

**PROCESO DE TRATAMIENTO PARA MITIGAR LA CONTAMINACIÓN DEL
AGUA GENERADA EN EL PROCESO DEL LAVADO DE LA PAPA EN EL
MUNICIPIO DE PASCA CUNDINAMARCA.**

**ESTUDIANTES
VALENTINA CHANCY MÁRQUEZ
CAMILO ANDRÉS LOZANO HERNANDÉZ**

**DIRECTOR
DIEGO PALMA CUERO**



**UNIVERSIDAD MILITAR
NUEVA GRANADA**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C., OCTUBRE DE 2021**

PROCESO DE TRATAMIENTO PARA MITIGAR LA CONTAMINACIÓN DEL
AGUA GENERADA EN EL PROCESO DEL LAVADO DE LA PAPA EN EL
MUNICIPIO DE PASCA CUNDINAMARCA.

ESTUDIANTES

VALENTINA CHANCY MÁRQUEZ
CAMILO ANDRÉS LOZANO HERNANDÉZ

TUTOR

DIEGO PALMA CUERO



**UNIVERSIDAD MILITAR
NUEVA GRANADA**

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C., OCTUBRE DE 2021

Nota aceptación

Firma de tutor

Firma de jurado 1

Firma de jurado 2

Bogotá D. C., octubre de 2021

CONTENIDO

1. Problema	12
2. Delimitación.....	12
3. Objetivos	15
4. Antecedentes	15
5. Justificación.....	17
6. Marco referencial.....	17
7. Metodología.....	28
8. Resultados y análisis de resultados	29
9. Conclusiones.....	39
10. Recomendaciones	40
11. Bibliografía.....	41

Lista de figuras

Figura 1: Fotografía del municipio de Pasca de 1960.....	13
Figura 2: Vista del municipio de Pasca desde Google Maps.....	14
Figura 3: Ubicación del municipio de Pasca en el mapa de Colombia.....	14
Figura 4: Ciclo del cultivo de papa.....	18
Figura 5: Metodología.....	28
Figura 6: Indicador de toxicidad OMS.....	30

Lista de tablas

Tabla 1: Normatividad de vertimiento de aguas residuales.	25
Tabla 2: Normatividad del uso del suelo.	25
Tabla 3: Normatividad del uso de plaguicidas en Colombia.	26
Tabla 4: Normatividad Ambiental.	27
Tabla 5: Cuadro comparativo de tratamientos a implementar.....	37

GLOSARIO

Agroquímicos: Estos productos también conocidos como fitosanitarios o plaguicidas son insumos que previenen, repelen o controlan cualquier plaga de origen animal o vegetal durante la producción, almacenamiento, transporte y distribución de productos agrícolas.

Bentos: Son organismos acuáticos que arrastran en el sedimento al fondo de una masa de agua. Muchos son descomponedores. Los bentos incluyen esponjas, almejas y rapas.

Necton: Son animales acuáticos que pueden moverse por sí mismos "nadando" a través del agua. Pueden vivir en la zona fótica o en la afótica. Se alimentan de plancton y otros necton. Ejemplos de necton incluyen a los peces y los camarones.

Organismos acuáticos: Los organismos acuáticos generalmente caen dentro de tres amplios grupos: plancton, necton y bentos. Varían en cómo se mueven y dónde viven.

Plancton: Son pequeños organismos acuáticos que no pueden moverse por sí mismos. Viven en la zona fótica. Incluyen al fitoplancton y al zooplancton. El fitoplancton son bacterias y algas que usan luz solar para producir alimento. El zooplancton son pequeños animales que se alimentan de zooplancton.

Toxicidad: La capacidad o la propiedad de una sustancia de causar efectos adversos sobre la salud.

Vertimiento: Descarga final a un cuerpo de agua, a un alcantarillado o al suelo, de elementos, sustancias o compuestos contenidos en un medio líquido.

Diseño: Se conoce como el arte de proyectar el aspecto, la función y la producción de un objeto funcional por medio de signos gráficos, sea que se trate de un objeto bidimensional (carteles, logos, animaciones, portadas, etc.) o tridimensional (edificios, maquinarias, muebles, entre otros).

Tubérculo: Los tubérculos son tallos engrosados de una planta, generalmente subterráneos, que almacenan los nutrientes y contienen los brotes de los que crecerán nuevos tallos.

Granular: Dícese de las sustancias cuya masa forma granos o porciones menudas.

