «plaguicidas organoclorados México OMS/OPS,» *centro panamericano de ecología y salud*, pp. 10-20, 1990.
- [44] S. y. C. R. Briggs, «Basic guide to pesticides. Their characteristic and hazards,» *Taylor & Francis publishers*, pp. 20-30, 1992.
- [45] I. Al-Sahel, «Pesticides: a review article. En: J Environ pathol toxicol oncol.,» pp. 151-161, 1994.
- [46] C. López, «Exposición a plaguicidas organofosforados. perceptibles en salud pública.,» México, 1993.
- [47] Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible., «Guía de Modelación del Recurso Hídrico para Aguas Superficiales Continentales.,» Bogotá, 2018.
- [48] H. –. J. A. Chem., «La descomposición térmica y fotoquímica de compuestos azoicos y el problema de las velocidades de reacción,» *academia nacional de ciencias.*, p. 849, 2016.
- [49] OMS, «Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua,» *Organización mundial de la salud.*, 2009.
- [50] FAO, «Gestión de calidad de agua.,» 1993.
- [51] M. d. Salud, «Ley 9 de 1979,» pp. 1-70, 16 de julio de 1979.
- [52] Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible , «Decreto 1594 de 1984,» pp. 1-70, junio 26 de 1984.
- [53] Sostenible, Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo, «Decreto 1843 de 1991,» pp. 1-60, julio 22 de 1991.
- [54] Ministerio de Medio Ambiente, vivienda y desarrollo territorial, Bogotá, 2010, pp. 6-29.
- [55] Sostenible, Ministerio de Ambiente y Desarrollo, «(Decreto 1449 de 1977, Art. 2),» Bogotá, 2021.
- [56] Social, Ministerio de Protección, «Decreto Número 1575 del 2007,» Bogotá, Mayo 9 del 2007.

- [57] Los Ministros de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, «Ministerio De La Protección Social.,» Bogotá, 22 junio 2015.
- [58] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, «Resolución N 0631.,» Bogotá, 17 marzo 2015.
- [59] G. a. R. d. I. V. S. Humberto, análisis y diseño de experimentos., México: McGraw-will interamericana, 2008.
- [60] J. Martínez, M. Páez y M. & P. Palencia, «Dispositivos de Muestreo de Plaguicidas en Aguas Superficiales Basados en Adsorbentes de Fibra de Vidrio-poli (etileno-vinilacetato)(sampling devices of pesticides in surface water based on glass fiber-poly (ethylene-co-vinyl acetate) adsorbent).,» *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales.*, pp. 9-20, 2017.
- [61] K. K. I. B. y. H. B. Kamita SG, «Genetically Modified Baculoviruses for Pest Insect Control En: Gilbert LI, Iatrou K, Gill SS.,» *Comprehensive Molecular Insect Science.*, p. 6, 2017.
- [62] FAO, «Manual de referencia, Evaluación de la contaminación del suelo,» 2000.
- [63] G. Dierksmeier, «Plaguicidas: Residuos, Efectos y Presencia en el medio.,» *Editorial Científico-Técnica.*, 2001.
- [64] *Informe alternativo sobre la Salud en América Latina, Observatorio Latinoamericano de la salud.*, Quito: Centro de Estudios y Asesoría en Salud , 2005.

ANEXOS

ANEXO 1. Presupuesto

Ítem	No	Horas por mes	Meses	Total, horas	Costo por hora	Total	Financiación
Estudiante	1	120	8	960	5000	4'800.000	Estudiante
Director	1	8	8	64	55.000	3'520.000	Universidad
Total						8'320.000	

Ítem	Costo unitario	Costo por mes	Meses	Total	Financiación
Transporte	400000	800.000	5	4'000.000	Proyecto VRI
Análisis de agroquímicos	390.000	3.120.000	5	15'600.000	Proyecto VRI
Aforos y mediciones	90.000	180.000	5	900.000	Acueducto Popayán
Talleres con la comunidad y socializaciones	485.000	970.000	1	970.000	Proyecto VRI
Total				21'470.000	

Ítem	Costo	Financiación
Material bibliográfico	300.000	Universidad
Papelería	50.000	Estudiante
Impresiones	50.000	Estudiante
Internet	80.000	Estudiante
Total	480.000	

Ítem	Costo total de la propuesta
Gastos de personal	8'320.000
Logística y trabajo de campo	21'470.000
Insumos y Papelería	480.000
Total	30'270.000

Fuente: Autor

ANEXO 2. Concentración determinada del humedal (ng/L)

compuestos	LD(ng/L)	humedal 104-1	humedal102-1	humedal105-1	humedal 105-1	humedal 106-1	humedal 106-2	humedal 107-1	humedal 107-1	humedal 108-1	humedal 108-2
profos	800,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
keroxi-metil	320,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Diclorovos	540,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Tebuconazol	330,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Lamba-cihalotrina	2,0	6,8	5,6	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Endrín	3,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Paration	130,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Hexaconazol	110,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
b-BHC	48,1	61,9	55,8	49,2	54,8	<LD	<LD	51,8	55,6	61,8	59,4
Dimetoato	320,4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fenclofos	130,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Endosulfán I	20,4	14,4	16,3	34,6	29,8	15,8	13,6	100,8	124,7	142,1	139,7
Protiofos	140,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Dieldrin	3,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<LD	<LD
4,4'-DDD	0,1	2,5	2,9	2,9	2,1	3,1	2,8	1,0	1,2	1,1	1,3
Endosulfan II	40,3	<LD	<LD	ND	ND	ND	ND	<LD	<LD	<LD	<LD
DDT	0,8	8,3	9,6	23,2	21,8	31,5	29,0	9,5	8,9	11,3	13,4
Famfur	100,0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	ND	ND	ND	ND	ND
Aldrin	3,4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Gustiòn	110,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
O,O,O-Trietil fosforotio	110,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cimoanil	110,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Metil-Paeatiòn	3456,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
α-BHC	46,1	131,5	145,8	107,1	98,5	111,6	115,9	121,6	111,9	61,5	56,4
Lindano	32,6	46,8	49,6	55,4	60,1	98,6	87,4	34,9	30,1	39,6	36,5
Diazinòn	4147,3	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Heptacloro	1,2	1,9	1,8	1,7	1,6	<LD	<LD	1,3	1,4	1,9	1,7
Clorpirifos	5,8	69,0	62,1	59,9	65,2	36,4	38,9	63,7	58,2	62,8	61,2
Metalaxi-M	816,3	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Metoxicloro	5,3	39,8	33,5	29,9	28,6	12,5	11,8	63,6	70,1	43,5	55,7
4,4'-DDE	0,5	0,7	0,7	0,9	0,9	0,8	0,7	<LD	<LD	1,0	1,2

Fuente: Autor grupo de estudios ambientales 2019

ANEXO 3. Concentración determinada Siberia (ng/L)

compuestos	LD(ng/L)	siberia 04-1	siberia 04-2	siberia 05-1	siberia 05-2	siberia 06-1	siberia 06-2	siberia 07-1	siberia 07-2	siberia 08-1	siberia 08-2
profos	800,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
keroxi-metil	320,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Diclorovos	540,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Tebuconazol	330,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Lamba-cihalotrina	2,0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	5,5	7,3
Endrín	3,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Paration	130,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Hexaconazol	110,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
b-BHC	48,1	107,4	144,1	58,9	57,2	52,2	43,2	<LD	<LD	107,4	128,9
Dimetoato	320,4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fenclofos	130,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Endosulfán I	20,4	68,9	65,7	49,4	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	53,4	60,1
Protiofos	140,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Dieldrin	3,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4,4'-DDD	0,1	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Endosulfan II	40,3	5,5	3,9	<LD	<LD	ND	ND	ND	ND	ND	ND
DDT	0,8	31,0	29,1	4,1	5,2	ND	<LD	10,2	11,9	43,4	44,9
Famfur	100,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Aldrin	3,4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Gustiòn	110,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
O,O,O-Trietil fosforotio	110,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cimoanil	110,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Metil-Paeatiòn	3456,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
α-BHC	46,1	94,5	80,6	119,5	125,8	55,8	60,4	<LD	<LD	110,3	125,9
Lindano	32,6	43,9	46,2	52,8	60,1	70,5	68,3	55,1	48,7	69,8	79,0
Diazinòn	4147,3	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Heptacloro	1,2	1,3	1,5	1,9	2,3	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Clorpirifos	5,8	120,4	128,4	36,4	35,8	69,7	72,4	88,2	76,5	120,4	130,9
Metalaxi-M	816,3	<LD	<LD	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<LD	<LD
Metoxicloro	5,3	344,6	393,6	55,6	52,6	88,5	91,3	76,3	67,9	132,3	123,5
4,4'-DDE	0,5	0,7	0,8	0,6	0,8	<LD	<LD	<LD	<LD	0,9	0,9

