

Cambios químicos en los recursos hídricos causados por lixiviados de hidroponía en una finca de flores en la sabana occidente de Bogotá.

How to write a review article (monograph) as a degree option in the Faculty of Engineering

Lady Bibiana Díaz Venegas¹
ldiazengineer@gmail.com

Universidad Santiago de Cali, Facultad de Ingeniería, Programa de Especialización en Gerencia Ambiental (1)

Resumen

La calidad de las aguas subterráneas y superficiales son afectadas por las actividades humanas, entre ellas, está la agricultura y ganadería. Estas dos actividades requieren de aplicaciones de fertilizantes tanto orgánicos como inorgánicos, que por diferentes procesos terminan en las aguas haciendo que la calidad de estas sea menor, sin embargo, hoy día los gremios de cultivadores y productores agrícolas fomentan el uso de buenas prácticas agrícolas y ganaderas con el fin de certificarse y así ampliar sus mercados. Dentro de las buenas prácticas del sector floricultor se hacen evaluaciones de calidades en las aguas usadas (microbiológicas y fisicoquímicas) pero no se enfoca en los impactos que estas actividades puedan llegar a ocasionar en las aguas de cuerpos naturales. Los parámetros que se evaluaron en el estudio para determinar si hay contaminación a las fuentes cercanas son: pH (potencial de Hidrogeno), Conductividad Eléctrica, Cloro libre, Nitratos y nitritos; estas muestras se tomaron en el recorrido que tienen los lixiviados de la hidroponía, identificando 3 puntos clave: el lixiviado del contenedor de hidroponía, canal externa al invernadero y finalmente, en el punto donde se reúne las aguas de hidroponía junto con las aguas del humedal.

Palabras Clave: lixiviados, hidroponía, floricultura, Conductividad eléctrica, nitritos, nitratos, ph, cloro libre.

Abstract

The quality of groundwater and surface water is affected by human activities, including agriculture and livestock. These two activities require applications of both organic and inorganic fertilizers, which by different processes end up in the waters making the quality of these are lower, however, today the guilds of growers and agricultural producers encourage the use of good agricultural practices and livestock in order to be certified and thus expand their markets. Within the good practices of the floricultural sector, evaluations of qualities in the used waters (microbiological and physicochemical) are made, but it does not focus on the impacts that these activities may cause in the waters of natural bodies. The parameters that were evaluated in the study to determine if there is contamination to nearby sources are: pH (potential of Hydrogen), Electrical Conductivity, Free Chlorine, Nitrates and Nitrites; These samples were taken along the path that the hydroponics leachate has, identifying 3 key points: the leachate from the hydroponics container, an external watterway to the greenhouse and finally, at the point where the hydroponics waters meet together with the wetland waters .

Keywords: leached, hydroponics, floriculture, electric conductivity, nitrite, nitrate, ph, free chlorine.

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la sociedad se está interesando por el cuidado del medio ambiente, haciendo que las actividades humanas sean más eco amigables y sea mínimo el impacto negativo que estas ocasionan al ambiente, partiendo en que el termino ambiente encierra no solo el componente aire sino suelo y agua, además, entre ellos hay sinergia, ya que se puede decir que el suelo sufre transformaciones que proporciona protección del agua y el intercambio de gases a la atmosfera (Silva, S & Correa, F. 2009).

Los productores agrícolas se están acogiendo a las buenas prácticas agrícolas, con el fin de conquistar nuevos mercados ya sean nacionales o internacionales; dentro de estas actividades se contempla la aplicación de fertilizantes y agroquímicos de manera racional con el fin de mitigar el impacto negativo que ocasione la explotación agrícola tradicional.

El sector floricultor en Colombia, según datos del MADR, 2018 ocupa el segundo lugar de las exportaciones agrícolas

y convirtiendo a Colombia en el segundo exportador de flores a nivel mundial con el 15% después de Holanda.

Para garantizar la fidelización de los clientes, no solo es necesario cumplir con algunos requisitos de calidad de la flor sino que detrás de cada flor hay una serie de normatividades que hacen que las flores de la sabana de Bogotá sean reconocidas por sus sellos de calidad y de manejo socio ambiental como lo son Rainforest y Flor Verde que promueven una producción limpia de las flores salvaguardando las normatividades y sostenibilidad del negocio.