Polipropileno: Es un termoplástico que es obtenido por la polimerización del propileno, subproducto gaseoso de la refinación del petróleo. Todo esto

desarrollado en presencia de un catalizador, bajo un cuidadoso control de temperatura y presión.

Sedimentación: Se trata de una operación de separación sólido-fluido en la que las partículas sólidas de una suspensión, más densas que el fluido, se separan de éste por la acción de la gravedad. Es una operación controlada por la transferencia de cantidad de movimiento.

Tratamiento: En el tratamiento de aguas se emplean procesos químicos y físicos para resolver problemas particulares. Se utilizan cribas, tamices o tecnologías de membrana para separar las sustancias sólidas.

Floculantes: Son sustancias que aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua, facilitando de esta forma su decantación y posterior filtrado. Es un paso del proceso de potabilización de aguas de origen superficial y del tratamiento de aguas servidas domésticas, industriales y de la minería.

Tamices: El tamiz es un Utensilio que se usa para separar las partes finas de las gruesas de algunas cosas y que está formado por una tela metálica o rejilla tupida que está sujeta a un aro, también es conocido por cedazo o criba.

Planos: Es un documento gráfico en el que se plasma el diseño de lo que será un proyecto, es decir es la representación de cómo se distribuirán los espacios en una construcción y en el cual se observan las características que éste tendrá.

RESUMEN

En la actualidad la papa es uno de los alimentos más consumidos por las personas, en el presente informe se propone un proceso de tratamiento para mitigar la contaminación del agua generada en el proceso del lavado de la papa en el municipio de Pasca Cundinamarca. Para lograr el cumplimiento del presente trabajo se establecieron los agroquímicos presentes en el agua y su daño en el agua, además, se definieron cuales son los procedimientos actualmente disponibles para este tipo de aguas; y por último contribuir al proyecto de INV EES 3179 de la Vicerrectoría de Investigación de la UMNG.

De acuerdo con lo anterior se evaluaron los tratamientos existentes mediante un análisis comparativo por medio de tres tablas donde se evaluó el pretratamiento, tratamiento, resultado y costo para así determinar cuál es el método mas apropiado para este tipo de agua en el municipio de Pasca; en consecuencia, a lo anterior se seleccionó el tratamiento más optimo para el municipio después de haber analizado los parámetros anteriormente mencionados.

Palabras claves: Agroquímicos, Pretratamiento, Tratamiento, Proceso, Lavado.

ABSTRAC

Currently, potato is one of the most consumed foods by people, in this report a treatment process is proposed to mitigate the contamination of the water generated in the potato washing process in the municipality of Pasca Cundinamarca. In order to achieve the fulfillment of this work, agrochemicals present in water and their damage in water were established, in addition, the procedures currently available for this type of water were defined; And finally contribute to the INV EES 3179 project of the UMNG Vice-rectory of Research.

According to the above, the existing treatments were evaluated by means of a comparative analysis using three tables where pretreatment, treatment, outcome and cost were evaluated in order to determine the most appropriate method for this type of water in the municipality of Pasca; consequently, the most optimal treatment was selected for the municipality after having analyzed the above parameters.

Key words: Agrochemicals, Pretreatment, Treatment, Process, Washing.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día la papa es uno de los alimentos más vitales de la canasta familiar debido al gran aporte nutricional y su versatilidad de preparación, la dieta de los colombianos el consumo de papa es de aproximadamente 60 kilos por lo que corrobora su importancia. Además, es una de las principales fuentes de sustento para la economía del municipio de Pasca ya que esta población se dedica a su producción, transformación y comercialización; ya que se extienden las actividades comerciales del mercado de papa que mueve grandes sumas de capital e insumos de todo orden que permiten el incremento semanal del transporte hacia Bogotá y el occidente del país.

Una gran fuente de contaminación en el agua son las aguas agrícolas a causa de los agroquímicos empleados en el cultivo, además de grandes vertimientos de materia orgánica, sedimentos y sales en los cuerpos de agua aledaños al municipio en consecuencia a esto los agroquímicos empleados son uno de los factores de mayor riesgo para la salud del ser humano y de los organismos acuáticos. (FAO, 2018).

Actualmente se han planteado varios procesos para la solución de esta problemática los cuales han evaluado criterios como los tipos de pretratamiento, tratamiento; y resultados más factibles para este tipo de aguas. A través de esto se busca comparar los diferentes procesos de tratamiento de contaminantes asociados a los agroquímicos presentes en el agua residual del lavado de papa.