Fuente: Autor grupo de estudios ambientales 2019

ANEXO 4. Concentración determinada hatico (ng/L)

compuestos	LD(ng/L)	hático04-1	hático04-2	hático05-1	hático05-2	hático06-1	hático06-2	hático07-1	hático07-2	hático08-1	hático08-2
profos	800,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
keroxi-metil	320,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Diclorovos	540,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Tebuconazol	330,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Lamba-cihalotrina	2,0	4,8	5,3	<LD	<LD	6,2	10,3	<LD	<LD	5,3	9,4
Endrin	3,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Paration	130,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Hexaconazol	110,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
b-BHC	48,1	56,6	59,1	84,5	76,1	<LD	<LD	81,3	83,4	<LD	<LD
Dimetoato	320,4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fenclorfos	130,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Endosulfán I	20,4	119,3	106,8	31,5	29,7	100,6	91,6	55,6	53,8	50,8	61,9
Protiofos	140,0	<LD	<LD	ND	ND	ND	ND	<LD	<LD	<LD	<LD
Dieldrin	3,0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
4,4'-DDD	0,1	0,2	0,6	0,2	0,3	<LD	<LD	<LD	<LD	0,5	0,7
Endosulfan II	40,3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
DDT	0,8	9,5	11,5	11,1	10,7	12,1	11,3	8,0	13,8	11,4	10,5
Famfur	100	<LD	<LD	ND	ND	<LD	<LD	ND	ND	ND	ND
Aldrin	3,4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Gustiòn	110	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
O,O,O-Trietil fosforotio	110,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cimoanil	110,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Metil-Paeatiòn	3456,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
α-BHC	46,1	51,9	57,7	55,8	59,3	156,9	120,7	178,9	102,5	71,3	56,4
Lindano	32,6	38,5	36,8	86,1	87,1	35,9	38,0	55,1	58,9	85,9	74,2
Diazinòn	4147,3	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Heptacloro	1,2	1,4	1,6	3,6	3,0	<LD	<LD	2,3	2,5	2,1	2,4
Clorpirifos	5,8	10,3	11,5	169,7	122,8	56,9	70,9	155,4	128,9	30,8	39,7
Metalaxi-M	816,3	850,3	931,5	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Metoxicloro	5,3	35,4	27,6	92,4	75,8	56,9	50,6	38,7	41,9	13,8	12,0
4,4'-DDE	0,5	1,2	1,6	2,0	2,3	<LD	<LD	0,8	1,2	1,0	0,6

Fuente: Autor grupo de estudios ambientales 2019

ANEXO 5. Concentraciones determinadas bocatoma (ng/L)

compuestos	LD(ng/L)	bocatoma04-1	bocatoma04	bocatoma05	bocatoma05	bocatoma06	bocatoma06	bocatoma07	bocatoma07	bocatoma08	bocatoma08-2
profos	800,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
keroxi-metil	320,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Diclorovos	540,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Tebuconazol	330,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Lamba-cihalotrina	2,0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Endrin	3,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Paration	130,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Hexaconazol	110,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
b-BHC	48,1	55,6	50,1	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Dimetoato	320,4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fenclorfos	130,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Endosulfán I	20,4	ND	ND	ND	ND	<LD	<LD	<LD	<LD	20,4	28,6
Protiofos	140,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Dieldrin	3,0	ND	ND	ND	ND	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
4,4'-DDD	0,1	ND	ND	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,22	0,3
Endosulfan II	40,3	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
DDT	0,8	ND	ND	ND	ND	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Famfur	100	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Aldrin	3,4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Gustiòn	110	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
O,O,O-Trietil fosforotio	110,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cimoanil	110,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Metil-Paeatiòn	3456,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
α-BHC	46,1	65,1	70,4	<LD	<LD	ND	ND	<LD	<LD	<LD	<LD
Lindano	32,6	<LD	<LD	<LD	<LD	40,1	38,7	33,5	39,4	<LD	<LD
Diazinòn	4147,3	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Heptacloro	1,2	<LD	<LD	ND	ND	<LD	<LD	<LD	<LD	1,5	1,8
Clorpirifos	5,8	22,8	30,1	<LD	<LD	<LD	<LD	25,4	28,9	31,6	33,1
Metalaxi-M	816,3	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Metoxicloro	5,3	10,5	18,4	<LD	<LD	25,6	31,8	11,4	17,4	33,1	27,4
4,4'-DDE	0,5	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD

Fuente: Autor grupo de estudios ambientales 2019

ANEXO 6. Tabla de cálculos Endosulfan 1

Caudal

Humedal = 0.358 m³/s

Siberia = 1.2159m³/s

Hatico = 2.12019m³/s

Bocatoma= 543.983cm³/s

Concentraciones

Humedal = 65.2 µg/ L

Siberia = 29.75 µg/ L

Hatico = 70.2 µg/ L

Bocatoma = 24.5 µg/ L

Conversiones

$$\text{Humedal: } 65.2 \frac{\mu\text{g}}{\text{L}} \times \frac{1000\text{l}}{1\text{m}^3} = 65200 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Siberia: } 29.75 \frac{\mu\text{g}}{\text{l}} \times \frac{1000\text{l}}{1\text{m}^3} = 29750 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Hatico: } 70.2 \frac{\mu\text{g}}{\text{l}} \times \frac{1000\text{l}}{1\text{m}^3} = 70200 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Bocatoma: } 24.5 \frac{\mu\text{g}}{\text{l}} \times \frac{1000\text{l}}{\text{m}^3} = 24500 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}$$

Flujo masico

$$fm = Q \times C$$

$$Fm \text{ (humedal): } 0.358 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 65200 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} = 23341.6 \frac{\mu\text{g}}{\text{s}}$$

$$Fm \text{ (Siberia): } 1.2159 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 29750 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} = 36173.02 \frac{\mu\text{g}}{\text{s}}$$

$$Fm \text{ (hatico): } 2.12019 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 70200 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} = 148837.33 \frac{\mu\text{g}}{\text{s}}$$

$$Fm \text{ (bocatoma): } 543.983 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 24500 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} = 13327583.5 \frac{\mu\text{g}}{\text{s}}$$

Fuente: Autor

ANEXO 7. tabla de cálculo Metaxicloro

Caudal Humedal = 0.358 m³/s

Siberia = 1.2159m³/s

Hatico = 2.12019m³/s

Bocatoma= 543.983cm³/s

Concentraciones

Humedal =38.9 µg/ L

Siberia =142.6 µg/ L

Hatico = 44.5 µg/ L

Bocatoma = 17.56µg/ L

Conversiones

$$\text{Humedal: } 38.9 \frac{\mu\text{g}}{\text{l}} \times \frac{1000\text{l}}{1\text{m}^3} = 38900 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Siberia: } 142.6 \frac{\mu\text{g}}{\text{l}} \times \frac{1000\text{l}}{1\text{m}^3} = 142600 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Hatico: } 44.5 \frac{\mu\text{g}}{\text{l}} \times \frac{1000\text{l}}{1\text{m}^3} = 44500 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Bocatoma: } 17.56 \frac{\mu\text{g}}{\text{l}} \times \frac{1000\text{l}}{1\text{m}^3} = 17560 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}$$

Flujo masico

$$Fm(\text{humedal}): 0.358 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 38900 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} = 13926.2 \frac{\mu\text{g}}{\text{s}}$$

$$Fm(\text{Siberia}): 1.2159 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 142600 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} = 173387.3 \frac{\mu\text{g}}{\text{s}}$$

$$Fm(\text{hatico}): 2.12019 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 44500 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} = 94348.4 \frac{\mu\text{g}}{\text{s}}$$

$$Fm(\text{bocatoma}): 543.983 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 17560 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} = 9552341.4 \frac{\mu\text{g}}{\text{s}}$$

Fuente: Autor

ANEXO 8. tabla de cálculos Clorpirifos.

Caudal

Humedal = 0.358 m³/s
Siberia = 1.2159m³/s
Hatico = 2.12019m³/s
Bocatoma= 543.983cm³/s

Concentraciones

Humedal = 57.7µg/ L
Siberia = 87.9µg/ L
Hatico = 79.7µg/ L
Bocatoma =17.19 µg/ L

Conversiones

$$\text{Humedal: } 57.7 \frac{\mu\text{g}}{\text{l}} \times \frac{1000\text{l}}{1\text{m}^3} = 57700 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Siberia: } 87.9 \frac{\mu\text{g}}{\text{l}} \times \frac{1000\text{l}}{1\text{m}^3} = 87900 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Hatico: } 79.7 \frac{\mu\text{g}}{\text{l}} \times \frac{1000\text{l}}{1\text{m}^3} = 79700 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Bocatoma: } 17.19 \frac{\mu\text{g}}{\text{l}} \times \frac{1000\text{l}}{1\text{m}^3} = 17190 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}$$

Flujo masico

$$Fm(\text{humedal}): 0.358 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 57700 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} = 20656.6 \frac{\mu\text{g}}{\text{s}}$$

$$Fm (\text{Siberia}): 1.2159 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 87900 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} = 106877.6 \frac{\mu\text{g}}{\text{s}}$$

$$Fm(\text{hatico}): 2.12019 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 79700 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} = 168979.1 \frac{\mu\text{g}}{\text{s}}$$

$$Fm(\text{bocatoma}): 17.19 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 17190 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} = 295496.1 \frac{\mu\text{g}}{\text{s}}$$

