

**ESTUDIO DE PRESENCIA DE PLAGUICIDAS USADOS EN FLORICULTIVOS EN
LA MICROCUENCA DE AGUAS CLARAS DEL MUNICIPIO DE EL CARMEN DE
VIBORAL**

Maria Alejandra Roldán Zapata
Autor

Nora Elena Villegas Jiménez
Asesor

Ingeniera Ambiental
Título que se otorga

Informe Final
Trabajo de Grado



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
1803
FACULTAD DE INGENIERÍA

12 Abril



ESTUDIO DE PRESENCIA DE PLAGUICIDAS USADOS EN FLORICULTIVOS EN LA MICROCUENCA DE AGUAS CLARAS DEL MUNICIPIO DE EL CARMEN DE VIBORAL

Resumen

Colombia es el segundo país exportador de flores en el mundo, en el oriente antioqueño esta actividad se ha consolidado como la principal fuente de empleo, donde los pequeños cultivos proliferan aceleradamente. Para cumplir la demanda del mercado es necesario el uso de agroquímicos, los organofosforados son los más usados en el control de plagas y vectores, a pesar del riesgo que implica el uso de estos productos, su manipulación no se realiza bajo supervisión técnica. Con este trabajo se busca identificar trazas en el agua de agroquímicos usados en floricultivos, para ello se hace uso de monitoreo puntual y muestreo pasivo. Se determinó que el muestreo pasivo es más eficiente para la identificación de sub-trazas de agroquímicos organofosforados en comparación con el muestreo puntual, debido a que con esta metodología se identificó la presencia de las sustancias: Diazinon, Malation y Paration, estos son insecticidas organofosforados extremadamente tóxicos para especies acuáticas y aves.

Palabras clave: Muestreo pasivo, insecticidas organofosforados, contaminación del recurso hídrico.

Introducción

Las comunidades son el referente principal para la identificación de problemáticas socioambientales en el territorio, a través de ellas se introducen dinámicas que mejoran la interacción sociedad-ambiente por medio de la apropiación del conocimiento. Gracias al trabajo conjunto entre academia y comunidad se reconocen escenarios que ponen en riesgo tanto la población como la naturaleza; como el desabastecimiento, vulnerabilidad y detrimento de los recursos. El semillero de Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH), de la Escuela Ambiental- Universidad de Antioquia, ha aportado conocimiento a la población de la microcuenca Aguas Claras en el municipio de El Carmen de Viboral por medio de proyectos de investigación relacionados con la gestión del recurso hídrico y estableciendo así un vínculo con la comunidad.

Con este trabajo se busca contribuir a la circulación de conocimientos, en la apropiación de estrategias y conceptos por parte de la comunidad, lo cual como se ha destacado en estudios anteriores en la microcuenca de Aguas Claras, la integración comunidad y academia posibilita la conservación de los recursos naturales. El municipio de El Carmen de Viboral cuenta con una diversidad de pisos térmicos, presenta relieve entre 800-3.000 m.s.n.m., esto posibilita una amplia diversificación en la explotación del suelo; en las zonas de clima frío se tienen cultivos de: flores, fríjol, maíz, papa, tomate de árbol, fresa y hortalizas; en zonas de clima cálido y caliente: Café, yuca, plátano, cacao, guanábana, guayaba, papaya, naranja, borjól, caña de azúcar (Panela) y otros.

Colombia es el segundo país exportador de flores, particularmente el 33% del área total sembrada está en Antioquia, en los municipios de La Ceja, Rionegro y Carmen de Viboral. Se ha identificado que a pesar de las fluctuaciones del mercado, los cultivos de especies ornamentales está en aumento, entre el 2013 y 2016 se han incrementado en 162,8% dentro del corregimiento de Aguas Claras¹ ejemplo de esto se tiene presencia en el Oriente Antioqueño importantes compañías de exportación, por nombrar algunas: Flores Silvestres, Flores La Campiña, Flores Sayonara, Flores

El Trigo, Floramil, Flores La Pradera, Kachalu Flowers, Florcaribe. Dado que las condiciones climáticas favorecen el crecimiento de los cultivos de flores, en los últimos años, en corregimientos como La Chapa, Aguas Claras, Alto grande y La Madera, el cultivo de flores se ha consolidado como la actividad agroindustrial más representativa y la principal fuente de empleo de los habitantes del municipio y alrededores.¹

Según información de la Asociación Colombiana de Exportación de Flores (Asocolflores) la exportación de la especie hortensias va en aumento, hay más de 1.500 hectáreas sembradas de hortensias y el 99% de estos cultivos se ubican en el Oriente Antioqueño; las cifras son muy alentadoras para el gremio, en el 2017 se exportaron 35.543 toneladas de flores 6% más que el año anterior.² Para cumplir con los requisitos del mercado internacional, se tienen áreas de monocultivo donde es necesario generar microclimas en invernaderos, el control de radiación, humedad y temperatura favorece el crecimiento de todos los elementos bióticos que se encuentran en este ambiente, incluso facilita el desarrollo de plagas, representando un serio problema para el bienestar de los cultivos y calidad de las flores; como solución al problema generado por estos vectores los cultivadores realizan aspersiones de agroquímicos constantemente.

Los cambios de usos del suelo han significado un riesgo para los ecosistemas, entendiéndose el uso del suelo como una actividad antropogénica en el que los seres humanos satisfacen sus necesidades.³ Se ha definido el área de estudio por los cambios que las dinámicas económicas han llevado al uso del suelo, para la microcuenca Aguas Claras ha implicado cambios en la vocación del suelo, pasó de ser una zona de fincas dedicadas a la actividad agrícola tradicional a parcelaciones dedicadas a la explotación floricultora. Entre tanto la comunidad es la afectada por el deterioro de los recursos y a su vez la intervención antrópica inadecuada en los ecosistemas es la causa principal de la degradación de estos.

Los servicios ecosistémicos (SE) son la relación directa entre comunidad y naturaleza, es decir, el ser humano obtiene beneficios a partir de la transformación de los recursos naturales que encuentra disponible en cada área del planeta; estas relaciones crean dinámicas económicas y sociales en las regiones, por ejemplo en el Oriente Antioqueño se favorece los cultivos de flores gracias a su variedad climática y condiciones fisicoquímicas del suelo, sin embargo los recursos no son infinitos y las actividades antrópicas van desencadenando el detrimento de los recursos, hasta el punto de afectar su propio beneficio; como se encontró en la microcuenca Aguas Claras, donde el recurso hídrico relacionado con la oferta a la población se define como el SE más usado y el SE más afectado por las actividades económicas en la zona, es el suelo, relacionados con el crecimiento de floricultivos, evidenciando amenazas a la disponibilidad de los recursos y por ende los SE asociados, y con ello dando nacimiento a conflictos socio-ambientales.⁴

¹ Montoya Ocampo, L. M., & Tobón Acosta, G. A. (2016). *La actividad floricultora y sus impactos ambientales: una propuesta para enseñar ciencias naturales y educación ambiental desde problemas ambientales locales*.

² González, X. (2019 Enero 31) *Cultivo de hortensias, un negocio con gran potencial en el Oriente Antioqueño*. *Diario Oriente*. Recuperado de <http://diarioorientes.com/altiplano/cultivo-de-hortensias-un-negocio-con-gran-potencial-en-el-oriente-antioqueño.html>

³ Londoño Soto, A. (2012). *Cambios en el uso del suelo en el Altiplano (Oriente antioqueño-Colombia) en los últimos 25 años*. (Doctoral dissertation, Universidad Internacional de Andalucía).

⁴ Quintero Posada, D. M. (2017). *Impactos de la relación comunidad-recursos naturales, sobre los servicios ecosistémicos que brinda la microcuenca Aguas Claras del municipio El Carmen de Viboral*.