Para dar solución a la contaminación en el agua a causa de los agroquímicos o plaguicidas, se llevó a cabo la evaluación y subsiguientemente a esta el análisis por medio de un cuadro comparativo donde se analiza el pretratamiento, tratamiento, eficiencia y costo de tres tratamientos aplicados para la eliminación de estos en el agua residual a causa del lavado de la papa para posteriormente seleccionar uno de estos tratamientos y proponerlo como la mejor solución para el municipio de Pasca Cundinamarca.

1. Problema

1.1 Identificación

Actualmente el municipio de Pasca Cundinamarca cuenta con un gran sector de cultivos de papa donde se incorporan grandes cantidades de agroquímicos, para el desarrollo en el sector del campo. Con esto se ha venido presentando problemas con el manejo de las aguas a causa de los agroquímicos ya que al no contar con una solución para el tratamiento de estas aumenta la contaminación en el río Cuja y quebradas en la zona.

1.2 Descripción

Se busca proponer un método de tratamiento de aguas para lograr minimizar el impacto que producen los agroquímicos que se utilizan en el cultivo de papa; donde se establecen los agroquímicos implementados en el proceso del cultivo.

1.3 Planteamiento

Qué metodología se puede implementar para el procesamientos de los agroquímicos los cuales se generan durante el proceso de lavado del cultivo de papa.

2. Delimitación

El alcance del presente trabajo implica dar a conocer una metodología para el tratamiento de los agroquímicos que son utilizados en la producción del cultivo de papa en el Municipio de Pasca – Cundinamarca mediante estudios. Durante el desarrollo del trabajo se incluirá información disponible de otros proyectos, cuya eficacia es considerada adecuada para hacer parte de la base de trabajo.

Inicialmente se describe el marco teórico relacionado con lo del cultivo de papa y los agroquímicos utilizados en este proceso, también se exponen las metodologías utilizadas para el análisis del tratamiento del agua residual, identificando conceptos con relación a los procedimientos. Después del marco teórico, se presenta información del trabajo sobre el cual se realizó el análisis, enfocando aspectos legales, ambientales e institucionales.

2.1 Conceptual

Pasca se fundó el 15 de julio de 1537 gracias a la expedición de Gonzalo Jiménez de Quesada, quien fue dirigida por el capitán Juan Céspedes. El municipio de Pasca – Cundinamarca, se conoce primordialmente por el descubrimiento de la Balsa Muisca en el año 1969, también por su conocido museo arqueológico que está dentro de la provincia de Sumapaz. (Jaramillo, J. D., 2017).



Figura 1: Fotografía del municipio de Pasca de 1960.
Fuente: Pasca Cundinamarca. (2008).

2.2 Geográfica

El municipio se caracteriza por tener una altitud de 2180 m.s.n.m., con una superficie aproximadamente de 264,2 km², de acuerdo con el censo realizado por el Dane el municipio cuenta con una proyección de población de 12669 habitantes para el año 2020, comúnmente los habitantes de este municipio son conocidos con el gentilicio de Pasqueñas o Pasqueños.

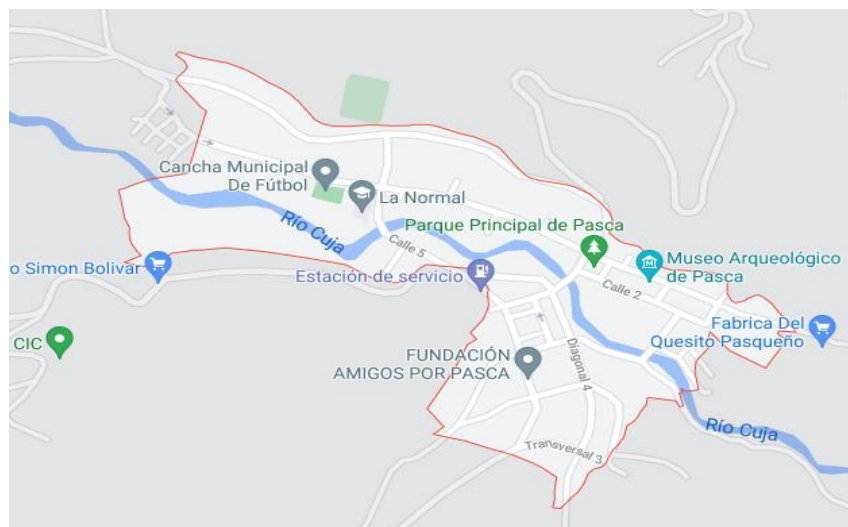


Figura 2: Vista del municipio de Pasca desde Google Maps.