Fuente: Autor

ANEXO 9. Aforo Palace - Punto Hatico 9.5 m

AFORO CUENCA PALACÈ

Fecha: 11/01/2019

Punto: Hatico Ancho: 9.5 m

punto	Distancia m	Profundidad m	Velocidad m/s		
			Vel 1	Vel2	media
0	0	0			
1	0.95	0.45	0.045	0.045	0.045
2	1.90	0.45	0.160	0.160	0.160
3	2.85	0.40	0.178	0.178	0.178
4	3.80	0.40	0.700	0.700	0.700
5	4.75	0.40	0.871	0.871	0.871
6	5.70	0.70	0.721	0.721	0.721
7	6.65	0.70	0.852	0.852	0.852
8	7.60	0.74	0.468	0.468	0.468
9	8.55	0.64	0.554	0.554	0.554
10	9.55	0.50	0.276	0.276	0.276

punto	Velocidad m/s media	Sección			Caudal m ³ /s
		P.M m	A.M m	Área m ²	
0.045	0.030	0.45	0.95	0.2025	0.00607
0.160	0.1025	0.45	0.95	0.405	0.04151
0.178	0.169	0.425	0.95	0.3825	0.06464
0.700	0.439	0.4	0.95	0.36	0.15804
0.871	0.7855	0.4	0.95	0.36	0.28278
0.721	0.796	0.55	0.95	0.495	0.39402
0.852	0.7865	0.7	0.95	0.63	0.49549
0.468	0.66	0.72	0.95	0.648	0.42768
0.554	0.511	0.69	0.95	0.621	0.31733
0.276	0.415	0.57	1.0	0.513	0.21289
				Q=	2.40047



H(m/s)	0	0.45	0.45	0.40	0.40	0.40	0.70	0.70	0.70	0.64	0.50
D(m)	0	0.95	1.90	2.85	3.80	4.75	5.70	6.65	7.60	8.55	9.55

Fuente: Autor

ANEXO 10. Aforo Palace - Punto Siberia 9m

AFORO CUENCA PALACÈ

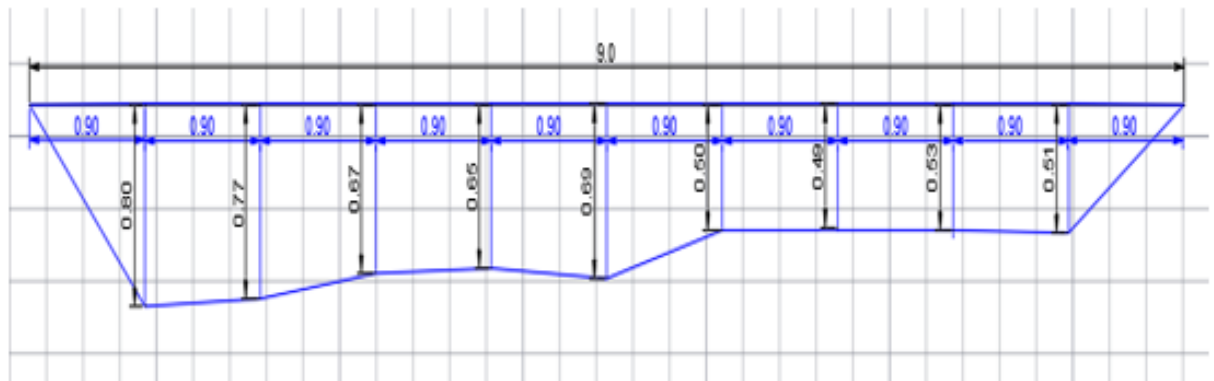
Fecha: 12/01/2019

Punto: Siberia

Ancho: 9 m

punto	Distancia m	Profundidad m	Velocidad m/s		
			Vel 1	Vel2	media
0	0	0			
1	0.9	0.8	0.132	0.105	0.1185
2	1.8	0.77	0.167	0.169	0.168
3	2.7	0.67	0.248	0.276	0.262
4	3.6	0.65	0.311	0.290	0.3005
5	4.5	0.69	0.301	0.298	0.2995
6	5.4	0.50	0.362	0.296	0.329
7	6.3	0.49	0.062	0.043	0.0525
8	7.2	0.53	0.217	0.218	0.2175
9	8.1	0.51	0.096	0.104	0.1
10	9.0	0			0.0665

punto	Velocidad m/s media	Sección			Caudal m ³ /S
		P.M m	A.M m	Área m ²	
	0.1185	0.079	0.8	0.36	0.02844
	0.168	0.1432	0.785	0.9	0.10117
	0.262	0.215	0.72	0.9	0.13932
	0.3005	0.2812	0.66	0.9	0.16703
	0.2995	0.3	0.67	0.9	0.1809
	0.329	0.3142	0.595	0.9	0.16825
	0.0525	0.1907	0.495	0.9	0.08495
	0.2175	0.135	0.51	0.9	0.06196
	0.1	0.1587	0.52	0.9	0.07427
		0.0666	0.51	0.9	0.01528
				Q=	1.02159



H (m)	0	0.8	0.77	0.67	0.65	0.69	0.50	0.49	0.53	0.51	0
D(m)	0	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5	5.4	6.3	7.2	8.1	9

Fuente: Autor

ANEXO 11. Aforo Palace - punto Humedal 5.8 m

AFORO CUENCA PALACÉ.

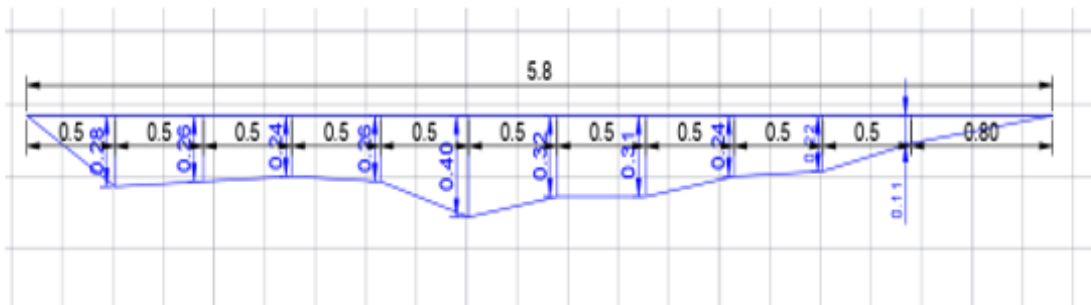
Fecha 12/01/2019

Punto: Humedal

Ancho: 5.8 m

punto	Distancia m	Profundidad m	Velocidad m/s		
			Vel 1	Vel2	media
0	0	0			
1	0.5	0.28	0.324	0.344	0.334
2	1.0	0.26	0.209	0.203	0.206
3	1.5	0.24	0.306	0.339	0.3225
4	2.0	0.26	0.334	0.324	0.329
5	2.5	0.40	0.282	0.275	0.2785
6	3.0	0.32	0.317	0.301	0.309
7	3.5	0.31	0.252	0.247	0.2495
8	4.0	0.24	0.237	0.232	0.2345
9	4.5	0.22	0.183	0.190	0.1865
10	5.0	0.11	0.128	0.094	0.111
11	5.8	0			

Velocidad m/s		Sección			Caudal m ³ /S	
punto	media	P.M m	A.M m	Área m ²		
	0.334	0.2226	0.28	0.5	0.07	0.01558
	0.206	0.27	0.27	0.5	0.135	0.03645
	0.3225	0.26425	0.25	0.5	0.125	0.03303
	0.329	0.32575	0.25	0.5	0.125	0.04071
	0.2785	0.30375	0.33	0.5	0.165	0.05011
	0.309	0.29375	0.36	0.5	0.18	0.05287
	0.2495	0.27925	0.315	0.5	0.1575	0.04398
	0.2345	0.242	0.275	0.5	0.1375	0.03327
	0.1865	0.2105	0.23	0.5	0.115	0.02420
	0.111	0.14875	0.33	0.5	0.165	0.02454
		0.074	0.11	0.8	0.044	0.00325
					Q=	0.35478



H(m)	0	0.28	0.26	0.24	0.26	0.40	0.32	0.31	0.24	0.22	0.11	0
D(m)	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.8