Según el Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) del Municipio, se debe priorizar áreas de interés ambiental, sin embargo más de 70% de la población se encuentra en áreas de protección y conservación. Entre estas áreas se encuentran las microcuencas abastecedoras de acueductos ⁵ pero la microcuenca Aguas Claras que posee dos acueductos veredales experimenta un acelerado uso de los recursos y expansión de floricultivos, los cuales son también usuarios de los acueductos; esta situación destaca la importancia de estudiar el **estado de los recursos** para así implementar estrategias que garanticen una sostenibilidad de la población rural.

Como consecuencia del uso de los recursos y el ritmo de desarrollo de las actividades económicas, se hace más notable el conflicto por el uso de estos; en el estudio de diagnóstico: perfil preliminar de usuarios del agua, para la actividad floricultora en la microcuenca Aguas Claras se reconoce la importancia de un estudio más detallado de los principales componentes activos de los agroquímicos usados en los cultivos, además se encuentra que entre los requerimientos en términos de nutrientes del suelo, las condiciones de riego de los cultivos de hortensias debe ser abundante y para el buen crecimiento de la planta se usa productos químicos para eliminar vectores que representan riesgo para los cultivos, los más usados son los insecticidas organofosforados.⁶

Las consecuencias de las prácticas agrícolas se evidencian en la calidad del agua donde los índices de calidad de agua ICA y de contaminación ICO, permiten evaluar el grado de contaminación de las corrientes superficiales influenciadas por actividades antrópicas.

Los resultados de los estudios anteriores, fueron obtenidos a partir de un trabajo conjunto con la comunidad, y se obtuvieron caracterizaciones de la microcuenca en torno a los SE y su conservación en el ecosistema, como un sistema integral. Entre los resultados principales se destaca la presión de recurso hídrico por la actividad floricultura y la influencia de esta con la calidad de agua, que en términos generales es buena, en algunos puntos se encuentra calidad regular y altas concentraciones de fosforo que inciden en la eutrofización de los cuerpos de agua, debido a la influencia de las actividades agrícolas.⁷

A pesar que los cultivadores conocen el riesgo del uso excesivo de agroquímicos, afirman que son necesarios para garantizar la calidad de la flor,¹ y que las Autoridades Ambientales han reafirmado la problemática de la zona, en vista del aumento de cultivos y uso de agroquímicos, son pocas las publicaciones con resultados concluyentes sobre el daño por presencia de agroquímicos en el agua.

⁵ El Carmen de Viboral (2017). REVISIÓN Y AJUSTE ORDINARIO DE LARGO PLAZO DEL PLAN BÁSICO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL (P.B.O.T.)

⁶ Quiceno Giraldo, L. (2017). Perfil preeliminar de usuarios del agua para la actividad floricultora en la microcuenca Aguas Claras del municipio del Carmen de Viboral.

⁷ Montoya Arenas, L. M. (2017). Mapas de calidad del agua, como una estrategia didáctica hacia el empoderamiento comunitario del recurso hídrico en la microcuenca de la quebrada Aguas Claras del municipio del Carmen de Viboral.

Objetivo general

Estudiar la presencia de plaguicidas provenientes de la actividad floricultora en las fuentes hídricas de la microcuenca Aguas Claras en el Municipio de El Carmen de Viboral.

Objetivos específicos

- Análisis de usos del suelo actual, para identificar suelos dedicados a la floricultura.
- Caracterizar aspectos técnicos de las áreas cultivadas en la microcuenca.
- Analizar en las corrientes de agua la presencia específica de trazas de pesticidas usados en la actividad floricultora.
- Aportar conocimiento a la comunidad de la microcuenca que contribuya a la gestión de los recursos.

Marco Teórico

Los plaguicidas son las sustancias con mayor aplicación en la agricultura lo cuales pueden contaminar los cuerpos de agua de manera directa o indirecta donde se transforman por medio de procesos de biodegradación, fotodegradación o hidrólisis química; estos procesos pueden disminuir la concentración de estas sustancias y sus metabolitos (subproductos); es por ello que los métodos convencionales de análisis no identifican las bajas concentraciones de estas sustancias; las cuales pueden ser tóxicas para diferentes especies, incluso los metabolitos pueden tener mayor toxicidad que los compuestos parentales.⁸

En la producción de flores de exportación, el uso de plaguicidas se hace para garantizar tanto la calidad exigida por el cliente externo, como para el cumplimiento de requisitos fitosanitarios que debe cumplir el producto al ingresar a otro país.⁹ Los productos químicos se clasifican según el tipo de organismo que se desea atacar y por su composición química;¹⁰ Según encuestas de floricultores, los insecticidas son los pesticidas más usados en los cultivos,⁴ estos productos en su mayoría se encuentran en la familia de los organofosforados, y tiene una persistencia en el ambiente hasta por un año dependiendo de las condiciones en que se use; posee poca solubilidad (características hidrofóbicas) por lo que tienden a acumularse en el suelo; en el medio acuático su persistencia puede ser mayor de dos meses lo que significa riesgo toxicológico para la biota acuática.¹⁰

Detectar contaminantes hidrofóbicos en el agua implica procesar elevados volúmenes de agua para determinar los contaminantes que se encuentran a niveles muy bajos de concentración o sub-trazas. Sin embargo múltiples estudios han demostrado que organismos acuáticos tienden a acumular en sus tejidos grasos estas sustancias o residuos de ellas, esta acumulación se da de forma activa por ingesta de alimentos o pasiva por absorción a través de la piel y branquias. A pesar de que las concentraciones de contaminantes hidrofóbicos estén por debajo del límite de detección en el agua, son muy elevadas en los organismos acuáticos.¹¹

⁸ Narváez Valderrama, J. F. (2015) *Dinámica de plaguicidas y algunos productos de degradación en los embalses la Fe y Riogrande II por medio de muestreadores pasivos* (Tesis doctoral Universidad de Antioquia)

⁹ Asocoflores. (2002). *Guía Ambiental para la Floricultura*.

¹⁰ Luzuriaga Vargas, V. A. (2014). *Diseño de procesos de irradiación, para degradar a los pesticidas clorortlonil, metolaclor y clorpirifos, presentes en agua de una florícola, mediante el efecto de la radiación ionizante beta proveniente de un acelerador de electrones*. Quito

¹¹ Esteve Turrillas, F. (2006). *Preparación de muestras para el análisis de plaguicidas mediante microondas y fluidos presurizados* (Doctoral dissertation, Universitat de València)

Generalidades de algunos plaguicidas usados en el área de estudio:

Clorpirifos: El Clorpirifos es un insecticida clorado organofosforado comercializado comúnmente con los nombres de: Dursban, Lorsban, Brodan, Detmol UA, Dowco 179, Empire y áfaga. Es el insecticida de mayor producción y venta en el país. Presenta las siguientes características¹²:

- Su fórmula empírica es: $C_9H_{11}Cl_3NO_3PS$
- se comercializa en estado: sólido cristalino con color blanco y olor a mercaptano, polvo para espolvoreo
- Relación $\log_{10} Kow = 4,5$
- Tiempo de vida media (DT_{50}) en aguas : entre 14 y 49 días

Toxicidad

- Categoría toxica II
- Extremadamente toxico para organismos acuáticos
- Altamente toxico para aves por ingesta o contacto
- Altamente toxico para abejas por contacto o ingesta

Diazinon: Es un insecticida organofosforado, usados para el control de insectos en el suelo, cultivos de plantas ornamentales. Presenta las siguientes características¹³:

- Su fórmula empírica es: $C_{12}H_{21}N_2O_3PS$,
- se comercializa en estado: líquido
- Relación $\log_{10} Kow = 3,69$
- Tiempo de vida media (DT_{50}) en aguas : 4,3 días

Toxicidad

- Categoría toxica II
- Extremadamente toxico para organismos acuáticos
- Extremadamente toxico para aves por ingesta
- Altamente toxico para abejas por contacto o ingesta

Malation: es un insecticida organofosforado sintético de amplio uso en agricultura con actividad por contacto, ingestión e inhalación. Interfiere la transmisión de los impulsos nerviosos por inhibición de la colinesterasa (enzima presente en el sistema nervioso) generando finalmente parálisis. Presenta las siguientes características¹⁴:

- Su fórmula empírica es: $C_{10}H_{19}O_6 PS_2$
- se comercializa en estado: líquido de color ámbar claro y olor aromático ligero.
- Relación $\log_{10} Kow = 2.74$
- Tiempo de vida media (DT_{50}) en aguas : 156 días

Toxicidad

- Extremadamente toxico para organismos acuáticos
- Altamente toxico para abejas por contacto o ingesta
- Moderadamente toxico para aves

¹² Correa Zuluaga, S., Ramos Contreras, C. D., Tangarife Ramírez, J. C., Narváez, J. F., LópezCórdoba, C. A., & Molina Pérez, F. J. (2018). Potencial de lixiviación del Clorpirifos en un Entisol colombiano. Revista EIA, 15(29), 47-58.