Entre las normas que regulan los sellos de calidad anteriormente nombrados se encuentra: manejo adecuado de los recursos naturales, donde enfatiza el manejo de los residuos sólidos, uso adecuado de plaguicidas y fertilizantes y manejo racional del agua; sin embargo no se deja de lado la disposición de los residuos líquidos, producto del uso de baterías sanitarias o de los lixiviados de la compostera y/o de los cultivos hidropónicos, con el fin de prevenir contaminación en fuentes de agua (y su implicación en la salud pública) y en suelo (Florverde, 2017), sin dejar de lado, el diseño y puesta en marcha de el Plan Quinquenal donde se establezca metas y opciones de manejo de lixiviados (Merchán, L. 2011).

En esta investigación se busca identificar los posibles cambios químicos que tienen las aguas provenientes del ecosistema de humedal cercano a la finca, por la acción de los lixiviados que genera la fertilización en los cultivos hidropónicos; aún más, cuando estas aguas son tomadas por campesinos y finqueros de alrededor de la finca para el riego de los cultivos y praderas, según Bruning-Fann y Kaneene, 1993; citados por Hernandez D, Soler F, Kammerer M y Pérez M, 2005; entre los compuestos o elementos que se pueden hallar se encuentran los nitratos y nitritos, estos compuestos tienen gran importancia para la calidad de aguas ya sean para consumo humano, animal y riego especialmente de pasturas, fundamentándose en problemas reproductivos y de crecimiento en unidades explotadoras de ganado. Sin embargo, otros autores hablan acerca de la contaminación de las aguas no solo por nitratos sino por fosfatos y plaguicidas. Para el caso de los nitratos, la principal consecuencia de su acumulación en las aguas es la eutrofización de las aguas superficiales, proceso en el cual se proliferan algas en la superficie de los cuerpos estáticos acuáticos trayendo como consecuencia un elevado consumo de oxígeno y su reducción en el medio acuoso, dificultando la entrada de la radiación solar y en segundo lugar, para la salud humana puede generar riesgos de padecer cáncer de estómago e hígado al consumir agua con altas concentraciones de nitratos que por acción de bacterias presentes en la vejiga y estomago se convierten en nitritos y estos nitritos se convierten en compuestos cancerígenos como nitrosaminas, mayor mortalidad en recién nacidos por malformaciones en el sistema nervioso central, muscular y óseo por el consumo de aguas subterráneas contaminadas con nitratos lixiviados (González, 2011. Citado por Pérez & Aguilar, 2012)

1.1 Importancia en los diferentes cultivos.

En diferentes tipos de producción agrícola se han identificado problemas ambientales cuyo origen radica en las actividades cotidianas de la agricultura.

1.1.1 Café.

Dentro de la historia y desarrollo que ha atravesado el cultivo de café en Costa Rica Reynolds en 1991 citado por Granados, 1994 se identificó que en las aguas del río Virilla y una de las cuencas del río Tárcoles, se encontraron cantidades importantes de nitratos que se relacionan con el desarrollo de la agricultura y uso de pozos sépticos. Parte de estos nitratos son absorbidos por las plantas de café pero otros son percolados en el suelo y terminan por filtrarse hasta llegar a las aguas subterráneas.

1.1.2 Cacao.

La Federación Nacional de Cacaoteros en el 2013, relacionó los residuos agrícolas como parte del impacto ambiental, entre los que destaca la fertilización con compuestos a base de nitrógeno, fósforo, amonio, nitratos y nitritos, refiriendo a las aplicaciones excesivas o forma incorrecta de aplicación. Estos elementos se filtran y llegan a las aguas subterráneas contaminando difusamente.

Parte de las medidas para minimizar este riesgo, establece que se debe hacer aplicaciones teniendo en cuenta las condiciones nutricionales del suelo.