Fuente: Autor

ANEXO 12. Aforo Palace - puente Hatico 9m

AFORO CUENCA PALACÈ

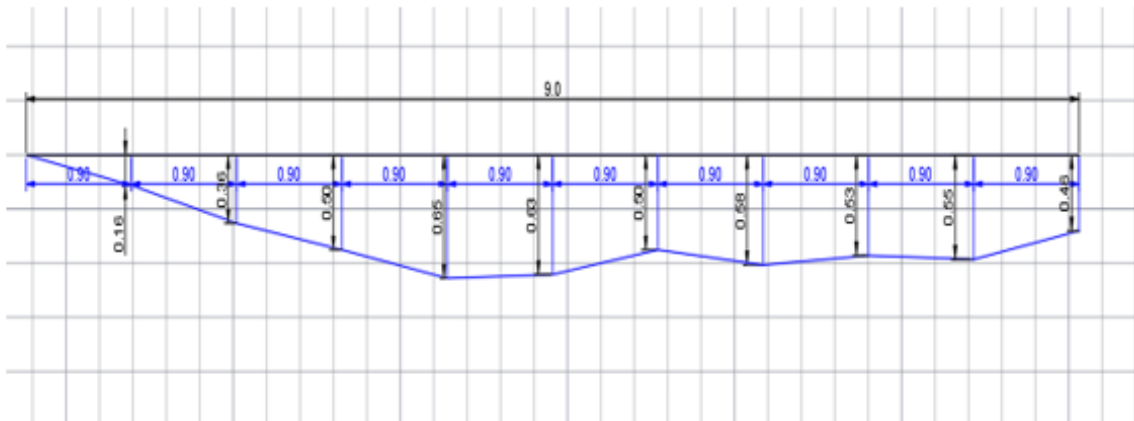
Fecha: 25/01/2019

Punto: Hatico

Ancho: 9 m

punto	Distancia m	Profundidad m	Velocidad m/s		
			Vel 1	Vel2	media
0					
1	0.9	0.16	0.058	0.032	0.045
2	1.8	0.36	0.183	0.163	0.173
3	2.7	0.50	0.560	0.545	0.5525
4	3.6	0.65	1.085	1.078	1.0815
5	4.5	0.63	0.383	0.456	0.4195
6	5.4	0.50	0.367	0.305	0.336
7	6.3	0.58	0.572	0.565	0.5685
8	7.2	0.53	0.308	0.346	0.327
9	8.1	0.55	0.393	0.383	0.388
10	9.0	0.46	0.254	0.240	0.247

punto	Velocidad m/s media	Sección			Caudal m ³ /S
		P.M m	A.M m	Área m ²	
	0.045	0.16	0.9	0.072	0.00216
	0.173	0.26	0.9	0.234	0.02550
	0.5525	0.43	0.9	0.387	0.14038
	1.0815	0.575	0.9	0.5175	0.42240
	0.4195	0.64	0.9	0.576	0.43185
	0.336	0.565	0.9	0.5085	0.19208
	0.5685	0.54	0.9	0.486	0.21979
	0.327	0.555	0.9	0.4995	0.22365
	0.388	0.54	0.9	0.486	0.17374
	0.247	1.01	0.9	0.909	0.28860
				Q=	2.12019



H (m)	0	0.16	0.36	0.50	0.65	0.63	0.50	0.58	0.53	0.55	0.46
D(m)	0	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5	5.4	6.3	7.2	8.1	9

Fuente: Autor

ANEXO 13. Aforo Palace - punto Siberia 9 m
AFORO CUENCA PALACÉ

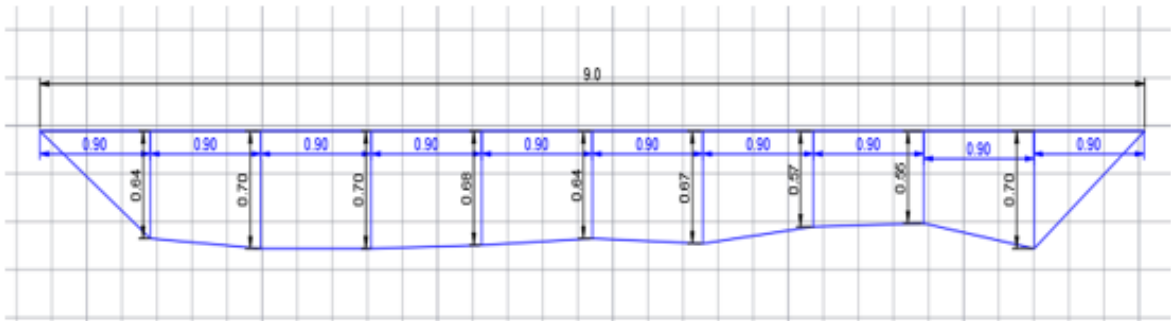
Fecha: 26/01/2019

Punto: Siberia

Ancho: 9 m

punto	Distancia m	Profundida d m	Velocidad m/s		
			Vel 1	Vel2	media
0	0	0			
1	0.9	0.64	0.172	0.094	0.133
2	1.8	0.70	0.151	0.167	0.159
3	2.7	0.70	0.371	0.341	0.356
4	3.6	0.68	0.387	0.346	0.3665
5	4.5	0.64	0.327	0.313	0.32
6	5.4	0.67	0.312	0.254	0.283
7	6.3	0.57	0.298	0.298	0.298
8	7.2	0.55	0.240	0.281	0.2605
9	8.1	0.70	0.252	0.232	0.242
10	9.0	0			

Velocidad m/s		Sección			Caudal m ³ /S
punto	media	P.M m	A.M m	Área m ²	
0.133	0.08866	0.64	0.9	0.288	0.02553
0.159	0.146	0.67	0.9	0.603	0.08803
0.356	0.2575	0.7	0.9	0.63	0.16222
0.3665	0.36125	0.69	0.9	0.621	0.22433
0.32	0.34325	0.66	0.9	0.594	0.20389
0.283	0.3015	0.655	0.9	0.5895	0.17773
0.298	0.2905	0.62	0.9	0.558	0.16209
0.2605	0.27925	0.56	0.9	0.504	0.14074
0.242	0.25125	0.625	0.9	0.5625	0.14132
	0.16133	0.7	0.9	0.315	0.05081
				Q=	1.37674



H (m)	0	0.64	0.70	0.70	0.68	0.64	0.67	0.57	0.55	0.70	0
D(m)	0	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5	5.4	6.3	7.2	8.1	9

Fuente: Autor

ANEXO 14. Aforo Palace Punto Humedal 6m

AFORO CUENCA PALACÈ.

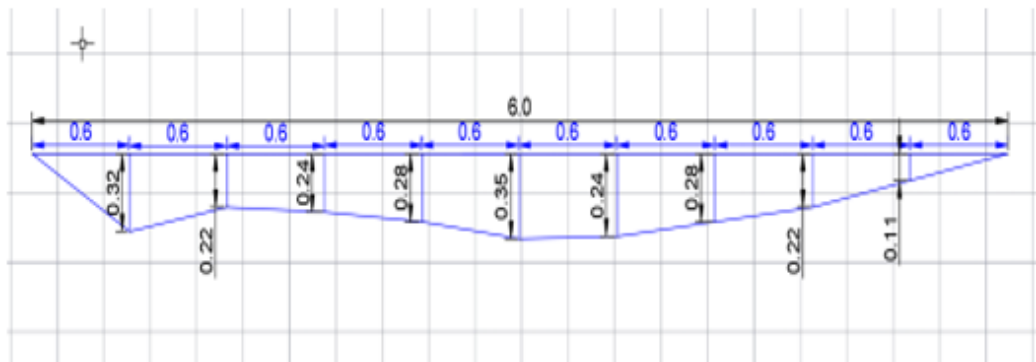
Fecha 26/01/2019

Punto: Humedal

Ancho: 6 m

punto	Distancia m	Profundidad m	Velocidad m/s		
			Vel 1	Vel2	media
0	0	0			
1	0.6	0.32	0.510	0.516	0.513
2	1.2	0.22	0.585	0.568	0.5765
3	1.8	0.24	0.571	0.539	0.555
4	2.4	0.28	0.602	0.578	0.59
5	3.0	0.35	0.514	0.523	0.5185
6	3.6	0.34	0.452	0.442	0.447
7	4.2	0.28	0.388	0.394	0.391
8	4.8	0.22	0.347	0.325	0.336
9	5.4	0.11	0.268	0.256	0.262
10	6.0	0			

Velocidad m/s		Sección			Caudal m^3/S
punto	media	P.M m	A.M m	Área m^2	
0.513	0.342	0.32	0.6	0.096	0.03283
0.5765	0.54475	0.27	0.6	0.162	0.08824
0.555	0.56575	0.23	0.6	0.138	0.07807
0.59	0.5725	0.26	0.6	0.156	0.08931
0.5185	0.55425	0.315	0.6	0.189	0.10475
0.447	0.48275	0.345	0.6	0.207	0.09992
0.391	0.419	0.31	0.6	0.186	0.07793
0.336	0.3635	0.25	0.6	0.15	0.05452
0.262	0.299	0.165	0.6	0.099	0.02960
	0.17466	0.11	0.6	0.033	0.00576
				Q=	0.66097



H(m)	0	0.32	0.22	0.24	0.28	0.35	0.34	0.28	0.22	0.11	0
D(m)	0	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6