¹³ Autoridad Nacional de Licencias Ambientales- ANLA (2012). Por la cual se otorga Licencia ambiental para la actividad de importación del ingrediente activo grado técnico Diazinon, para la formulación local del producto terminado Gusanex, de uso veterinario se toman otras determinaciones.

¹⁴ Autoridad Nacional de Licencias Ambientales- ANLA (2016). Por la cual se emite Dictamen Técnico Ambiental para el producto formulado MALATHION 57% EC ADAMA, a partir del ingrediente activo grado técnico MALATHION."

Paration: es un plaguicida organofosforado prohibido en todas sus formulaciones y usos por ser dañino para la salud humana; animal y el ambiente. Es un potentísimo insecticida y acaricida extremadamente tóxico.

- Su fórmula empírica es: $C_{10}H_{14}NO_5PS$
- Relación $\log_{10} Kow = 3.83$

Actualmente en Colombia no se registra licencia ambiental para productos que contengan como componente activo paration, según información de la base de datos del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) se encuentra cancelado el registro de venta de estos productos.¹⁵

El valor de Kow de una sustancia es una propiedad fisicoquímica que se relaciona con su capacidad de adsorción o su potencial de bioconcentración en tejidos grasos, valores entre 3 y 8 indican afinidad por los tejidos grasos, sustancias con bajos valores de Kow pueden migrar con mayor facilidad desde el punto de aplicación hasta las fuentes hídricas.⁸

Para la detección y cuantificación de plaguicidas a niveles de sub-trazas, existen varias técnicas entre las cuales ha tomado fuerza recientemente el uso del muestreo pasivo, con grandes alcances analíticos para el análisis de impactos crónicos que pueden tener las sustancias sobre organismos acuáticos y la población. Los muestreadores consisten; en una canastilla y soporte para protección de las membranas y membranas que contiene relleno, el cual depende de las características de la sustancia a medir. Al comparar el método de muestreadores pasivos con métodos convencionales, se identifica que, la detección y cuantificación de los plaguicidas en el agua es mil veces más sensible, esta diferencia cobra importancia en la evaluación de la calidad del recurso hídrico.¹⁶

El muestro pasivo es una nueva metodología usada en el monitoreo de productos farmacéuticos, pesticidas y metales pesados en cuerpos de agua, esta metodología ha sido eficiente para identificar las bajas concentraciones de estas sustancias y sus derivados y el comportamiento en el tiempo de estas en los ecosistemas acuáticos. La técnica se basa en flujo libre de moléculas del analito de interés (plaguicidas), por medio de un dispositivo receptor (Membrana), con el que se crea una diferencia entre el potencial químico del analito en los dos medios (agua-lípido), que son el medio ambiente y el receptor. En el muestreo pasivo los dispositivos de membranas semipermeables (SPMD) son los más utilizados.¹⁷

Este muestreo está diseñado para muestras de lípidos o grasas (sustancias hidrofóbicas), compuestos orgánicos volátiles en agua o aire. SPMD proporciona una ponderación de la concentración de productos químicos en la muestra al final del despliegue, que puede ser por días o meses, depende de las características de los compuestos que se desea analizar. Entre las ventajas de esta técnica se destaca que no se requiere energía ni supervisión durante su uso.¹⁸

¹⁵ ICA. (2018) REGISTROS DE VENTA DE PLAGUICIDAS QUIMICOS DE USO AGRICOLA

¹⁶ Narváez Valderrama, J. F., & Molina Perez, F. J. (2012). Los muestreadores pasivos: una alternativa metodológica en el monitoreo de plaguicidas en ambientes acuáticos a niveles de sub-trazas. *Revista Politécnica*, 53-62.

¹⁷ Narváez Valderrama, J. F., López C.A & Molina Perez, F. J. (2013). Passive sampling in the study of dynamic and environmental impact of pesticides in water. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (68), 147-159.

¹⁸ USGS, (2004) Semipermeable Membrane Device (SPMD) Columbia Environmental Research Center

Las membranas SPMDs, están fabricadas en polietileno un polímero simple de baja densidad, de 91.4 cm de largo x 2.5 cm de ancho, es su interior contiene 1 mL de trioleína, este es un lípido de alto peso molecular, que simula el tejido grasoso de los organismos. A través de la membrana fluyen los químicos no polares y se acumulan en la trioleína como se esquematiza en la Figura 1. b. La materia orgánica, microorganismos y demás compuestos son excluidos.

Para la recuperación de las sustancias químicas acumuladas (analitos) se realiza una diálisis para extraer los compuestos de la muestra, por medio de un solvente orgánico como hexano¹⁸ según el método de la EPA 3620 se hace la limpieza de la muestra y los analitos.

El dispositivo de instalación para cada punto consta de una canastilla con tres soportes para las membranas, se debe garantizar que el dispositivo permanezca totalmente sumergido en el cuerpo de agua. Como se muestra e la figura 1. a