1.1.3 Frijol

En el departamento de Putumayo, Valle de Sibundoy, análisis realizados en el río Tamauca, revelan datos altos en cuanto a la Conductividad eléctrica, oscilando entre 31.7 μ S/cm y 41.0 μ S/cm para Julio del 2007, sin embargo en cuanto a Nitratos se observan niveles entre 0,36 y 0,40 mg/L, estos niveles se le atribuyen a las malas prácticas de los campesinos de la zona, ya que ellos hacen todo tipo de vertimientos a los suelos y fuentes de agua, estos vertimientos en la mayoría son residuos de agroquímicos y fertilizantes (CORPOAMAZONIA, 2007).

1.1.4 Flores

El sector floricultor es uno de los sectores agrícolas que llevan mayor desarrollo en el manejo de medioambiental en el país, ya que dentro de la mayoría de fincas productoras se llevan hechos y datos muy bien documentados con el fin de hacer el mejor aprovechamiento de los recursos naturales y su conservación. Parte de ello se evidencia cuando anualmente se hacen entre 1 o 2 auditorías enfocadas al manejo socio ambiental donde se evalúan:

- Sistemas de recolección y almacenamiento de lixiviados y métodos apropiados para su utilización dentro o fuera de la finca sin generar contaminación a suelo o agua. En caso de no ser técnica ni económicamente viable la reutilización de los lixiviados dentro o fuera la unidad de producción, se debe disponer de una justificación documentada.
- Las fertilizaciones se basan en un programa enfocado a suplir las necesidades del cultivo y a minimizar las pérdidas de nutrientes sin contribuir a la eutrofización por exceso de aplicación, el cual debe estar soportado en análisis de suelos o foliares. Se debe tener en cuenta los aportes de nutrientes del agua utilizada en riego y de la materia orgánica.
- Se cuenta con un control a la ejecución de la fertilización en la solución nutritiva y en el suelo o en el drenaje de cultivos en sustrato a través de monitoreos rutinarios.
- Tener una evaluación de riesgos adquiridos al aplicar fertilizantes orgánicos, soportada en análisis fisicoquímicos y microbiológicos y/o con la información contenida en las fichas técnicas de los productos.

Fuente: autor.

1.1.5 Palma de aceite

Este sector agroindustrial, tiene diversas opiniones, especialmente en cuanto al cultivo de esta planta, ya que este cultivo esta mitificado por las situaciones que se conocen de Indonesia y Malasia (deforestación de bosques tropicales) que según el trabajo realizado por el profesor Etter doctor en Ecología de la Universidad de Queensland y actualmente profesor en la Pontificia Universidad Javeriana, el panorama en nuestro país es diferente, ya que entre los años 2002 y 2008 estos cultivos se desarrollaron en zonas que estaban destinadas a la ganadería y no a bosque tropical. También se ha debatido el requerimiento de agua necesario para este tipo de cultivo, por lo que Manoli, miembro de Universidad Politécnica Federal de Zurich en el 2015 comparo diferentes cultivos entre los que se encontraban soya, coco y palma de aceite, entre otros y encontró que la palma de aceite es el cultivo que más agua consume por unidad de área y que así mismo es la que mayor productividad tiene por hectárea.

1.1.6 Hortalizas

La producción de hortalizas en la Sabana de Bogotá es una de las principales actividades agrícolas de esta zona del país, constituyendo a la sabana como una despensa importante de estos productos. Esto hace que aumente la importancia de asegurar la calidad e inocuidad de estos alimentos y parte de este aseguramiento radica en el uso de aguas para riego y aplicaciones para el control de plagas y enfermedades; la mayoría de productores de hortalizas se ubican sobre la influencia del río Bogotá o son cubiertos por el distrito de riego La Ramada, el cual deriva sus aguas del río Bogotá. Estas aguas están contaminadas por sales y metales pesados, que se van integrando a las cadenas productivas llegando a la mesa de habitantes de municipio cercanos o a la capital; estos componentes, además de ser carcinogénicos y mutagénicos, pueden llegar a ser acumulados en el organismo y causar anomalías en la salud. (Lasprilla, D., Carranza, C., Fischer G., 2008).

1.2 Metodología y técnicas de aplicación para identificación del impacto químico en cuerpos de agua.

Esta investigación tuvo lugar en una finca de flores, en el Municipio de Madrid, Cundinamarca. Esta finca se dedica a la producción y exportación de flores frescas, algunas de ellas cultivadas bajo el sistema de hidroponía.