Fuente: Autor

ANEXO 15. Aforo Palace - Punto Hatico 9 m

AFORO CUENCA PALACÈ

Fecha: 08/02/2019

Punto: Hatico

Ancho: 9 m

punto	Distancia M	Profundidad m	Velocidad m/s		
			Vel 1	Vel2	media
0					
1	0.9	0.14	0.032	0.032	0.032
2	1.8	0.27	0.115	0.127	0.121
3	2.7	0.50	0.403	0.425	0.414
4	3.6	0.58	0.727	0.743	0.735
5	4.5	0.53	0.814	0.844	0.829
6	5.4	0.60	0.811	0.803	0.807
7	6.3	0.60	0.370	0.369	0.3695
8	7.2	0.33	0.423	0.432	0.4275
9	8.1	0.45	0.509	0.545	0.527
10	9.30	0.49	0.254	0.207	0.2305

Velocidad m/s		Sección			Caudal m ³ /S
punto	media	P.M m	A.M m	Área m ²	
0.032	0.0213	0.14	0.9	0.063	0.00134
0.121	0.0765	0.205	0.9	0.1845	0.01411
0.414	0.2675	0.385	0.9	0.3465	0.09268
0.735	0.5745	0.54	0.9	0.486	0.27920
0.829	0.782	0.555	0.9	0.4995	0.39060
0.807	0.818	0.565	0.9	0.5085	0.41595
0.3695	0.58825	0.6	0.9	0.54	0.31765
0.4275	0.3985	0.465	0.9	0.4185	0.16677
0.527	0.47725	0.39	0.9	0.351	0.16751
0.2305	0.37875	0.47	1.2	0.564	0.21361
				Q=	2.05947

H (m)	0	0.14	0.27	0.50	0.58	0.53	0.60	0.60	0.33	0.45	0.49
D(m)	0	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5	5.4	6.3	7.2	8.1	9.3

Fuente: Autor

ANEXO 16. Aforo Palace - Punto Siberia 9m

AFORO CUENCA PALACÈ

Fecha: 09/02/2019

Punto: Siberia

Ancho: 9 m

punto	Distancia m	Profundidad m	Velocidad m/s		
			Vel 1	Vel2	media
0	0				
1	0.9	0.80	0.215	0.199	0.207
2	1.8	0.80	0.133	0.144	0.1385
3	2.7	0.65	0.222	0.207	0.2145
4	3.6	0.68	0.298	0.302	0.3
5	4.5	0.69	0.303	0.300	0.3015
6	5.4	0.65	0.194	0.183	0.1885
7	6.3	0.50	0.135	0.162	0.1485
8	7.2	0.50	0.197	0.199	0.198
9	8.1	0.53	0.175	0.191	0.183
10	9.0				

Velocidad m/s		Sección			Caudal m ³ /S
punto	media	P.M m	A.M m	Área m ²	
0.207	0.138	0.8	0.9	0.36	0.04968
0.1385	0.17275	0.8	0.9	0.72	0.12438
0.2145	0.1765	0.725	0.9	0.6525	0.11516
0.3	0.25725	0.665	0.9	0.5985	0.15396
0.3015	0.30075	0.685	0.9	0.6165	0.18541
0.1885	0.245	0.67	0.9	0.603	0.14773
0.1485	0.1685	0.575	0.9	0.5175	0.08719
0.198	0.17325	0.5	0.9	0.45	0.07796
0.183	0.1905	0.515	0.9	0.4635	0.08829
	0.122	0.53	0.9	0.2385	0.02909
				Q=	1.05889

H (m)	0	0.80	0.80	0.65	0.68	0.68	0.69	0.50	0.50	0.53	0
D(m)	0	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5	5.4	6.3	7.2	8.1	9

Fuente: Autor

ANEXO 17. Aforo Palace - Punto Humedal 6m

AFORO CUENCA PALACÉ.

Fecha 09/02/2019

Punto: Humedal

Ancho: 6 m

punto	Distancia m	Profundidad m	Velocidad m/s		
			Vel 1	Vel2	media
0	0	0.12	0.379	0.317	0.348
1	0.6	0.30	0.405	0.378	0.3915
2	1.2	0.21	0.556	0.551	0.5535
3	1.8	0.27	0.498	0.485	0.4915
4	2.4	0.36	0.343	0.314	0.3285
5	3.0	0.34	0.385	0.402	0.3935
6	3.6	0.27	0.239	0.279	0.259
7	4.2	0.27	0.179	0.215	0.197
8	4.8	0.15	0.225	0.231	0.228
9	5.4	0.06	0.14	0.15	0.145
10	6.0				

Velocidad m/s		Sección			Caudal m^3/S	
punto	media	P.M m	A.M m	Área m^2		
	0.3915	0.36975	0.018	0.6	0.0108	0.00399
	0.5535	0.4725	0.255	0.6	0.153	0.07229
	0.4915	0.5225	0.24	0.6	0.144	0.07524
	0.3285	0.41	0.315	0.6	0.189	0.07749
	0.3935	0.361	0.35	0.6	0.21	0.07581
	0.259	0.32625	0.305	0.6	0.183	0.05970
	0.197	0.228	0.27	0.6	0.162	0.03693
	0.228	0.2125	0.21	0.6	0.126	0.02677
	0.145	0.1865	0.105	0.6	0.063	0.01174
		0.09666	0.06	0.6	0.018	0.00173
					Q=	0.44172

H(m)	0.12	0.30	0.21	0.27	0.36	0.34	0.27	0.27	0.15	0.06	0
D(m)	0	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6

Fuente: Autor

ANEXO 18. Aforo Palace - Hatico 9m

AFORO CUENCA PALACÈ

Fecha: 21/02/2019

Punto: Hatico

Ancho: 9 m

punto	Distancia M	Profundidad m	Velocidad m/s		
			Vel 1	Vel2	media
0					
1	0.9	0.10	0.125	0.120	0.1225
2	1.8	0.29	0.097	0.098	0.0975
3	2.7	0.35	0.421	0.427	0.424
4	3.6	0.57	0.615	0.627	0.621
5	4.5	0.50	0.575	0.867	0.721
6	5.4	0.60	0.681	0.630	0.6555
7	6.3	0.65	0.477	0.434	0.4555
8	7.2	0.50	0.259	0.270	0.2645
9	8.1	0.50	0.212	0.244	0.228
10	9.0	0.43	0.147	0.158	0.1525

Velocidad m/s		Sección			Caudal m ³ /S
punto	media	P.M m	A.M m	Área m ²	
0.1225	0.08166	0.1	0.9	0.045	0.00367
0.0975	0.11	0.195	0.9	0.1755	0.01930
0.424	0.26075	0.32	0.9	0.288	0.07509
0.621	0.5225	0.46	0.9	0.414	0.21631
0.721	0.671	0.535	0.9	0.4815	0.32308
0.6555	0.68825	0.55	0.9	0.495	0.34068
0.4555	0.5555	0.625	0.9	0.5625	0.31246
0.2645	0.36	0.575	0.9	0.5175	0.1863
0.228	0.24625	0.5	0.9	0.45	0.11081
0.1525	0.19025	0.465	0.9	0.4185	0.07961
				Q=	1.66736

H (m)	0	0.10	0.29	0.35	0.57	0.50	0.60	0.65	0.50	0.50	0.43
D(m)	0	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5	5.4	6.3	7.2	8.1	9.3

Fuente: Autor

ANEXO 19. Aforo Palace - Punto Siberia 9 m

AFORO CUENCA PALACÈ

Fecha: 22/02/2019

Punto: Siberia

Ancho: 9 m

punto	Distancia m	Profundidad m	Velocidad m/s		
			Vel 1	Vel2	media
0	0				
1	0.9	0.73	0.090	0.109	0.0995
2	1.8	0.75	0.154	0.123	0.1385
3	2.7	0.60	0.271	0.242	0.2565
4	3.6	0.63	0.219	0.233	0.226
5	4.5	0.65	0.156	0.161	0.1585
6	5.4	0.53	0.233	0.286	0.2595
7	6.3	0.45	0.184	0.188	0.186
8	7.2	0.43	0.144	0.188	0.166
9	8.1	0.43	0.314	0.304	0.309
10	9.0	0.44	0.051	0.070	0.0605

Velocidad m/s		Sección			Caudal m ³ /s
punto	media	P.M m	A.M m	Área m ²	
0.0995	0.06633	0.73	0.9	0.3285	0.02179
0.1385	0.119	0.74	0.9	0.666	0.07925
0.2565	0.1975	0.675	0.9	0.6075	0.11998
0.226	0.24125	0.615	0.9	0.5535	0.13353
0.1585	0.19225	0.64	0.9	0.576	0.11073
0.2595	0.209	0.59	0.9	0.531	0.11097
0.186	0.22275	0.49	0.9	0.441	0.09823
0.166	0.176	0.44	0.9	0.396	0.06969
0.309	0.2375	0.43	0.9	0.387	0.09191
0.0605	0.18475	0.435	0.9	0.3915	0.07232
				Q=	0.90844

H (m)	0	0.73	0.75	0.60	0.63	0.65	0.53	0.45	0.43	0.43	0.44
D(m)	0	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5	5.4	6.3	7.2	8.1	9

Fuente: Autor

ANEXO 20. Aforo Palace - Punto Palace 5m

AFORO CUENCA PALACÉ.