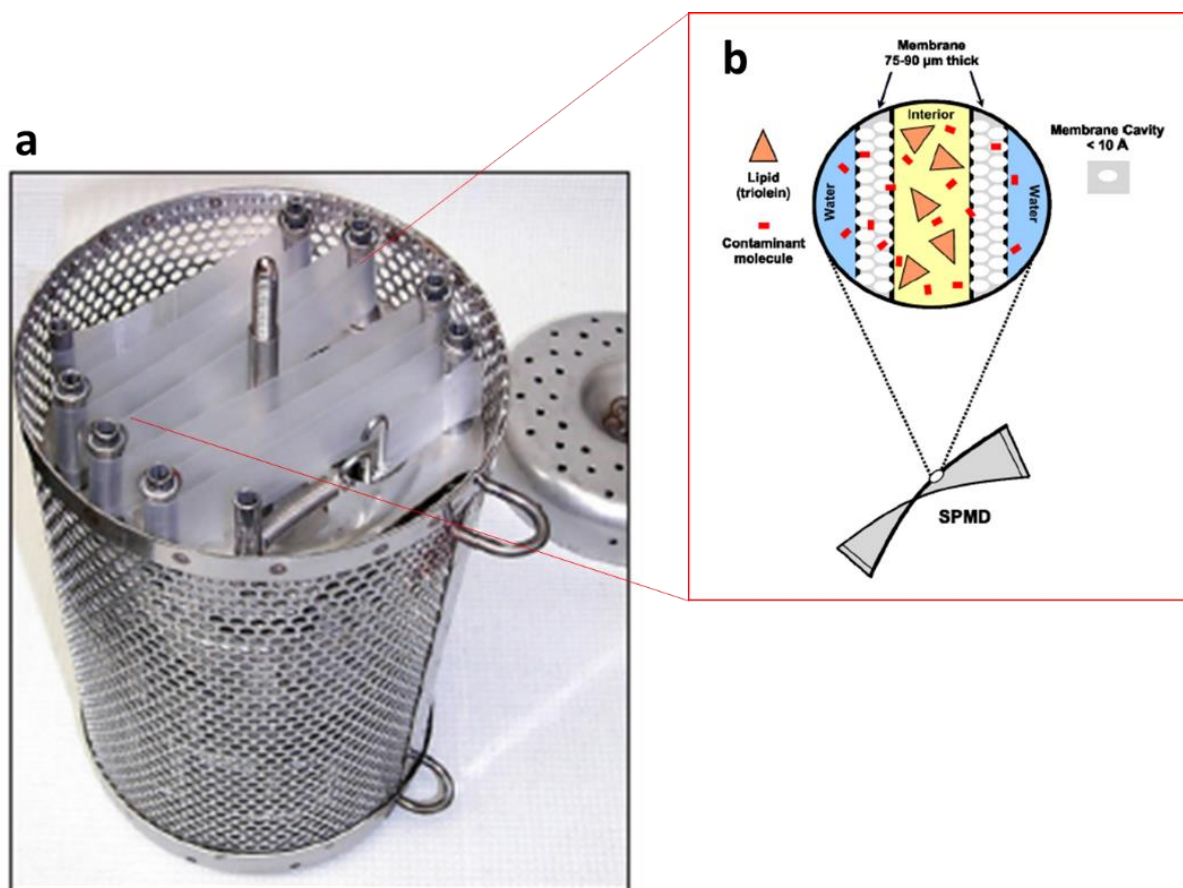


Figura 1. Dispositivo de montaje de muestra pasivo a) Canastilla en acero inoxidable con elementos de ensamble para membrana. b) Mecanismo de adherencia de sustancia de interés (analito) s en trioleína.

84

Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas: Es la técnica más usada en la identificación y cuantificación de una mezcla, es la técnica analítica instrumental más útil y completa que existe hoy en día, al ser rápida, universal y específica, presentando una excelente capacidad de identificación y cuantificación. Esta técnica también proporciona información estructural de moléculas orgánicas, que nos ayuda a su correcta identificación. La cromatografía de gases se encarga de la separación de la muestras y la espectrometría de masas proporciona información tanto cualitativa como cuantitativa de cada analito, esté separado o no de los otros componentes de la matriz de la muestra. ^{11 19}

Metodología

Caracterización área de estudio

El Carmen de Viboral hace parte de los Municipio más ricos en recurso hídrico, de los cuales depende importantes actividades económicas del País, como la producción agrícola, generación de energía; cuenta con importantes cuencas hidrográficas, entre ellas Aguas Claras a la que perteneces cuatro veredas, La Milagrosa, El Cerro y áreas de Aguas Claras y La Sonadora. La temperatura promedio de la cuenca oscila entre 8 y 13 °C y una precipitación media entre 2.147 y 2.442 mm. ²⁰

Se realizó una revisión de estudios que caracteriza la actividad floricultura en la microcuenca, teniendo en cuenta aspectos como, tamaño de predios, especies cultivadas, prácticas ambientales y de producción, complementado con recorridos de campo. Adicionalmente se revisaron estudios de diagnóstico, PBOT del municipio para determinar los posibles cambios de vocación de suelo en el área de estudio, donde se puede determinar las causas de la degradación de los recursos.

Muestreo

Se seleccionaron corrientes de la microcuenca Aguas Claras que posiblemente están afectadas de manera directa por la actividad floricultura, en las cuales se ubicaron 2 puntos para la instalación del muestreador pasivo. Para definir estos puntos se ubican donde se pueda cubrir el mayor número posibles de cultivos. Teniendo en cuenta los trabajos previos realizados por el semillero se toman dos puntos de monitoreo realizados en la parte alta de la cuenca donde aún no se tiene presencia de cultivos, de esta forma se asegura que el resultado de las mediciones corresponde a la actividad floricultura.

En las campañas de instalación de los dispositivos de muestreo pasivo, se realizó mediciones de características físicas de la corriente como; conductividad, pH, Oxígeno disuelto y temperatura. Adema de tomas de muestra puntuales para posterior análisis en laboratorio de barrido de plaguicidas y metabolitos. De esta forma se podrá hacer una comparación entre el muestreo pasivo y el muestreo puntual.

Se tomaron muestras puntuales de los dos puntos seleccionados, las cuales se analizaron en el laboratorio certificado de Aguas de la Autoridad Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare (Cornare). El parámetro a medir es Barrido de plaguicidas y metabolitos por medio de la técnica de análisis cromatografía gaseosa con espectrometría de masas, con el método de referencia EPA 507-525.2-614-622-632.1-8140.

Las muestras obtenidas por los dispositivos de muestreo pasivo se analizaron en el Laboratorio Grupo de Investigación en Gestión y Modelación Ambiental – GAIA por medio de la técnica de análisis cromatografía gaseosa con espectrometría de

¹⁹ Stashenko, E. E., & Martínez, J. R. (2010). Algunos aspectos prácticos para la identificación de analitos por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas. *Scientia Chromatographica*, 2(1), 29-47.

²⁰ CORNARE, G. D. A. (2012). Evaluación y zonificación de riesgos por avenida torrencial, inundación y movimiento en masa y dimensionamiento de procesos erosivos en el municipio de San Roque. *Divegráficas, San Francisco*.

masas, para este proceso previamente se realizó limpieza y extracción del analito de las membranas SPMD, como se describe en la Fig. 2; el proceso se realizó para cada punto, en cada canastilla se instaló 3 membranas más el blanco, para un total de 10 membranas.

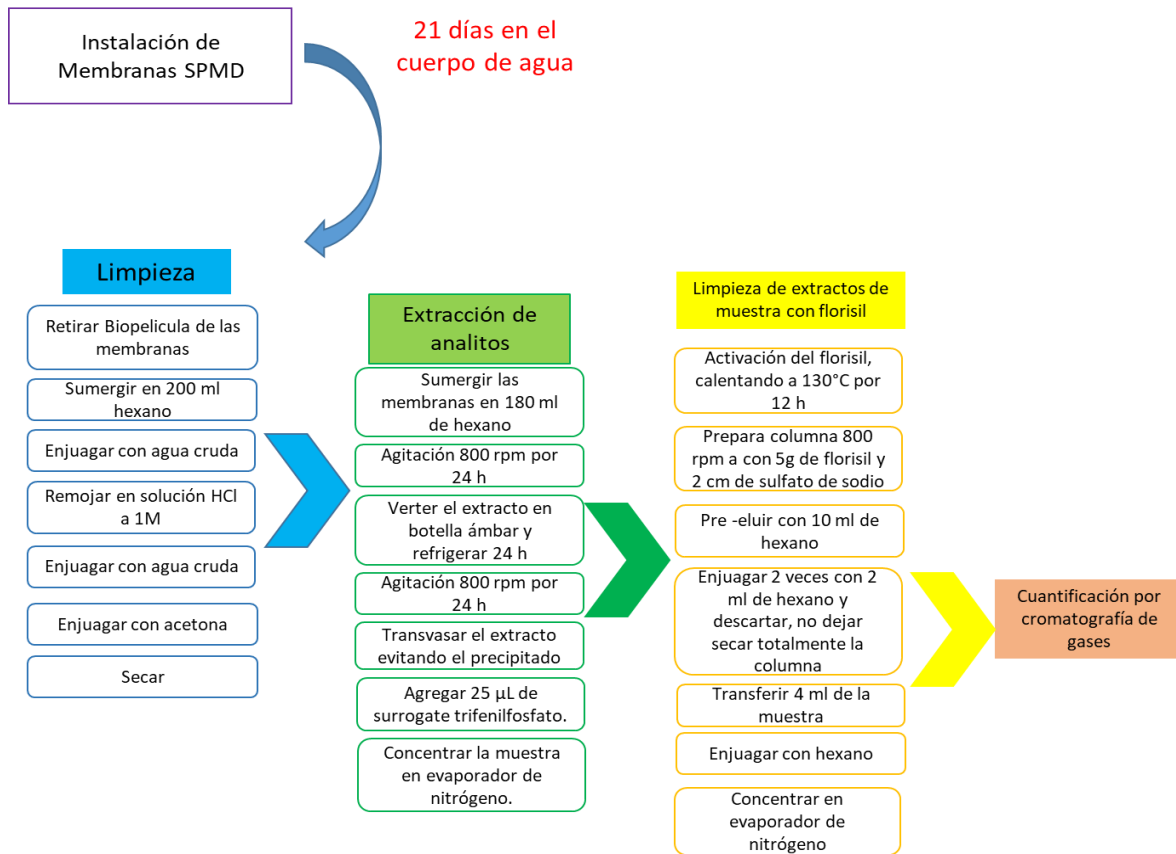


Figura 2. Metodología aplicada en el tratamiento de la muestra, de acuerdo con método EPA 3620C. Realizado en el Laboratorio GAIA.