1.2.1 Metodologías y técnicas comúnmente usadas:

- 1.2.1.1 Conductividad eléctrica por el método electrométrico en aguas: la cuantificación de la Conductividad Eléctrica se da por la corriente eléctrica que conduce una solución. La muestra debe ser mínimo de 50 mL, debe estar en un envase plástico, el equipo utilizado es el conductímetro WTW, con celda estándar de conductividad TetraCon 325, los materiales que se requieren para esta técnica son: balones aforados clase A de 1000mL, vasos de vidrio de 100ml, vasos de precipitado plásticos de 100mL, pipeta Pasteur y micro espátula, además, reactivos como el Cloruro de potasio KCl sólido de 99% de pureza y agua ultra pura. Agite la muestra para que se homogenice e introduzca la celda hasta que la ranura del sensor quede completamente sumergida y lea el dato. Este dato debe contener 3 cifras (Sanabria, 2006).
- 1.2.1.2 Determinación de Nitratos y nitritos en agua por flujo continuo: se utiliza una columna de Cadmio cuperizado. Para esta técnica se requiere de agua desionizada y reactivos como: Sulfato de cobre pentahidratado, ácido etildiamino tetracético, sulfanil- amida, 1-naftiletilendiamida, ácido fosfórico, cadmio granulado y nitrito de sodio. El equipo automatizado de análisis por Inyección en Flujo OI-Analytical 3000, Alpkem, y automuestreador. Como ventaja de esta técnica se tiene que proporciona valores simultáneamente para nitratos y para nitritos (Molina, E., Hernández, L., Gómez, H., Cañizares, M., 2003).
- 1.2.1.3 Método colorimétrico para determinación de cloro residual libre en aguas: el cloro libre o disponible se encuentra en forma de Acido Hipocloroso o como ion hipoclorito, en este caso reacciona con el DPD (N,N dietil p-fenileno-diamina), formando un color rosado de intensidad variable, dependiendo de la concentración de Cloro. El equipo utilizado es el Espectrofotómetro Visible DR 2800 y como materiales se usa una celda con capacidad de 10mL, solución estándar de cloro residual de bajo rango, agua desionizada, balón aforado en vidrio de 100mL clase A, pipetas aforadas clase A de 10mL y de 1ml. Los datos se muestran en mg/L Cl₂. (Departamento del Meta, 2015).
- 1.2.1.4 Determinación de Nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable mediante la técnica analítica de cromatografía de Iones: se utilizó el equipo Thermo Scientific, Dionex®, software CHROMELEON. Dentro de los materiales se contó con agua desionizada, coctel de estándares de aniones. (Bolaños, J., Cordero, G. & Segura, G., 2017).
- 1.2.1.5 Determinación de nitrito en agua por espectrofotometría: los valores de nitrógeno en los nitritos evaluado en aguas superficiales y subterráneas se encuentra alrededor de 0,1 mg/mL y su presencia indica procesos biológicos activos. La muestra debe colectarse en un envase de vidrio o plástico, debe contener mínimo 100mL y la determinación debe hacerse lo más rápido posible para prevenir que haya aparición de bacterias. Los equipos necesarios son: espectrofotómetro UV/VIS, detector de arreglo de diodos provisto de 1 celda de vidrio con paso de luz de 1.0 cm y una balanza analítica con aproximación de 0.0001 g. Los reactivos como: ácido fosfórico, sulfanilamida, N- (1-naftil)-etilendiamina diclorhidrato y nitrito de sodio. Finalmente entre otros materiales están balones aforados clase A de 100 y 250 mL, erlenmeyer de 125 mL, pipetas aforadas clase A de 2, 5, 10, 20 y 25 mL, pipetas graduadas de 5 y 10 mL, probeta de vidrio de 25 mL, pipeta Pasteur, microespatula y papel para limpiar los lentes (Lasso, A., 2009).
- 1.2.1.6 pH por Electrometría: este método se fundamenta en el registro potencio métrico de la actividad de los iones hidrogeno, al usar un electrodo de referencia junto con uno de vidrio (o también por separado). Se

debe tener en cuenta que para las mediciones de pH, interfiere la temperatura de dos formas: la primera, mecánicamente por los cambios en las propiedades de los electrodos y la segunda químicamente cuando se alteran las constantes de equilibrio. Los equipos utilizados son: Potenciómetro Orion 520, los reactivos: titrisol de pH 7,00 y 4,00 trazables y soluciones de pH 7,00 y 4,00, balones aforados clase A de 1000 mL, vasos de vidrio de 100 mL y agitador magnéticos con barra agitadora recubierta de TFE (Afanador, F. 2007).