Fecha 22/02/2019

Punto: Humedal

Ancho: 5 m

punto	Distancia m	Profundidad m	Velocidad m/s		
			Vel 1	Vel2	media
0	0	0.23	0.275	0.268	0.2715
1	0.5	0.20	0.364	0.363	0.3635
2	1.0	0.18	0.470	0.470	0.47
3	1.5	0.20	0.384	0.378	0.381
4	2.0	0.30	0.329	0.313	0.321
5	2.5	0.23	0.265	0.270	0.2675
6	3.0	0.22	0.282	0.272	0.277
7	3.5	0.20	0.272	0.273	0.2725
8	4.0	0.20	0.170	0.174	0.172
9	4.5	0.19	0.185	0.183	0.184
10	5.0				

Velocidad m/s		Sección			Caudal m ³ /s
punto	media	P.M m	A.M m	Área m ²	
0.3635	0.3175	0.215	0.5	0.1075	0.03413
0.47	0.41675	0.19	0.5	0.095	0.03959
0.381	0.4255	0.19	0.5	0.095	0.04042
0.321	0.351	0.25	0.5	0.125	0.04387
0.2675	0.29425	0.265	0.5	0.1325	0.03898
0.277	0.27225	0.225	0.5	0.1125	0.03062
0.2725	0.27475	0.21	0.5	0.105	0.02884
0.172	0.22225	0.2	0.5	0.1	0.02222
0.184	0.178	0.195	0.5	0.0975	0.01735
	0.12266	0.19	0.5	0.0475	0.00582
				Q=	0.30189

H(m)	0.23	0.20	0.18	0.20	0.30	0.23	0.22	0.20	0.20	0.19	0
D(m)	0	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6

Fuente: Autor

ANEXO 21. Reporte de resultados laboratorio



GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR METALES Y PLAGUICIDAS – GICAMP

UNIVERSIDAD DEL VALLE

ANÁLISIS ÁREA DE EXTENSIÓN – PRESTACIÓN DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD

REPORTE DE RESULTADOS

ANÁLISIS SOLICITADO: Extracción y análisis de plaguicidas por GC-MS

MÉTODO: Metodología de muestreo pasivo EVA-Aluminio

No. Cotización: COT-171-18

CLIENTE: ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE POPAYÁN S.A. E.S.P.

FECHA: 29 de Marzo de 2019

ID Muestra	Concentraciones (ng/L)							
	α -BHC	Lindano	Diazinón	Heptacloro	Clorpirifos	Metalaxil-M	Metoxicloro	4,4'-DDE
Hático01-1	137,8	594,7	9581,7	4,2	680,7	<LD	48,9	0,5
Hático01-2	192,1	458,9	11458,6	5,6	590,3	<LD	53,6	0,3
Hático02-1	481,3	150,3	17759,1	2,1	50,5	<LD	17,8	0,7
Hático02-2	625,6	225,6	13568,8	1,8	38,9	<LD	12,1	0,5
Hático03-1	302,9	ND	6180,4	3,2	125,9	ND	ND	<LD
Hático03-2	425,2	ND	4987,3	2,9	100,6	ND	ND	<LD
Siberia01-1	941,7	331,3	14990,6	1,3	444,6	ND	24,1	<LD
Siberia01-2	1170,2	336,9	19489,6	1,9	496	ND	33,2	<LD
Siberia02-1	81,7	170,3	6460,4	1,2	72,7	<LD	128,3	<LD
Siberia02-2	113,9	180,9	7483,9	1,5	95,6	<LD	145,6	<LD
Siberia03-1	451,9	ND	3703,8	1,8	325,6	ND	ND	<LD
Siberia03-2	325,9	ND	4125,9	1,4	421,9	ND	ND	<LD
Humedal01-1	187,8	ND	8992,5	1,5	202,9	<LD	49,9	0,5
Humedal01-2	130,6	ND	8067,5	1,8	225,6	<LD	35,6	0,6
Humedal02-1	792,2	ND	7063,8	4,4	184,6	<LD	33,2	0,7
Humedal02-2	652,3	ND	7156,9	3,8	220,5	<LD	42,9	0,6
Humedal03-1	256,3	ND	7209,8	3,6	128,9	ND	<LD	<LD
Humedal03-2	421,8	ND	6832,1	2,1	198,5	ND	<LD	<LD
Bocatoma01-1	59,9	156,9	14849,6	0,1	14,9	ND	<LD	<LD
Bocatoma01-2	61,9	201,6	1289,6	0,6	12,1	ND	<LD	<LD
Bocatoma02-1	<LD	42,9	4545,1	1,4	11,5	ND	ND	<LD
Bocatoma02-2	<LD	69,2	4879,3	1,5	22,2	ND	ND	<LD
Bocatoma03-1	<LD	<LD	2156,3	ND	12,6	ND	ND	<LD
Bocatoma03-2	<LD	<LD	1689,3	ND	12,2	ND	ND	<LD

Observaciones:

Las muestras fueron codificadas de la siguiente manera:

nombre del punto de muestreo, número de muestreo – número réplica, Ejemplo: Hático01-1, corresponde al punto Hático del muestreo 01, réplica 1

ND: No detectado, LD: Límite de detección.

Límites de detección (ng/L)							
Compuesto							
α -BHC	Lindano (γ -BHC)	Diazinón	Heptacloro	Clorpirifos	Metalaxil-M	Metoxicloro	4,4'-DDE
46,1	32,6	4147,3	1,2	5,8	816,3	5,3	0,5

ANEXO 22. Análisis extracción de plaguicidas por GC-MS



GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR METALES Y PLAGUICIDAS – GICAMP

UNIVERSIDAD DEL VALLE

ANÁLISIS ÁREA DE EXTENSIÓN – PRESTACIÓN DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD

REPORTE DE RESULTADOS

ANÁLISIS SOLICITADO: Extracción y análisis de plaguicidas por GC-MS

MÉTODO: Metodología de muestreo pasivo EVA-Aluminio

No. Cotización: COT-171-18

CLIENTE: ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE POPAYÁN S.A. E.S.P.

FECHA: 24 de Julio de 2019

Observaciones:

Las muestras fueron codificadas de la siguiente manera:

nombre del punto de muestreo, número de muestreo – número réplica, Ejemplo: Hático01-1, corresponde al punto Hático del muestreo 01, réplica 1

ND: No detectado, LD: Limite de detección.

Aprobó:

MARTHA ISABEL PÁEZ MELO

Profesora titular

Departamento de Química

Universidad del Valle

Correo: martha.paez@correounivalle.edu.co

Compuesto	LD (ng/L)	Hático04-1	Hático04-2	Hático05-1	Hático05-2	Hático06-1	Hático06-2	Hático07-1	Hático07-2	Hático08-1	Hático08-2
Profos	800,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Keroxi-metil	320,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Diclorovos	540,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Tebuconazol	330,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Lambda-Cihalotrina	2,0	4,8	5,3	<LD	<LD	6,2	10,3	<LD	<LD	5,3	9,4
Endrin	3,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Paratión	130,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Hexaconazol	110,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
b-BHC	48,1	56,6	59,1	84,5	76,1	<LD	<LD	81,3	83,4	<LD	<LD
Dimetoato	320,4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fenclofos	130,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Endosulfán I	20,4	119,3	106,8	31,5	29,7	100,6	91,6	55,6	53,8	50,8	61,9
Protiofos	140,0	<LD	<LD	ND	ND	ND	ND	<LD	<LD	<LD	<LD
Dieldrin	3,0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
4,4'-DDD	0,1	0,2	0,6	0,2	0,3	<LD	<LD	<LD	<LD	0,5	0,7
Endosulfán II	40,3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
DDT	0,8	9,5	11,5	11,1	10,7	12,1	11,3	8,0	13,8	11,4	10,5
Famfur	100,0	<LD	<LD	ND	ND	<LD	<LD	ND	ND	ND	ND
Aldrin	3,4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Gutión	110,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
O, O, O-Trietil fosforotioato	110,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cimoxanil	110,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Metil-Paratión	3456,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
α-BHC	46,1	51,9	57,7	55,8	59,3	156,9	120,7	178,9	102,5	71,3	56,4
Lindano	32,6	38,5	36,8	86,1	87,1	35,9	38,0	55,1	58,9	85,9	74,2
Diazinón	4147,3	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Heptacloro	1,2	1,4	1,6	3,6	3,0	<LD	<LD	2,3	2,5	2,1	2,4
Clorpirifos	5,8	10,3	11,5	169,7	122,8	56,9	70,9	155,4	128,9	30,8	39,7
Metalaxil-M	816,3	850,3	931,5	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Metoxicloro	5,3	35,4	27,6	92,4	75,8	56,9	50,6	38,7	41,9	13,8	12,0
4,4'-DDE	0,5	1,2	1,6	2,0	2,3	<LD	<LD	0,8	1,2	1,0	0,6