Fuente: (Google Maps, 2019).

El lugar donde se realizará el estudio es en el municipio de Pasca del departamento de Cundinamarca, donde se encuentra en las coordenadas geográficas 4°18'27" Latitud Norte y 74°18'03" Longitud Oeste.

El municipio por su ubicación encontramos que por el Norte limita con Sibaté y Soacha, por el Sur con Arbeláez, Oeste con Fusagasugá y con el Este con la ciudad de Bogotá. (Jaramillo, J. D., 2017).



Figura 3: Ubicación del municipio de Pasca en el mapa de Colombia.

Fuente: (Milenioscuro, 2012).

2.3 Cronológica

A lo largo de estos cuatro meses se realizó el trabajo de buscar una solución a la problemática de las aguas residuales generadas en el lavado de papa para el municipio de Pasca - Cundinamarca, en el cual se utilizaron fuentes bibliográficas con un periodo de relevancia de los últimos cinco años, permitiendo encontrar diversas soluciones a dicha problemática.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Proponer un proceso de tratamiento para mitigar la contaminación del agua generada en el proceso del lavado de la papa en el municipio de Pasca Cundinamarca.

3.2 Objetivos específicos

- Establecer cuáles son los agroquímicos presentes en el agua resultante en el proceso del lavado de la papa.
- Definir cuáles son los tratamientos actualmente disponibles para el tratamiento de este tipo de aguas.
- Evaluar de los tratamientos existentes mediante un análisis comparativo para determinar cuál es el método más apropiado para el municipio de Pasca Cundinamarca.
- Contribuir al proyecto de INV EES 3179 de la Vicerrectoría de Investigación de la UMNG.

4. Antecedentes

4.1 Internos

De acuerdo con Cardozo, M., & Pardo, J. (2018) el municipio de Pasca presenta una problemática ambiental ya que el agua residual del lavado de papa es vertida directamente al río sin ser tratada. En consecuencia desarrollaron una propuesta para la creación de un sistema de tratamiento para las aguas residuales las cuales son generadas durante el proceso de limpieza en los cultivos de papa en el municipio de Pasca Cundinamarca, el estudio es basado en mitigar los vertimientos que se realizan hacia el efluente del río Sumapaz, se plantea un diseño óptimo de

sistema de tratamiento de aguas residuales para este tipo de proceso, para disminuir parámetros como el DBO, DQO y sólidos suspendidos encontrados en el vertimiento y establecer dosis de floculante, coagulante y disposiciones finales para el lodo generado por este proceso.

4.2 Externos

Según Ortega, V. M., Fuentes, Y. M. O., & Chávez, E. C. (2021) en 2020 en México se realizó un estudio del impacto de los agroquímicos y plaguicidas en la agricultura actual, este estudio se realizó en cultivos de papas y manzanas. En este estudio se buscó determinar la cantidad de estos químicos tanto en el suelo como en el agua residual que generaban estos cultivos, en el agua se encontró una concentración de $(5.182\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1})$ y en las manzanas de $(139,2\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1})$, donde se concluyó que estos son parámetros son de estudio y no se pueden comparar al no tener límites establecidos.

En base a Garcia-Chevesich, P., García, V., Martínez, G., Zea, J., Ticona, J., Alejo, F., Vanneste, J., Acker, S., Vanzin, G., Malone, A., Bellona, C., & Sharp, J. O. (2020) en Perú se realizó un estudio donde buscaban eliminar algunos metales pesados que se pueden encontrar en el suelo después del uso de agroquímicos, donde se utilizó mixtos a base de conchas marinas, mezclas de hongos, sustratos a base de lignocelulosa que incluyen aserrín, cáscaras de maíz y arroz, y residuos de alimentos que incluyen cáscaras de patatas y aguacates. Donde después de su aplicación analizaron (pH, temperatura, fuerza iónica, etc.), pero donde los resultados solo tienen un valor metodológico de selección inicial de información ya que carecían de protocolos e información previa para comparar los resultados.