1.2.2 Metodología Utilizada

- Determinación de puntos de muestreo y recolección de datos

Las muestras se tomarán en tres lugares: en la canal de lixiviados que está ubicada bajo el contenedor con las plantas, en el trayecto del canal externo donde se mezcla con otras aguas (aguas lluvias) y en el punto de posible contaminación con aguas del humedal.



Imagen 1. Recolección de muestras.

La frecuencia del muestro va a ser quincenal y se tomaran 3 repeticiones en cada uno de los puntos de monitoreo.

- Calibración de equipos de medición de los parámetros a cuantificar:
- Medidor de bolsillo combo HI98131, HANNA INSTRUMENTS: cuantificación de la Conductividad Eléctrica, pH, TDS y temperatura de la sustancia a medir. Posee 3 sensores en un solo medidor.
- Checker hc, HANNA INSTRUMENTS: cuantificación de cloro libre por el método DPD adaptado.

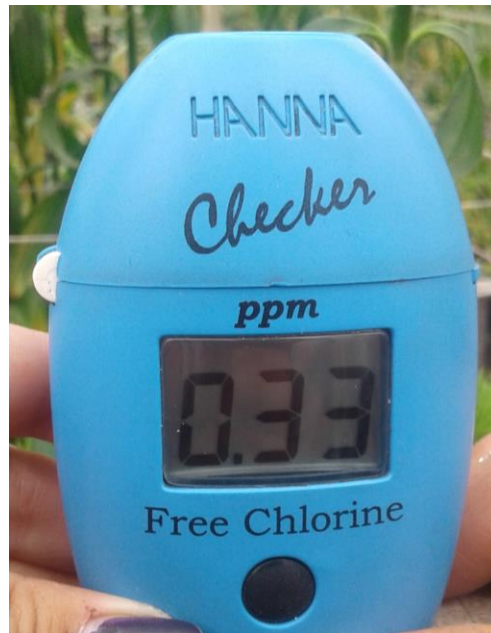


Imagen 2. Equipo HANNA de medición de Cloro Libre

- MQuant, Test nitrates, MERK: cintas indicadoras de Nitratos por el método de colorimetría.

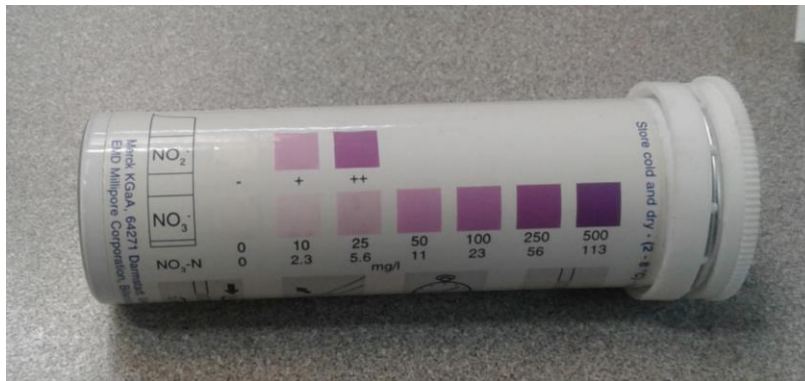


Imagen 3. Tirillas MERK de test para Nitratos y Nitritos

- Registro de datos en campo.