Resultados y análisis

En la Tabla 1. Se describen los principales riesgos asociados a las actividades agrícolas en el Oriente Antioqueño, estos son el resultado de un estudio de diagnóstico realizado por la Gobernación de Antioquia y Cornare ²¹ Considerando los altos riesgos presentados por la actividad agrícola se hace una validación en la microcuenca Aguas Claras por medio del análisis de las sustancias presente en el recurso hídrico

²¹ Loaiza, C. A. (2005). Lineamientos de política sobre el uso y manejo mesurado de plaguicidas en el sector agropecuario del departamento de Antioquia. Medellín: CEIBA, CORNARE y DAMA-ANTIOQUIA

Tabla 1. Síntesis de riesgos asociados a actividades agrícolas en el Oriente Antioqueño. Rojo: Alto, Amarillo: Medio, Azul: Bajo.

Factores de Riesgo	Región Oriente Antioqueño
<i>Deficiencias en protección personal del aplicador de plaguicidas</i>	Alto (Rojo)
<i>Hábitos riesgosos en el aplicador de plaguicidas</i>	Medio (Amarillo)
<i>Niños y mujeres involucrados en labores de aspersión.</i>	Alto (Rojo)
<i>Deficiencias en equipos de aplicación</i>	Medio (Amarillo)
<i>Horas de aplicación y jornadas en esta actividad.</i>	Bajo (Azul)
Recursos en Riesgo	
<i>Agua: Superficial y Subterráneas</i>	Alto (Rojo)
<i>Suelo</i>	Alto (Rojo)
Problemas asociados al uso de plaguicidas	
<i>Dosis Altas</i>	Alto (Rojo)
<i>Uso de plaguicidas categoría toxicológica I y II.</i>	Medio (Amarillo)
<i>Mezclas de plaguicidas sin criterios técnicos</i>	Alto (Rojo)
<i>Deficiente almacenamiento de los plaguicidas</i>	Medio (Amarillo)

En encuentros y talleres con la comunidad de Aguas Claras los cultivadores confirman las estimaciones generales de la región; en el sentido de que no son rigurosos con el manejo de las sustancias que utilizan en los cultivos. Como se también se evidencia en las siguientes estadísticas Figura 3 realizadas por Epm y Cornare en un diagnóstico exploratorio sobre el uso y manejo de plaguicidas en el Oriente Antioqueño En este estudio hicieron parte algunos cultivadores de la microcuenca Aguas Claras.²²

²² Epm, Cornare, (2015) «DIAGNÓSTICO EXPLORATORIO SOBRE USO Y MANEJO DE PLAGUICIDAS EN LA REGIÓN DEL ORIENTE ANTIOQUEÑO,» Santuario.

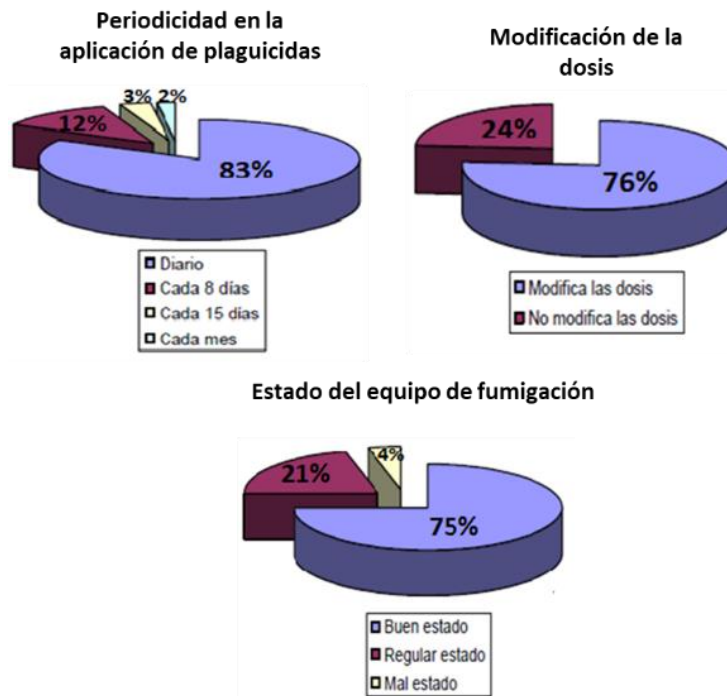


Figura 3. Estadísticas de diagnóstico en el uso de plaguicidas.²²

En la Figura 4 se presenta la zona de estudio con su respectiva ubicación, en el cual se evidencia los cultivos en la microcuenca Aguas Claras, esta identificación se realizó por medio del procesamiento de imágenes satelitales y posterior verificación con recorridos en campo; en los cuales se identifica que en su mayoría son pequeños cultivos de hortensias. Estos cultivos se concentran en la parte media y baja de la microcuenca, sobre la quebrada Aguas Claras Norte se encuentran mayor densidad de cultivos y el más grande de estos que corresponde a la Cultivos El Trigal, una compañía exportadora de diversas variedades de flores, entre ellas hortensias.

Los puntos de monitoreo E 7 y E 13, corresponden a la parte alta de la cuenca cerca de los acueductos veredales; los puntos E 3 y E 12 son los puntos de muestreo de la parte baja de la cuenca.

La elección de los puntos de monitoreo pasivo se determinaron con el objetivo de identificar los plaguicidas usados en la actividad floricultora y consecuentemente los efectos de estas sustancias en el ecosistema acuático.