Con base en lo expresado por Sekhon, K. S., Kaur, A., Thaman, S., Sidhu, A. S., Garg, N., Choudhary, O. P., Buttar, G. S., & Chawla, N. (2020) se realizó un experimento de campo durante 5 años desde 2009 a 2015 en la Estación de Investigación Regional de la Universidad Agrícola de Punjab, Bathinda, Punjab, India para observar el efecto de la calidad del agua de riego en el rendimiento de tubérculos, las características del suelo y la productividad del agua de la papa en condiciones de mantillo en textura ligera.

Yang, W., Jiao, Y., Yang, M., Wen, H., Gu, P., Yang, J., Liu, L., & Yu, J. (2020) el agua de riego es un factor limitante para la producción de cultivos y las tasas de aplicación de fertilizantes a menudo exceden las necesidades de los cultivos, lo que resulta en una alta acumulación de nitrógeno nitrato (NO_3^- -N) en el suelo. Las prácticas de manejo juegan un papel importante en la lixiviación de NO_3^- -N. Este experimento compara los efectos del riego tradicional por surcos y fertiirrigación por aspersión en el suelo NO_3^- -Tendencia de concentración de N a lo largo de la temporada agrícola en los campos de papa en China.

5. Justificación

Se realiza este trabajo de grado como apoyo del proyecto de investigación con referencia INV EES 3179, asistido por la Universidad Militar Nueva Granada donde va a beneficiar a la comunidad rural del municipio de Pasca - Cundinamarca con el proceso de los cultivos de papa por medio de la aplicación de una metodología que se puede generar para el proceso de los desperdicios de agroquímicos generados por el lavado de los cultivos de papa y de la mala disposición que se ha venido dando a éste proceso en las fincas donde cultivan el producto, ya que los residuos generados por estos plaguicidas quedan presentes en el vertimiento de las aguas residuales y como consecuencia de esto se compromete la vida de organismo acuáticos debido a que son muy tóxicos llegando a provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático; además puede generar efectos nocivos para el ser humano como la intoxicación.

6. Marco referencial

Establece el marco de trabajo de todo el proyecto.

6.1 Marco teórico

Origen de la papa

El origen de la papa comienza hace unos 8000 años, cerca del lago Titicaca, que está a 3800 m.s.n.m., en la cordillera de los Andes, en la frontera de Bolivia y Perú. (FAO, 2008).

Su origen viene de los años 500 a.C., donde los conquistadores españoles fueron los principales que introdujeron este tubérculo a inicios del año 1500 en los países de la región Andina, gracias a su altura donde se encuentran entre 2500 y 3000 metros de nivel del mar.

En Colombia el 90% del cultivo de papa se centraliza en la ciudad de Boyacá y posteriormente Cundinamarca, Antioquia, Nariño entre otras ciudades. La papa conocida como *Solanum tuberosum*, proviene de la familia Solanáceas herbácea, cuyo origen es del Sur de Perú. (FEDEPAPA, 2018).

Para el cultivo de la papa se recomienda que cuente con un clima de características templado y tropical. Debido a que si se encuentra a temperaturas menores a 10° y

mayores a 30°, provoca una interrupción en el desarrollo del tubérculo (papa). El rango de temperatura ideal es de 18° a 20°. (FAO, 2008).

El suelo y la preparación de la tierra

Las papas pueden crecer en casi todos los tipos de suelos, salvo donde son salinos o alcalinos. Los mejores suelos para el cultivo son aquellos suelos arcillosos o de arena con arcilla y abundante materia orgánica, además de que estos posean un buen drenaje y ventilación. Se considera ideal un pH de 5,2 a 6,4 en el suelo. (FAO, 2008).

La siembra

Generalmente se lleva a cabo con "papas semillas", que son pequeños tubérculos o fragmentos de éstos, los cuales se introducen a una profundidad de 5 a 10 centímetros en la tierra. El tubérculo semilla debe estar libre de enfermedades, tener buenos brotes y pesar de 30 a 40 gramos. (FAO, 2008).