Compuesto	LD (ng/L)	Humedal04-	Humdal04-	Humedal05-	Humedal05-	Humedal06-	Humedal06-	Humedal07-	Humedal07-	Humedal08-	Humedal08-
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Profos	800,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Keroxi-metil	320,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Diclorovos	540,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Tebuconazol	330,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Lambda-Cihalotrina	2,0	6,8	5,6	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Endrín	3,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Paratión	130,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Hexaconazol	110,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
b-BHC	48,1	61,9	55,8	49,2	54,8	<LD	<LD	51,8	55,4,6	61,8	59,4
Dimetoato	320,4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fenclorfos	130,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Endosulfán I	20,4	14,4	16,3	34,6	29,8	15,8	13,6	100,8	124,7	142,1	139,7
Protiofos	140,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Dieldrín	3,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<LD	<LD
4,4'-DDD	0,1	2,5	2,9	2,9	2,1	3,1	2,8	1,0	1,2	1,1	1,3
Endosulfán II	40,3	<LD	<LD	ND	ND	ND	ND	<LD	<LD	<LD	<LD
DDT	0,8	8,3	9,6	23,2	21,8	31,5	29,0	9,5	8,9	11,3	13,4
Famfur	100,0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	ND	ND	ND	ND
Aldrín	3,4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Gutión	110,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
O, O, O-Trietil fosforotioato	110,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cimoxanil	110,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Metil-Paratión	3456,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
α-BHC	46,1	131,5	145,8	107,1	98,5	111,6	115,9	121,6	111,9	61,5	56,4
Lindano	32,6	46,8	49,6	55,4	60,1	98,6	87,4	34,9	30,1	39,6	36,5
Diazinón	4147,3	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Heptacloro	1,2	1,9	1,8	1,7	1,6	<LD	<LD	1,3	1,4	1,9	1,7
Clorpirifos	5,8	69,0	62,1	59,9	65,2	36,4	38,9	62,7	58,2	62,8	61,2
Metalaxil-M	816,3	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Metoxicloro	5,3	39,8	33,5	29,9	28,6	12,5	11,8	63,6	70,1	43,5	55,7
4,4'-DDE	0,5	0,7	0,7	0,9	0,9	0,8	0,7	<LD	<LD	1,0	1,2

Compuesto	LD (ng/L)	Siberia04-1	Siberia04-2	Siberia05-1	Siberia05-2	Siberia06-1	Siberia06-2	Siberia07-1	Siberia07-2	Siberia08-1	Siberia08-2
Profos	800,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Keroxi-metil	320,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Diclorovos	540,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Tebuconazol	330,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Lambda-Cihalotrina	2,0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	5,5	7,3
Endrín	3,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Paratión	130,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Hexaconazol	110,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
b-BHC	48,1	107,4	144,1	58,9	57,9	52,2	43,2	<LD	<LD	107,4	128,9
Dimetoato	320,4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fenclorfos	130	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Endosulfán I	20,4	68,9	65,7	49,4	44,2	<LD	<LD	<LD	<LD	53,4	60,1
Protiofos	140	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Dieldrín	3,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4,4'-DDD	0,1	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Endosulfán II	40,3	5,5	3,9	<LD	<LD	ND	ND	ND	ND	ND	ND
DDT	0,8	31,0	29,1	4,1	5,2	<LD	<LD	10,2	11,9	43,4	44,9
Famfur	100	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Aldrín	3,4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Gutión	110	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
O, O, O-Trietil fosforotioato	110,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cimoxanil	110,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Metil-Paratión	3456,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
α-BHC	46,1	94,5	80,6	119,5	125,8	55,6	60,4	<LD	<LD	110,3	125,9
Lindano	32,6	43,9	46,2	52,8	60,1	70,5	68,3	55,1	48,7	69,8	79,0
Diazinón	4147,3	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Heptacloro	1,2	1,3	1,5	1,9	2,3	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Clorpirifos	5,8	120,4	128,4	36,4	35,8	69,7	72,4	88,2	76,5	120,4	130,4
Metalaxil-M	816,3	<LD	<LD	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<LD	<LD
Metoxicloro	5,3	344,6	393,6	55,6	52,6	88,5	91,3	76,3	67,9	132,3	123,5
4,4'-DDE	0,5	0,7	0,8	0,6	0,8	<LD	<LD	<LD	<LD	0,9	0,9

Compuesto	LD (ng/L)	Bocatoma04	Bocatoma04	Bocatoma05	Bocatoma05	Bocatoma06	Bocatoma06	Bocatoma07	Bocatoma07	Bocatoma08	Bocatoma08
		-1	-2	-1	-2	-1	-2	-1	-2	-1	-2
Profos	800,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Keroxi-metil	320	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Diclorovos	540,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Tebuconazol	330,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Lambda-Cihalotrina	2,0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Endrin	3,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Paratión	130	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Hexaconazol	110	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
b-BHC	48,1	55,6	50,1	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Dimetoato	320,4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fenclorfos	130,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Endosulfán I	20,4	ND	ND	ND	ND	<LD	<LD	<LD	<LD	20,4	28,6
Protiofos	140	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Dieldrin	3,0	ND	ND	ND	ND	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
4,4'-DDD	0,1	ND	ND	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,22	0,3
Endosulfán II	40,3	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
DDT	0,8	ND	ND	ND	ND	<LD	<LD	ND	ND	<LD	<LD
Famfur	100	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Aldrin	3,4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Gutión	110	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
O, O, O-Trietil fosforotioato	110,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cimoxanil	110,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Metil-Paratión	3456,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
α-BHC	46,1	65,1	70,4	<LD	<LD	ND	ND	<LD	<LD	<LD	<LD
Lindano	32,6	<LD	<LD	<LD	<LD	40,1	38,7	33,5	39,4	<LD	<LD
Diazinón	4147,3	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Heptacloro	1,2	<LD	<LD	ND	ND	<LD	<LD	<LD	<LD	1,5	1,8
Clorpirifos	5,8	22,8	30,1	<LD	<LD	<LD	<LD	25,4	28,9	31,6	33,1
Metalaxil-M	816,3	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Metoxiclolo	5,3	10,5	18,4	<LD	<LD	25,6	31,8	11,4	17,4	33,1	27,4
4,4'-DDE	0,5	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD

ANEXO 23. Tabla de parámetros fisicoquímicos

Monitoreo 1							
Parámetros Fisicoquímicos							
N°	Parámetro	unidad	Valor	N°	parámetro	unidad	Valor
1. Humedal	Presión	hpa	17,6	3. Hatico	Presión	hpa	773
	Temperatura	°C	10,7		Temperatura	°C	13,4

2. Siberia	Presión	hpa	718	4. Bocatoma	Presión	hpa	805
	Temperatura	°C	11,2		Temperatura	°C	14,9

Monitoreo 2							
parámetros Fisicoquímicos							
N°	parámetro	unidad	Valor	N°	parámetro	unidad	Valor
	Presión	hpa	716		Presión	hpa	
	Temperatura	°C	11,1		Temperatura	°C	15,5

	Presión	hpa	718		Presión	hpa	
	Temperatura	°C	11,5		Temperatura	°C	15,9

Monitoreo 3							
parámetros Fisicoquímicos							
N°	parámetro	unidad	Valor	N°	parámetro	unidad	Valor
	Presión	hpa	715		Presión	hpa	771
	Temperatura	°C	12,1		Temperatura	°C	15,8

	Presión	hpa			Presión	hpa	804
	Temperatura	°C	15,5		Temperatura	°C	16,1

Monitoreo 4							
parámetros Fisicoquímicos							
N°	parámetro	unidad	Valor	N°	parámetro	unidad	Valor
	Presión	hpa	715		Presión	hpa	776
	Temperatura	°C	12		Temperatura	°C	17

	Parámetro	unidad	Valor		Parámetro	unidad	Valor
	Presión	hpa	716		Presión	hpa	804
	Temperatura	°C	12,7		Temperatura	°C	17,5

ANEXO 24. Cálculos Modelo Matemático Endosulfan 1

Distancias	Flujo masico
0,01	23340,948
13,8	36054,4
25,6	148824
52,01	110250

Distancia	Caudal
0,01	0,35799
13,8	1,2159
25,6	2,12019
52,01	4,5

Concentración	Caudal
65,2	0,35799
29,65	1,216
70,2	2,12
24,5	4,5

Distancia	Flujo masico
0	23378
1	19977,43
2	17251,72
3	15200,87
4	13824,88
5	13123,75
6	13097,48
7	13746,07
8	15069,52
9	17067,83
10	19741
11	23089,03
12	27111,92
13	31809,67
14	37182,28
15	43229,75
16	49952,08
17	57349,27
18	65421,32
19	74168,23
20	83590
21	93686,63
22	104458,12
23	115904,47
24	151160,6
25	149700
26	148239,4
27	146778,8
28	145318,2
29	143857,6
30	142397
31	140936,4
32	139475,8
33	138015,2
34	136554,6
35	135094
36	133633,4
37	132172,8
38	130712,2
39	129251,6
40	127791
41	126330,4
42	124869,8
43	123409,2
44	121948,6
45	120488
46	119027,4
47	117566,8
48	116106,2
49	114645,6
50	113185
51	111724,4
52	110263,8