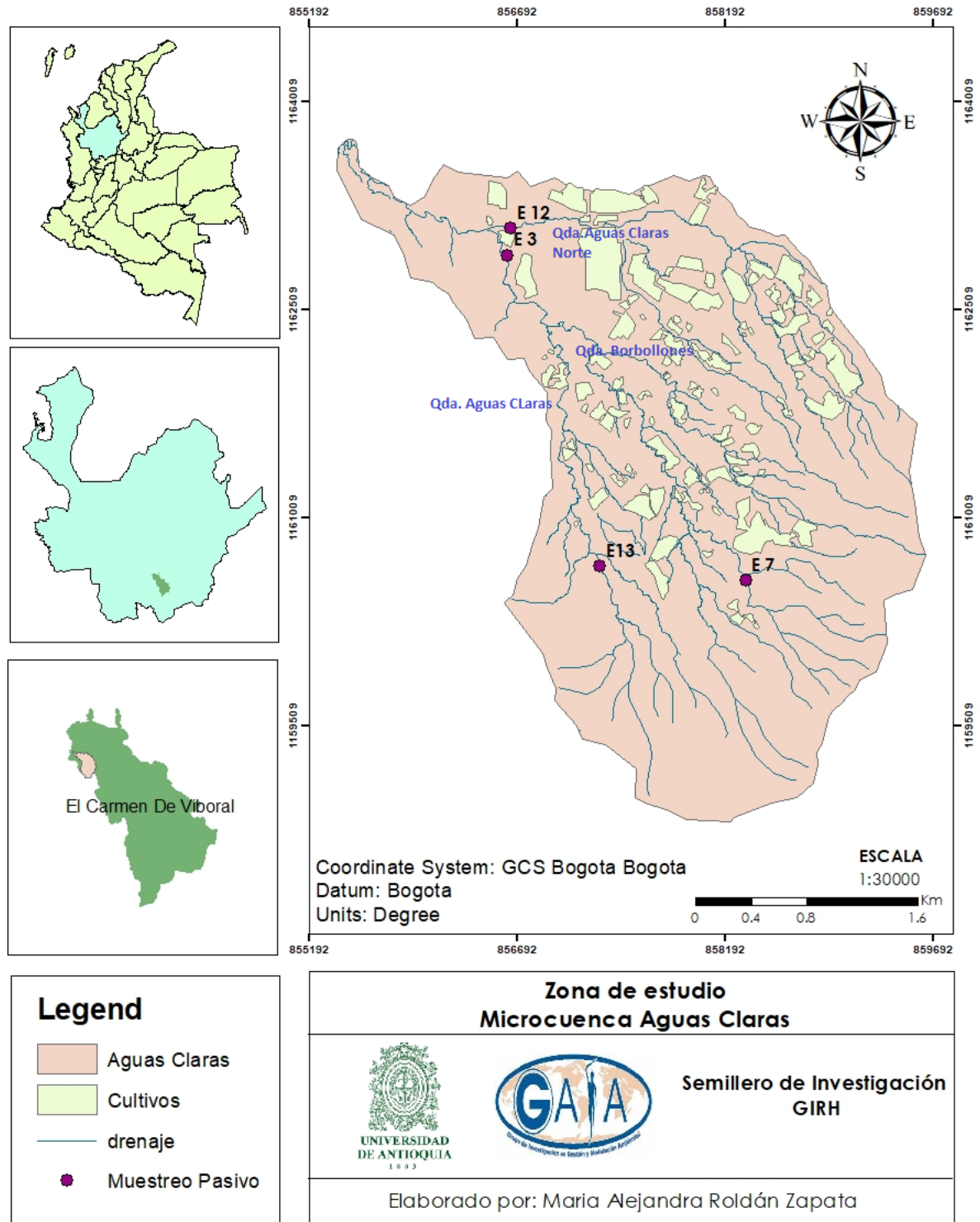






Figura 4. Mapa de área de estudio y puntos de muestreo pasivo.

Tabla 2 Descripción de puntos de monitoreo.

Punto	Coordenadas	Descripción	Registro fotográfico
E 7	75°21'25,45" N 6°2'49,06" W	Cuerpo de agua incoloro, inodoro, vegetación en ambas márgenes. Aguas abajo del punto de monitoreo se encuentra captación del Acueducto Cerro Samaria, Q. La Floresta	
E 13	75°21'58,84" N 6°2'50,18" W	Cuerpo de agua incoloro, inodoro, con vegetación abundante. Captación del Acueducto Aguas Claras, Q. Los Talados	
E 3	6°04'07.7" N 75°22'23.7" W	En este punto se obtiene información de los cultivos cercanos a la quebrada Borbollones y quebrada Aguas Claras. En la margen derecha de la corriente se visualizan cultivos de flores, en la margen izquierda se tiene vegetación; el lecho posee arenas y grava.	
E 12	6°04'11.4" N 75°22'20.1" W	En este punto se analizan los cultivos ubicados cerca de la quebrada Aguas Claras Norte. La canastilla se ubica antes de la que la corriente pase por flores el Trigal. Alrededor se observa vegetación y el lecho es arcilloso	

Con el análisis de imágenes satelitales se identificó un total de 106 cultivos, donde el 68% de los cultivos son menores a una hectárea, como se muestra en la figura 5. Los cultivadores pequeños venden sus flores a empresas más grandes. Por lo anterior es más difícil hacer un riguroso seguimiento al uso de agroquímicos.

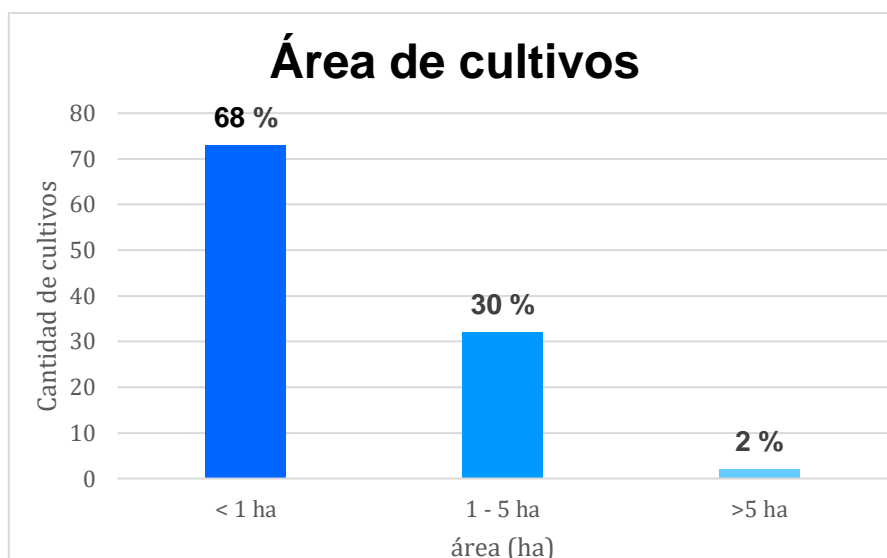


Figura 5. Clasificación de cultivos de la microcuenca Aguas Claras por tamaño de predios.

Los resultados de las muestras puntuales mostradas en las figuras 6 y 7 indican que no se detectó compuestos organofosforados, organoclorados ni carbamatos, lo que significa que no se encontró presencia de plaguicidas en la corriente de estudio en los dos puntos de muestreo.

Las muestras puntuales permiten determinar ciertas sustancias presentes en una corriente en un punto determinado, momentáneamente, es decir, es una “fotografía” de un momento de esa corriente, pero no determina el estado continuo del cuerpo de agua. Además con este tipo de muestras generalmente no se identifican trazas o concentraciones bajas de compuestos.



Laboratorio de Análisis de Aguas Informe de resultados Identificación de la muestra

Informe número:	2018-12-3040	Código interno Laboratorio:	3040
Municipio:	El Carmen de Viboral	Vereda:	Aguas Claras
Procedencia:	No reportada	Clase de muestra:	Natural
Sitio de recolección:	E3 (Código dado por el cliente: E3 Borbollones)	Nombre de la fuente:	Quebrada Borbollones
Fecha del muestreo:	05/12/2018	Hora de muestreo:	10:00 am
Fecha recepción:	05/12/2018	Hora recepción:	1:09 pm

Análisis compuestos orgánicos Resultados

Compuesto	Concentración	Método de referencia	Fecha de Análisis
Barrido de plaguicidas	*	EPA 507-525.2-614-622-632.1-8140	03/01/2019

Observaciones

Los resultados reportados corresponden únicamente a la muestra analizada.

*La muestra analizada no evidenció presencia de compuestos Organoclorados, Organofosforados ni carbamatos

Figura 6 Informe de resultados punto E 3 entregado por el Laboratorio de análisis de Agua de Cornare.



Laboratorio de Análisis de Aguas

Informe de resultados

Identificación de la muestra

Informe número:	2018-12-3042	Código interno Laboratorio:	3042
Municipio:	El Carmen de Viboral	Vereda:	Aguas Claras
Procedencia:	No reportada	Clase de muestra:	Natural
Sitio de recolección:	E12 (Código dado por el cliente: E12)	Nombre de la fuente:	Quebrada Borbollones
Fecha del muestreo:	05/12/2018	Hora de muestreo:	10:00 am
Fecha recepción:	05/12/2018	Hora recepción:	1:09 pm

Análisis compuestos orgánicos

Resultados

Compuesto	Concentración	Método de referencia	Fecha de Análisis
Barrido de plaguicidas	*	EPA 507-525.2-614-622-632.1-8140	03/01/2019

Observaciones

Los resultados reportados corresponden únicamente a la muestra analizada.