Ciclo de vida de la papa

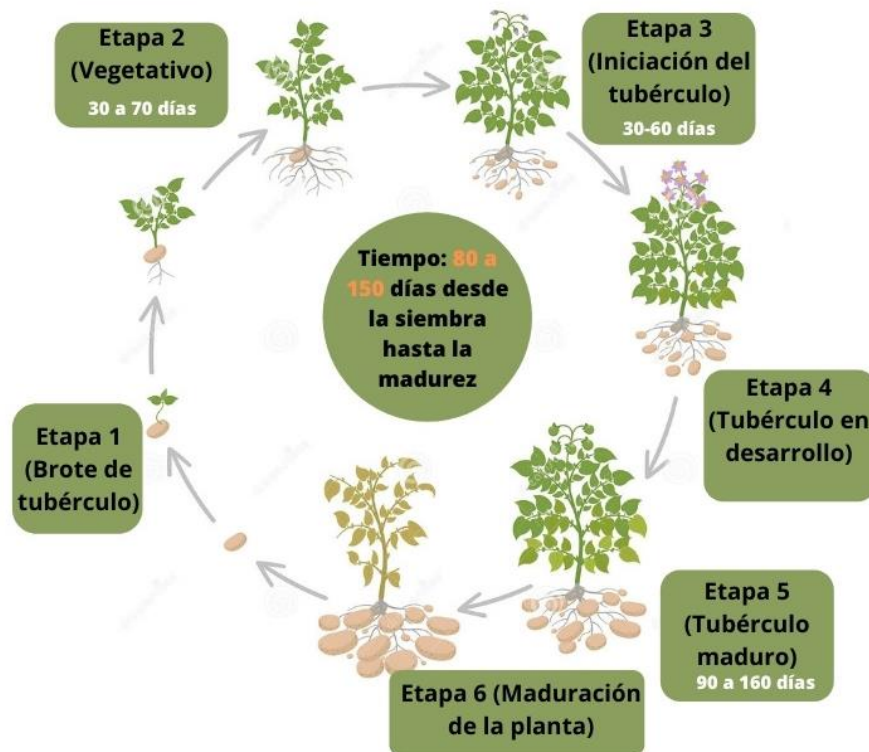


Figura 4: Ciclo del cultivo de papa.
Fuente: (Red Agroactiva, 2019).

Cuidado del cultivo

Es necesario combatir la maleza para que el cultivo tenga una "ventaja competitiva"; si la maleza es grande hay que eliminarla antes de iniciar la formación de los camellones. Éstos se forman amontonando tierra, tomada de entre las hileras, en torno al tallo principal de la papa., estos sirven para que la planta se mantenga vertical y la tierra esté suelta, impide que las plagas de insectos, como la polilla del tubérculo, llegue a los tubérculos, y contribuye a prevenir el crecimiento de maleza. (FAO, 2008).

Aplicación de abono y fertilizante

El uso de fertilizantes químicos depende de la cantidad de nutrientes presentes en el suelo por ejemplo las tierras volcánicas por lo común carecen de fósforo. Sin embargo, la papa prospera con la aplicación de abono orgánico; la aplicación de fertilizantes se debe calcular correctamente de acuerdo con la cosecha prevista, el potencial de la variedad y la utilización prevista de la cosecha. (FAO, 2008).

Suministro de agua

El suelo debe mantener un contenido de humedad relativamente elevado. Las mejores cosechas, en cultivos de 120 a 150 días, se obtienen con de 500 a 700 mm de agua. En general, la falta de agua hace disminuir la producción. (FAO, 2008).

Plagas y enfermedades

No existen sustancias químicas para combatir las enfermedades bacterianas y virales, pero se pueden controlar mediante una vigilancia constante (y fumigación cuando sea necesario) de los áfidos que son sus vectores.

Las plagas de insectos pueden destruir velozmente un cultivo de papas. Las medidas recomendadas para combatir las plagas son la vigilancia constante y la protección de los enemigos naturales de las plagas. Una plaga importante, se puede reducir destruyendo los insectos, sus huevos y sus larvas cuando aparecen a principios de la temporada. La sanidad, la rotación de cultivos y el uso de variedades resistentes de papa ayudan a prevenir la propagación de los nematodos. (FAO, 2008).

Cosecha

Cuando las hojas de la planta de la papa se ponen amarillas y los tubérculos se desprenden con facilidad de sus estolones, significa que la papa está madura. Si las papas van a almacenarse en vez de consumirse enseguida, se dejan en el suelo para que la piel se haga más gruesa, porque una piel más gruesa previene las enfermedades que se producen durante el almacenamiento y evitan que la papa se encoja por pérdida de agua. Sin embargo, si se dejan los tubérculos en el suelo

demasiado tiempo, aumenta la posibilidad de que contraigan la enfermedad fúngica llamada viruela de la papa. (FAO, 2008).

Cultivo de papa en Colombia

De acuerdo con FEDEPAPA (Federación Colombiana de productores de papa), el país de Colombia, aproximadamente 90,000 papicultores generan entre 2,700,000 a 3,000,000 de toneladas de papa al año, las cuales son cultivadas alrededor de 123.500 Hectáreas a nivel nacional.