Distancia	Caudal
0	0,35799
1	0,47219
2	0,58639
3	0,70059
4	0,81479
5	0,92899
6	1,04319
7	1,15739
8	1,27159
9	1,38579
10	1,49999
11	1,61419
12	1,72839
13	1,84259
14	1,95679
15	2,07099
16	2,18519
17	2,29939
18	2,41359
19	2,52779
20	2,64199
21	2,75619
22	2,87039
23	2,98459
24	3,09879
25	3,21299
26	3,32719
27	3,44139
28	3,55559
29	3,66979
30	3,78399
31	3,89819
32	4,01239
33	4,12659
34	4,24079
35	4,35499
36	4,46919
37	4,58339
38	4,69759
39	4,81179
40	4,92599
41	5,04019
42	5,15439
43	5,26859
44	5,38279
45	5,49699
46	5,61119
47	5,72539
48	5,83959
49	5,95379
50	6,06799
51	6,18219
52	6,29639

Distancia	Concentración
0	65303,5001
1	42308,03278
2	29420,21522
3	21697,2409
4	16967,41492
5	14126,90126
6	12555,22005
7	11876,78311
8	11850,92679
9	12316,31777
10	13160,75441
11	14303,78704
12	15686,22822
13	17263,56379
14	19001,6711
15	20873,954
16	22859,37607
17	24941,08003
18	27105,39901
19	29341,13593
20	31639,02967
21	33991,35401
22	36391,61229
23	38834,3022
24	48780,52401
25	46592,11513
26	44553,9329
27	42651,02183
28	40870,34782
29	39200,49921
30	37631,44194
31	36154,31777
32	34761,27694
33	33445,33865
34	32200,27401
35	31020,50751
36	29901,03352
37	28837,34528
38	27825,37429
39	26861,43826
40	25942,19639
41	25064,61066
42	24225,91228
43	23423,57253
44	22655,27728
45	21918,90471
46	21212,50573
47	20534,28675
48	19882,5945
49	19255,90254
50	18652,79936
51	18071,97773
52	17512,22526

ANEXO 25. Modelo matemático Metaxicloro

DISTANCIA	FLUJO MASICO
0,01	13925,811
13,8	173387,34
25,6	94348,455
52,01	9552341,4

DISTANCIA	CAUDAL
0,01	0,35799
13,8	1,2159
25,6	2,12019
52,01	4,5

CONCENTRACION	CAUDAL
38,9	0,35799
142,6	1,2159
44,5	2,12019
17,56	4,5

DISTANCIA	FLUJO MASICO
0	13712
1	227117,37
2	440522,74
3	653928,11
4	867333,48
5	1080738,85
6	1294144,22
7	1507549,59
8	1720954,96
9	1934360,33
10	2147765,7
11	2361171,07
12	2574576,44
13	2787981,81
14	3001387,18
15	3214792,55
16	3428197,92
17	3641603,29
18	3855008,66
19	4068414,03
20	4281819,4
21	4495224,77
22	4708630,14
23	-215,3
24	-114,2
25	-13,1
26	88
27	189,1
28	290,2
29	391,3
30	492,4
31	593,5
32	694,6
33	795,7
34	896,8
35	997,9
36	1099
37	1200,1
38	1301,2
39	1402,3
40	1503,4
41	1604,5
42	1705,6
43	1806,7
44	1907,8
45	2008,9
46	2110
47	2211,1
48	2312,2
49	2413,3
50	2514,4
51	2615,5
52	2716,6

DISTANCIA	CAUDAL
0	0,35799
1	0,43859
2	0,51919
3	0,59979
4	0,68039
5	0,76099
6	0,84159
7	0,92219
8	1,00279
9	1,08339
10	1,16399
11	1,24459
12	1,32519
13	1,40579
14	1,48639
15	1,56699
16	1,64759
17	1,72819
18	1,80879
19	1,88939
20	1,96999
21	2,05059
22	2,13119
23	2,21179
24	2,29239
25	2,37299
26	2,45359
27	2,53419
28	2,61479
29	2,69539
30	2,77599
31	2,85659
32	2,93719
33	3,01779
34	3,09839
35	3,17899
36	3,25959
37	3,34019
38	3,42079
39	3,50139
40	3,58199
41	3,66259
42	3,74319
43	3,82379
44	3,90439
45	3,98499
46	4,06559
47	4,14619
48	4,22679
49	4,30739
50	4,38799
51	4,46859
52	4,54919

DISTANCIA	CONCENTRACION
0	38302,74589
1	517835,2676
2	848480,7874
3	1090261,775
4	1274759,3
5	1420174,838
6	1537737,164
7	1634749,444
8	1716168,854
9	1785469,988
10	1845175,388
11	1897147,711
12	1942797,989
13	1983213,574
14	2019246,079
15	2051571,835
16	2080734,843
17	2107177,619
18	2131263,806
19	2153294,995
20	2173523,419
21	2192161,656
22	2209390,125
23	-97,34197189
24	-49,81700321
25	-5,520461527
26	35,86581295
27	74,61950367
28	110,9840561
29	145,1737967
30	177,3781606
31	207,7652026
32	236,4845311
33	263,6897716
34	289,440645
35	313,9047307
36	337,1589678
37	359,2909385
38	380,3799707
39	400,4980879
40	419,7108311
41	438,0779721
42	455,6541346
43	472,4893365
44	488,6294658
45	504,1168979
46	518,9898637
47	533,2847747
48	547,0345108
49	560,2696761
50	573,0186258
51	585,3076696
52	597,1612529

ANEXO 26. Modelo matematico Clorpirifos

DISTANCIA	FLUJO MASICO
0,01	20656,023
13,8	106877,61
25,6	168979,143
52,01	77355

DISTANCIA	CAUDAL
0,01	0,35799
13,8	1,2159
25,6	2,12019
52,01	4,5

CONCENTRACION	CAUDAL
57,7	0,35799
87,9	1,2159
79,7	2,12019
17,19	4,5

DISTANCIA	FLUJO MASICO
0	13,748
1	18,9013
2	24,0546
3	29,2079
4	34,3612
5	39,5145
6	44,6678
7	49,8211
8	54,9744
9	60,1277
10	65,281
11	70,4343
12	75,5876
13	80,7409
14	85,8942
15	91,0475
16	96,2008
17	101,3541
18	106,5074
19	111,6607
20	116,814
21	121,9673
22	127,1206
23	132,2739
24	137,4272
25	142,5805
26	147,7338
27	152,8871
28	158,0404
29	163,1937
30	168,347
31	173,5003
32	178,6536
33	183,8069
34	188,9602
35	194,1135
36	199,2668
37	204,4201
38	209,5734
39	214,7267
40	219,88
41	225,0333
42	230,1866
43	235,3399
44	240,4932
45	245,6465
46	250,7998
47	255,9531
48	261,1064
49	266,2597
50	271,413
51	276,5663
52	281,7196

DISTANCIA	CAUDAL
0	0,35799
1	0,43859
2	0,51919
3	0,59979
4	0,68039
5	0,76099
6	0,84159
7	0,92219
8	1,00279
9	1,08339
10	1,16399
11	1,24459
12	1,32519
13	1,40579
14	1,48639
15	1,56699
16	1,64759
17	1,72819
18	1,80879
19	1,88939
20	1,96999
21	2,05059
22	2,13119
23	2,21179
24	2,29239
25	2,37299
26	2,45359
27	2,53419
28	2,61479
29	2,69539
30	2,77599
31	2,85659
32	2,93719
33	3,01779
34	3,09839
35	3,17899
36	3,25959
37	3,34019
38	3,42079
39	3,50139
40	3,58199
41	3,66259
42	3,74319
43	3,82379
44	3,90439
45	3,98499
46	4,06559
47	4,14619
48	4,22679
49	4,30739
50	4,38799
51	4,46859
52	4,54919

DISTANCIA	CONCENTRACION
0	38,40330735
1	43,09560181
2	46,33101562
3	48,69687724
4	50,50221197
5	51,92512385
6	53,07548806
7	54,02476713
8	54,82144816
9	55,49958925
10	56,08381515
11	56,59237179
12	57,0390661
13	57,43453859
14	57,78712182
15	58,10343397
16	58,38879818
17	58,64754454
18	58,88323133
19	59,09880967
20	59,2967477
21	389,5352069
22	392,6510541
23	395,5398116
24	398,2254328
25	400,7286166
26	403,0673421
27	405,2573011
28	407,3122507
29	409,2443023
30	411,0641609
31	412,7813232
32	414,4042435
33	415,940473
34	417,396777
35	418,7792349
36	420,0933246
37	421,3439954
38	422,5357301
39	423,6725986
40	424,7583047
41	425,7962262
42	426,7894496
43	427,7408017
44	428,6528754
45	429,528054
46	430,368532
47	431,176333
48	431,9533263
49	432,7012414
50	433,4216805
51	434,1161306
52	434,7859729