*La muestra analizada no evidenció presencia de compuestos Organoclorados, Organofosforados ni carbamatos

Figura 7 Informe de resultados punto E 12 entregado por el Laboratorio de análisis de Agua de Cornare.

Los resultados de los analitos obtenidos a partir de las membranas SPMD se determinan por:

- Los resultados que arroja el cromatógrafo son los radios de respuesta de cada sustancia encontrada. Para conocer la masa o concentración de los analitos presentes en la muestra se debe hacer una calibración del método.
- Con el estándar interno, trifenilfosfato se construye la curva de calibración usando concentraciones estándar de 25, 50, 100, 200, 250 (ppb) de trifenilfosfato y los picos de respuesta del cromatógrafo (radio de respuesta del estándar).
- Para cada sustancia identificada se determina la curva de calibración con su respectiva ecuación con la que se obtendrá la concentración de la muestra. En la figura 8 se observan las curvas de calibración y función para cada sustancia, la aproximación es muy acertada dado que se obtuvieron ajustes lineales (r) aproximado a 1.

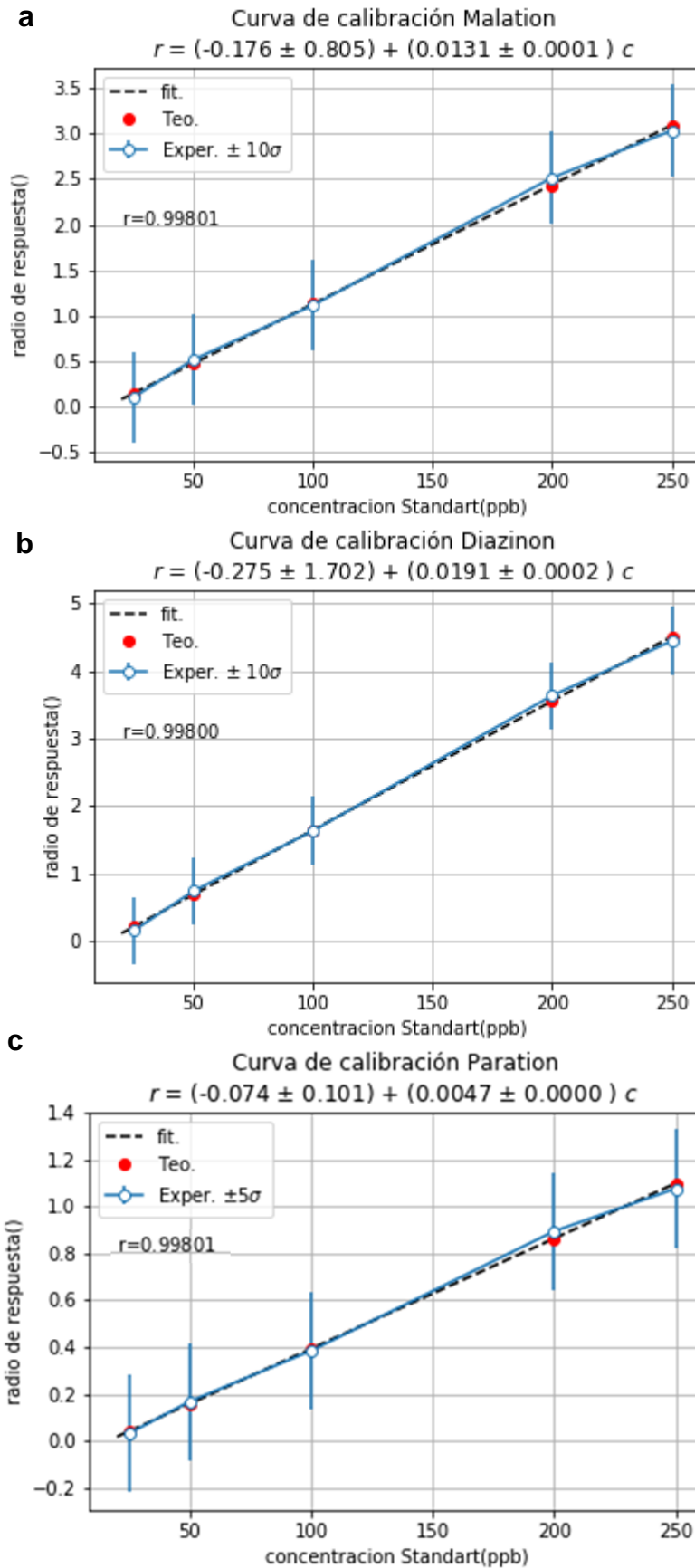




Figura 8. Curvas de calibración, función correspondiente según el ajuste (línea punteada. Fit) para los compuestos detectados por cromatografía de gases. a. Diazinon, b. Malathion c. Paration.

A partir de las curvas de calibración se obtiene la concentración de cada compuesto en la muestra, para el Diazinon se encontraron concentraciones dentro los límites de

detección, para le Malathion y Paration se encontró por debajo de los límites de detección, sin embargo si fue cuantificable su concentración, es decir estos compuestos están presentes en el cuerpo de agua pero a niveles de trazas inferiores a la sensibilidad del detector. Para el Clorpirifos aunque se conoce que es usado en la microcuenca no fue detectado en la muestra.

En la figura 9. Se presenta los resultados de las muestras obtenidas en el monitoreo realizado en la parte alta de cuenca por medio del muestreo pasivo; donde se evidencia que; en los puntos (E 7 y E 13) parte alta de la cuenca no se detectaron trazas de sustancias químicas relacionados con los plaguicidas, como si se encontró en la parte baja (E 3 y E 12), en tanto se puede relacionar las sustancias encontradas como consecuencia de la actividad floricultora presente en la zona.

 UNIVERSIDAD DE ANTOQUIA 1997	GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN GESTIÓN Y MODELACIÓN AMBIENTAL GAIA		
	INFORME DE RESULTADOS		
Código: F-EA-006	Versión: 02	Fecha de aprobación: 26/11/2015	Página 1 de 2

Código: I-FQ-0009-17

INFORMACIÓN DEL CLIENTE					
Nombre: Mayra A. Gómez	NIT/Cédula de ciudadanía: 1096208017	Teléfono : 3104834659	Fax : N.R		
Empresa/Institución: U de A	Dirección : Carrera 53 # 61 - 30	Correo electrónico: Mayra.agomez@udea.edu.co			
DATOS DE LA (S) MUESTRA (S) RECIBIDAS					
Fecha de recepción y hora de recepción: 06 de junio de 2017, 15:15					
Fecha de reporte: 19 de junio de 2017.					
Muestreado por: Michael Gómez.					
Lugar de muestreo: Carmen de Viboral.					
Fecha y hora de muestreo: 06 de junio de 2017, 10:30					
RESULTADOS DE LABORATORIO					
Matriz de muestra : Agua					
Código externo	Código Interno	Parámetro	Unidades	Concentración	Fecha de análisis
Cerro. Acueducto el cerro samaria_ bocatoma borbollón 1	FQ-0216-17	Diazinón,	µg/L	NC.	27/06/2017
		Paratión Etil	µg/L	NC.	27/06/2017
		Malatión	µg/L	NC.	27/06/2017
		Clorpirifos	µg/L	NC.	27/06/2017
Aguas claras. Acueducto aguas claras_ bocatoma los talados	FQ-0217-17	Diazinón,	µg/L	NC.	27/06/2017
		Paratión Etil	µg/L	NC.	27/06/2017
		Malatión	µg/L	NC.	27/06/2017
		Clorpirifos	µg/L	NC.	27/06/2017

Método analítico:
EPA 3510C extracción líquido-líquido matriz agua. EPA 8141B Cromatografía de gases.

Límite de Cuantificación Instrumental:
 Malatión: 0,25 µg/L
 Diazinón: 0,25 µg/L
 Etil Paratión: 0,25 µg/L
 Clorpirifos: 0,25 µg/L

Observaciones:

Figura 9. Resultados de laboratorio del análisis de analitos extraídos de membranas (SPMD) en los puntos E 7 y E 13 ubicados en los acueductos veredales de la microcuenca.