Los Departamentos de mayor concentración de cultivo de papa los encontramos en Boyacá, Antioquia, Cundinamarca, Santander, los cuales representan un 96% de dicha producción y un 4% entre otros los cuales son Caldas, Tolima y Cauca.

El Departamento de Cundinamarca encontramos una altura entre los 2700 a 3300 msnm con temperatura variable entre los 7°C a 18°C, donde es ideal para dicha producción de cultivo de papa.

A nivel nacional este departamento representa un 37% de la cantidad de papa y un 38% de la superficie del país. El Área aproximada es de 46.860 Ha, correspondientes para una producción de 1.067.203 Ton, y con un rendimiento proyectado del 22.77 Ton/Ha.

El Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) brinda la información requerida para poder mitigarlos problemas que se generen debido a las plagas y enfermedades debido a las olas invernales.

Certificación de la semilla, donde disminuye los riesgos sanitarios, protección del cultivo, con rendimientos positivos.

Siembra de la semilla o tubérculo, es clave el estado de la maduración de la semilla y del tamaño entre 0.5cm a 1cm.

La calidad física de los tubérculos debe contener un peso entre los 70g a 120 g sin presencia de deformaciones. En cuanto a la calidad sanitaria debe ser sometida a una inspección para identificar algún síntoma de enfermedades como lo pueden ser sarna común, gota, larvas de gusano, polillas. (FEDEPAPA, 2020).

Plagas que afectan al cultivo de papa

- **Babosa (*Deroceras* sp.)**

Las babosas han sido clasificadas como moluscos de orden gasterópoda, son organismos herbívoros, se les conoce como plagas de jardines, frutales, leguminosas, viveros y de hortalizas sembradas en exteriores.

Tienen una alimentación muy variada, normalmente se alimentan de tejidos de plantas. Prefieren estructuras sobre la superficie del suelo. El daño que estas causan son el brotes nuevos y hojas de papa, ya que se manifiestan por orificio en las hojas de las planas, raspados y cortes, que reducen la superficie para la fotosíntesis y afectando así al crecimiento de la planta.

Para la prevención y control de la babosa se debe mantener en el cultivo limpio junto con los bordes del área cultivada, también realizar una inspección constante del cultivo y por último hacer destrucción de los residuos de la cosecha. (ICA, 2011).

- **Pulguilla**

Son cucarrones que se alimentan en los cogollos y al expandirse a las hojas se observan huecos de diferentes tamaños o bien cicatrices redondas y claras en el haz de las hojas. Cuando son muy abundantes y la planta está recién germinada, destruyen gran parte del área foliar y es entonces cuando el cultivo puede sufrir daños considerables. Suelen atacar durante el primer mes después de germinada la papa y es en ese momento, que debe realizar dos inspecciones semanales como mínimo para determinar si el cultivo es afectado por esta plaga.

Para controlar esta plaga se debe evaluar el daño, por medio de una inspección visual, y se hace una conclusión cualitativa del daño que varía desde sin daño hasta daño fuerte, donde el cultivo ya se ve comprometido. (ICA, 2011).

- **Polilla guatemalteca (*Tecia solanivora*)**

En 1985, aterrizó esta plaga a Colombia, por el Norte de Santander proveniente de Venezuela donde se detectó en 1983, ya una vez detectada la plaga no se pudo realizar el control de la plaga, y se extendió al resto del país, y luego extendiéndose así a Ecuador en 1996. Su ataque causa grandes pérdidas, ya que no solo se ve afectada la apariencia del tubérculo, lo cual ya reduce su valor comercial y por ende los ingresos de los cultivadores, sino al hecho de que los tubérculos que son afectados gravemente quedan inhabilitados para consumo humano o animal.

Para controlar esta plaga se deben realizar los siguientes controles:

- ✓ Realizar una correcta preparación del suelo. Elimine terrones, malezas, huevos, larvas y pupas.
- ✓ Siembre semilla certificada únicamente.
- ✓ Efectúe siembra profunda (15 cm) y tápala inmediatamente
- ✓ Aplicar riego frecuentemente si es posible
- ✓ No mezclar para con tomate, tabaco, berenjena, remolacha o pepino.
- ✓ Realizar una cosecha oportuna o anticipada, para que así la papa no quede expuesta en el campo. (ICA, 2011).