1.3 Cuantificación de los cambios químicos en recursos hídricos por lixiviados de hidroponía de cultivo de flores.

Tabla 1. Resultados de Cloro Libre

MUESTRA	Cloro Libre (ppm Cl)		
1	0,17	0,16	0,17
2	0,27	0,27	0,25
3	0,31	0,33	0,29

En la tabla 1 se muestran los niveles de cloro libre, estos niveles de ppm de Cloro son más altos en las muestras tomadas en el punto donde se mezclan las aguas del humedal con los lixiviados de la hidroponía. Sin embargo se observa que los niveles de cloro están por debajo de 1ppm que es el valor máximo permitido y con esta concentración se garantiza que hay disminución de crecimiento bacteriano en el líquido

Tabla 2. Resultados de pH

MUESTRA	pH		
1	7,43	7,41	7,47
2	7,49	7,52	7,59
3	8,03	7,77	7,98

En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos desde el inicio del proceso de lixiviación hasta el punto de encuentro de estas aguas con las del humedal; observándose que el pH tiende a aumentar en valores de 0,36 hasta 0,6, mostrando una tendencia de alcalinización, sin embargo, según el INVIMA, el pH del agua potable debe oscilar entre 6,5 y 9,0 lo cual muestra que desde esta variable analizada la calidad del agua no se sale dentro de los rangos permitidos. Cabe anotar que es importante analizar otras variables como las concentraciones de calcio, ya que cuando el pH aumenta uno de los elementos que interviene en esta alza es el elemento mencionado anteriormente.

Tabla 3. Resultados de Conductividad Eléctrica

MUESTRA	Conductividad Eléctrica (µS/cm)		
1	1,88	1,95	1,73
2	1,16	1,34	1,20
3	0,24	1,06	0,35

Se evidencia una disminución en la concentración de sales desde el inicio de la toma de la muestra hasta el punto de encuentro de las aguas del humedal con los lixiviados de la hidroponía, este fenómeno puede ser indicador de que los elementos que se hallan en los lixiviados pueden estar quedando atrapados en las arcillas del suelo de las canales, haciendo necesaria la impermeabilización de los canales con geomembrana, sin embargo esta decisión se debe tomar posterior a la toma y resultados de análisis de conductividades eléctricas de dichos suelos.

Según Bolaños, J., Montero, N., Rodríguez, N., Sánchez, A. en el 2015 en el estudio que realizaron, cuando el pH es ácido hace que las rocas o el suelo presente hace que se desintegre y haya una reacción de disolución de las sales en las muestras del agua y aunque en esta investigación se contó con datos de pH más alcalinos es coherente con lo citado por ellos ya que la alcalinidad favorece menos esta disolución y posteriormente se halle menor el dato de CE para la muestra que ha tenido mayor recorrido.

Tabla 4. Resultados de Nitritos

MUESTRA	Nitritos		
1	-	-	-
2	-	-	-
3	-	-	-

Se evidencia que no hay presencia de nitritos en las muestras analizadas, esto indica que las decisiones de fertilización referente a la aplicación de fertilizantes nitrogenados que se vienen implementando en la finca, son acertadas, ya que dicha fertilización se hace teniendo en cuenta los requerimientos nutricionales de las flores cultivadas, para lo cual se hacen análisis de las propiedades físico-químicas del agua de riego, sustrato y tejido vegetal, con el objetivo de darle a las plantas específicamente los nutrientes que necesitan.

Tabla 5. Resultados de Nitratos

MUESTRA	Nitratos (ppm)		
1	50	50	50
2	50	25	50
3	0	0	0

En las muestras realizadas para la cuantificación de los nitratos, se observa que al momento de la recolección del lixiviado en el contenedor y en el canal externo hay pequeñas concentraciones de nitrato, pero al diluirse con las aguas del humedal estas concentraciones quedan reducidas o son casi que inexistentes, lo que indicaría que estas aguas son aptas para los riegos de praderas.

2. CONCLUSIONES

Los datos obtenidos de nitratos indican que no hay riesgo de contaminación de aguas del humedal para esta variable, ya que en la muestra final donde hay encuentro de las aguas del humedal con las del lixiviado el numero reduce a cero, sin embargo es importante tomar muestras y evaluarlas con otros métodos de cuantificación, ya que por la coloración de las tirillas se cuenta con una variación entre cifras muy amplia.