Tabla 3. Resultados obtenidos a partir de analitos extraídos de membranas SPMD

Compuesto	Concentración (ppb)				Rango de respuesta (ppb)	
	Parte alta		Parte baja		Min	Max
	E 7	E 13	E 3	E 12		
Diazinon	*	*	102.51	72.46	21.997	246.593
Malathion	*	*	14.83	14.08	21.604	245.445
Paration	*	*	20.19	17.55	23.020	245.322
Clorpirifos	*	*	*	*		

* La muestra analizada no evidencio presencia del compuesto.

Las características físicas en los puntos de muestreo se presentan en la tabla 4, estas condiciones inciden en el tiempo de degradación de los contaminantes, según las condiciones del cuerpo de agua en estudio, el tiempo de vida media promedio para compuestos organofosforados oscila entre 1 a 5 meses.

Las aguas naturales presentan un 6,5 a 7,5, un pH neutro, para la corriente de estudio se encontraron pH por encima de este rango, son características de aguas básicas, esta condición puede ocurrir como consecuencia de la aplicación oxido de calcio (CaO) comúnmente llamado 'Cal' al suelo, una técnica frecuente en terrenos dedicados a los cultivos para una recuperación más rápida del suelo.

Tabla 4. Variables medidas el 5 de diciembre en la instalación de las canastillas SPMD

Punto	pH	Variables in situ		
		Conductividad (μS/cm)	OD disuelto (mg/L - O ₂)	T (°C)
E 7	7.67	23.5	6.99	17.4
E 13	6.8	13.8	7	16.7
E 3	9.01	46.4	7.15	16.1
E 12	8.4	63.6	6.69	17.2

Conclusiones

- Las técnicas de muestreo pasivo permiten identificar trazas de sustancias que no son identificables en los métodos convencionales (muestras puntuales), por lo que incluir estas técnicas en el diagnóstico de la calidad de agua en microcuencas que presentan alto riesgo de contaminación o alta demanda del recurso hídrico, proporciona herramientas para una mejor gestión del recurso natural.
- Se evidencia el efecto de la actividad de pequeños floricultivos sobre las aguas de la microcuenca Aguas Claras. Los sitios de la cuenca alta (captaciones de los acueductos) no mostraron presencia de pesticidas, con metodologías usadas, en tanto que la zona baja de la cuenca, mostro presencia de trazas de pesticidas por el método de muestreo pasivo.

- Se detectó presencia de Paration, sustancia que a la fecha tiene cancelado el registro de venta por el ICA. De otro lado se detectó trazas de Diazinon, Malathion, catalogadas como categoría tóxica II, lo que se interpreta como extremadamente tóxico para organismos acuáticos, aves por ingesta y para abejas por contacto o ingesta.
- Teniendo en cuenta que se encontró positiva la presencia de agroquímicos o subproductos de químicos en el agua, se recomienda a entidades competente o agentes interesados realizar una evaluación más exhaustiva, por medio de un monitoreo con mayor número de puntos, esto permite tener una muestra significativa para así determinar con mayor exactitud las concentraciones de las sustancias encontradas.

Referencias bibliográficas

- Asocolflores. (2002). *Guía Ambiental para la Floricultura*.
- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales- ANLA (2012). *Por la cual se otorga Licencia ambiental para la actividad de importación del ingrediente activo grado técnico Diazinon, para la formulación local del producto terminado Gusanex, de uso veterinario se toman otras determinaciones*.
- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales- ANLA (2016). *Por la cual se emite Dictamen Técnico Ambiental para el producto formulado MALATHION 57% EC ADAMA, a partir del ingrediente activo grado técnico MALATHION.*»
- CA. (2018) *REGISTROS DE VENTA DE PLAGUICIDAS QUIMICOS DE USO AGRICOLA*
- CORNARE, G. D. A. (2012). *Evaluación y zonificación de riesgos por avenida torrencial, inundación y movimiento en masa y dimensionamiento de procesos erosivos en el municipio de San Roque*. Divegráficas, San Francisco.
- Correa Zuluaga, S., Ramos Contreras, C. D., Tangarife Ramírez, J. C., Narváez, J. F., LópezCórdoba, C. A., & Molina Pérez, F. J. (2018). *Potencial de lixiviación del Clorpirifos en un Entisol colombiano*. *Revista EIA*, 15(29), 47-58.
- El Carmen de Viboral (2017). *REVISIÓN Y AJUSTE ORDINARIO DE LARGO PLAZO DEL PLAN BÁSICO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL (P.B.O.T.)*
- Epm, Cornare, (2015) «*DIAGNÓSTICO EXPLORATORIO SOBRE USO Y MANEJO DE PLAGUICIDAS EN LA REGIÓN DEL ORIENTE ANTIOQUEÑO,*» Santuario.
- Esteve Turrillas, F. (2006). *Preparación de muestras para el análisis de plaguicidas mediante microondas y fluidos presurizados (Doctoral dissertation, Universitat de València)*
- González, X. (2019 Enero 31) *Cultivo de hortensias, un negocio con gran potencial en el Oriente Antioqueño*. *DiariOriente*. Recuperado de <http://diarioriente.com/altiplano/cultivo-de-hortensias-un-negocio-con-gran-potencial-en-el-oriente-antioqueno.html>
- Loaiza, C. A. (2005). *Lineamientos de política sobre el uso y manejo mesurado de plaguicidas en el sector agropecuario del departamento de Antioquia*. Medellín: CEIBA, CORNARE y DAMA-ANTIOQUIA.
- Londoño Soto, A. (2012). *Cambios en el uso del suelo en el Altiplano (Oriente antioqueño-Colombia) en los últimos 25 años*. (Doctoral dissertation, Universidad Internacional de Andalucía).

- Luzuriaga Vargas, V. A. (2014). *Diseño de procesos de irradiación, para degradar a los pesticidas clorortlonil, metolaclor y clorpirifos, presentes en agua de una florícola, mediante el efecto de la radiación ionizante beta proveniente de un acelerador de electrones*. Quito
- Montoya Arenas, L. M. (2017). *Mapas de calidad del agua, como una estrategia didáctica hacia el empoderamiento comunitario del recurso hídrico en la microcuenca de la quebrada Aguas Claras del municipio del Carmen de Viboral*.
- Montoya Ocampo, L. M., & Tobón Acosta, G. A. (2016). *La actividad floricultora y sus impactos ambientales: una propuesta para enseñar ciencias naturales y educación ambiental desde problemas ambientales locales*.
- Narváez Valderrama, J. F. (2015) *Dinámica de plaguicidas y algunos productos de degradación en los embalses la Fe y Riogrande II por medio de muestreadores pasivos (Tesis doctoral Universidad de Antioquia)*
- Narváez Valderrama, J. F., & Molina Perez, F. J. (2012). *Los muestreadores pasivos: una alternativa metodológica en el monitoreo de plaguicidas en ambientes acuáticos a nieles de sub-trazas*. *Revista Politécnica* , 53-62.
- Narváez Valderrama, J. F., López C.A & Molina Perez, F. J. (2013). *Passive sampling in the study of dynamic and environmental impact of pesticides in water*. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (68), 147-159.
- Quiceno Giraldo, L. (2017). *Perfil preliminar de usuarios del agua para la actividad floricultora en la microcuenca Aguas Claras del municipio del Carmen de Viboral*.
- Quintero Posada, D. M. (2017). *Impactos de la relación comunidad-recursos naturales, sobre los servicios ecosistémicos que brinda la microcuenca Aguas Claras del municipio El Carmen de Viboral*.
- Stashenko, E. E., & Martínez, J. R. (2010). *Algunos aspectos prácticos para la identificación de analitos por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas*. *Scientia Chromatographica*, 2(1), 29-47.
- USGS, (2004) *Semipermeable Membrane Device (SPMD) Columbia Environmental Research Center*.