Los datos obtenidos en cuanto a la conductividad eléctrica se debe correlacionar con análisis de los suelos que conllevan las aguas ya que posiblemente puede haber gran cantidad de arcillas que están capturando estos elementos y no permiten evaluar la capacidad de conducción de electricidad de estos elementos aplicados en la fertilización.

Para el momento del estudio no se tuvo en cuenta las fuentes de fertilizantes usados y estos cuentan un papel fundamental en los resultados obtenidos de pH, ya que hay que conocer la naturaleza de dichos productos para identificar si los cambios en los pH corresponden a las diferentes fuentes (algunos son más ácidos que otros) que se aplican en la hidroponía.

3. RECOMENDACIONES

- Analizar químicamente las plantas que hay en el humedal, con el fin de cuantificar que elementos o que características químicas contienen los tejidos de dichas plantas, teniendo en cuenta que la función de estas plantas acuáticas es detoxificar las aguas en las que habitan.
- Realizar estudios a los suelos de las canales externas a los invernaderos con el fin de verificar si las arcillas existentes están atrapando los elementos.
- Presupuestar la compra e instalación de geomembrana en comparación con el sistema actual de canalización de aguas en la hidroponía de la finca.

4. REFERENCIAS

1. Silva, S & Correa, F. 2009. Análisis de la contaminación del suelo: revisión de la normativa y posibilidades de regulación económica. Semestre económico, universidad de Medellín, Vol 12., N° 23, pp., 13-34. ISSN 0120-6346, Medellín, Colombia.
2. Afanador, F. 2007. pH en agua por electrometría. Subdirección de hidrología – grupo laboratorio de calidad ambiental. Versión 03 pp. 1-7. IDEAM. República de Colombia.
3. Bolaños, J., Montero, N., Rodríguez, N., Sánchez, A. 2015. Calidad de aguas superficiales: estudio de la quebrada estero, ubicada en el Cantón de san ramón. Universidad de costa rica, sede de occidente. Revista pensamiento actual, Vol. 15 N° 25, 2015. ISSN 2215-3586. pp. 61-66. Costa Rica.
4. Pacheco, J & Cabrera, A. 2003. Fuentes principales de nitrógeno de nitratos en aguas subterráneas. Ingeniería, Vol. 7, Núm. 2, pp. 47-54. Universidad autónoma de Yucatán. Mérida, México.
5. Bolaños, J., Cordero, G., Segura, G. 2017. Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable

- como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela, Costa Rica. Tecnología en marcha, Vol. 30, N° 4.
6. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), 2018. Cadena de flores y follajes, Bogotá DC. Recuperado de <https://sioc.minagricultura.gov.co/Flores/Documentos/002%20-%20Cifras%20Sectoriales/002%20-%20Cifras%20Sectoriales%20-%202018%20Marzo%20Flores.pdf>
 7. HANNA INSTRUMENTS. Ficha técnica del producto medidor de bolsillo de pH/CE/TDS/TEMPERATURA HI 98131 línea GroLine. Recuperado de: www.hannacolombia.com
 8. HANNA INSTRUMENTS. Checker HC colorímetros de bolsillo. recuperado de: www.hannaarg.com
 9. Sanabria, D. 2006. Conductividad eléctrica por el método electrométrico en aguas. Subdirección de hidrología grupo-laboratorio de calidad ambiental. Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, IDEAM, república de Colombia.
 10. Departamento del Meta, 2015. Método colorimétrico para determinación de cloro residual libre en aguas. Versión 01; pp. 1-10. Colombia.
 11. Lasso, A. 2009. Determinación de nitrito en agua por espectrofotometría. Subdirección de hidrología – grupo laboratorio de calidad ambiental. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - República de Colombia
 12. Molina, E., Hernández, L., Gómez, H., Cañizares, M. 2003. Determinación de nitratos y nitritos en agua. Comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estándar. Revista de la sociedad química de México, Vol. 47, núm. 1. P. 88-92.
 13. CORPOAMAZONÍA, 2007. Guía ambiental para la producción limpia en el cultivo de frijol a partir del estudio de caso de los cultivos en el valle de Sibundoy – Putumayo. Centro Nacional de Producción más Limpia. Colombia.
 14. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. MADR, 2015. Guía ambiental para el cultivo del cacao. Federación nacional de cacaoeros – fondo nacional del cacao. Segunda edición.
 15. Granados, C. 1994. El impacto ambiental del café en la historia costarricense. Departamento de geografía, Universidad de Costa Rica.
 16. Domínguez, M. 2015. la contaminación ambiental, un tema con compromiso social. Corporación universitaria Lasallista. Caldas, Antioquia, Colombia.
 17. Vega, C. 2017. Problemas ambientales y de salud derivados del uso de fertilizantes nitrogenados. Facultad de farmacia, Universidad Complutense.
 18. Larios, L. 2009. Contaminación del agua por nitratos: significación sanitaria. Centro provincial de higiene y medicina. Revista archivo médico de Camagüey, Cuba.
 19. De Miguel, C., Vásquez, Y. 2006. Origen de los nitratos (NO₃) y nitritos (NO₂) y su influencia en la potabilidad de las aguas subterráneas. Minería y Geología, vol. 22, núm. 3, ISSN: 0258-8959. pp. 1-9 Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa 'Dr Antonio Núñez Jiménez' Holguín, Cuba.
 20. Pérez, R., Aguilar, A. 2012. Agricultura y contaminación del agua. Universidad nacional autónoma de México, instituto de investigaciones económicas. Primera edición, 288 paginas, ISBN 978-607-02-3550-4. México.
 21. Zarate, M. 2014. Manual de hidroponía. Universidad nacional autónoma de México, ciudad universitaria, delegación Coyoacán, C.P. 04510. México, distrito federal.
 22. Fontúrbel, F. 2005. Indicadores fisicoquímicos y biológicos del proceso de eutrofización del lago Titikaka (Bolivia) ecología aplicada, ISSN: 1726-2216 Vol. 4, Núm. 1-2, pp. 135-141. Universidad nacional agraria la

Molina, Lima, Perú.

23. Coronado, P., Segura, M., Orozco, J., Sanchez, M., Sanchez, J., Frias, J., Montemayor, J & Preciado, P. 2011. Uso de diferentes sustratos y frecuencias de riego para disminuir lixiviados en la producción de tomate. Terra latinoamericana, Vol. 29, Núm. 4. Instituto tecnológico de Torreón, Coahuila, México.
24. Hernández, D., Soler, F., Kammerer, M., & Pérez, M. 2005. Calidad fisicoquímica del agua de bebida destinada a los rumiantes. Producción animal, N° 214. Unidad de toxicología. Facultad de veterinaria de Cáceres (UEX).
25. INVIMA, 2014. Agua potable para consumo humano. PM06-CAT-DI22 Vol. 1
26. FLORVERDE, 2010. Reutilización de lixiviados de hidroponía en el cultivo de claveles. Estudio de caso. ISSN: 2216-0582. Cecodes-casos de sostenibilidad, Bogotá D.C. Colombia.
27. Florverde, 2017. Estándar Florverde para la producción sostenible de flores y ornamentales, Versión 7.0 . ISBN: 978-958- XXXXXX. Bogotá D.C. Colombia
28. Merchán, L. 2011. Evaluación del residuo líquido lixiviado de un cultivo de *Chrysanthemum* sp. en sustrato de cascarilla de arroz quemada. Universidad militar nueva granada, facultad de ingeniería. Bogotá D.C.
29. Sistemas de reutilización de lixiviados en cultivos hidropónicos. Recuperado de: <http://old.proexport.es/Documentos/Proyectos/200942117243308.Sistemas.de.reutilizaci%C3%B3n.de.lixivados.en.cultivos.hidrop%C3%B3nicos.pdf>
30. Rothlisberger, A. & Castillo, D. 2019. Palma de aceite y sostenibilidad: enemigos mediáticos. Pontificia Universidad Javeriana. Recuperado de: <https://www.javeriana.edu.co/pesquisa/tag/impacto-ambiental/>
31. Lasprilla, D., Carranza, C. & Fischer G. 2008. Calidad del agua de riego en la Sabana de Bogotá. Universidad Nacional de Colombia, facultad de Agronomía. Bogotá D.C.