- **Mosca Blanca**

Se cree que es la responsable de la transmisión de, por lo menos, cinco enfermedades virales en la papa, la que más sobresale es el amarillamiento de venas. Lo que hace esta plaga para causar el daño al cultivo es que extraen la savia de las plantas. Altas poblaciones alimentándose en el follaje pueden afectar los procesos fisiológicos de las plantas, provocando que éstas se debiliten, amarillamiento, deformación del follaje y hasta defoliación. Como consecuencia de este daño puede presentarse una reducción serie en los rendimientos de los cultivos.

Para mantener un control sobre esta plaga, se debe establecer un plan de fertilización del cultivo de acuerdo con el resultado de análisis de suelo, seleccionar una semilla sana y podar bajas y manejar adecuadamente con estos residuos. (ICA, 2011).

- **Gusano blanco**

Esta plaga cuenta con tres etapas, donde cada etapa le hace un daño distinto al cultivo, en su etapa de larva, el insecto ingresa, crece y se alimenta de la pupa del tubérculo, destruyéndolo así internamente. Ya en su fase adulto, se forma un gorgojo casi negro, se alimentan alojan en los tallos y también se alimentan de estos y también del follaje principalmente durante la noche.

Si se desea mantener esta plaga fuera del cultivo se debe preparar adecuadamente en el suelo, en condiciones de humedad, manejar oportunamente los arvenses, especialmente gramíneas, realizar cultivos trampa, sembrando 3 surcos en los contornos del lote, realizar una captura de los adultos por la noche y hacer rotaciones de cultivos. (ICA, 2011).

Plaguicidas utilizados para combatir las plagas

- Orthene 75% SP
- Permetrina 34%
- Clorpirifos
- Malathion 57%
- Engeo 247 ZC

6.2 Marco conceptual

Aguas agrícolas

Se refieren a todos aquellos recursos hídricos que se usan para cultivar productos de la tierra y mantener el ganado. Existen cuatro áreas principales de uso del agua en la agricultura: riego de cultivos, suministro de agua potable para el ganado, limpieza de edificios e implementos agrícolas, y suministro de agua potable para quienes trabajan en las granjas productoras.

Son aguas que resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua que proviene de las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que también pueden agregarse eventualmente al agua residual. (Castillo, 2020).

Aguas residuales

Las aguas residuales son cualquier tipo de agua cuya calidad está afectada negativamente por la influencia antropogénica. Se trata de agua que no tiene valor inmediato para el fin para el que se utilizó ni para el propósito para el que se produjo debido a su calidad, cantidad o al momento en que se dispone de ella. (Zarsa, 2018).

Carga orgánica

Es el contenido de compuestos de carbono en un efluente, cualquiera sea su origen. Dichos compuestos de carbono son estructuras químicas (moléculas) donde el carbono está enlazado a hidrógeno y otros elementos como azufre, oxígeno, nitrógeno, fósforo y cloro, entre otros. (NotiJenk, 2013).

Demanda biológica de oxígeno (DBO)

La oxidación microbiana de la materia orgánica es una de las principales reacciones que ocurren en los cuerpos naturales de agua y es de las mayores demandas de

oxígeno, que es ejercida por los microorganismos heterotróficos, que se deben cuantificar. (Navarro, 2015).

Demanda química de oxígeno (DQO)

Es aquel estudio que determina la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación de materia orgánica en una muestra de agua. (Rodríguez et al., 2007).

Materia orgánica

La materia orgánica del suelo contiene cerca del 5% de N total, pero también contiene otros elementos para las plantas, que pueden ser, fósforo, magnesio, azufre, micronutrientes y calcio. (Julca-Otiniano et al., 2006).

Pretratamiento

En el pretratamiento del agua residual se requiere principalmente remover los sólidos del agua residual para proceder a su tratamiento químico. (Rojas, 2002).

Recirculación de aguas

Son sistemas de vital importancia ya que no solo son importantes debido a su eficiencia en la utilización del agua, sino, además, debido a que existe un mayor control del medio ambiente. (Hernández Barraza et al., 2009).

Sólidos suspendidos totales (SST)

Hace referencia a los sólidos no sedimentables que contienen las agua residuales, los sólidos suspendidos son aquellos que son arrastrados por acción del agua y no sedimentan rápidamente además de tener un tamaño menor a 0.01 mm. (Hernández, 2007).

Turbidez

Es causada por la materia suspendida en el agua. Es una relación entre la concentración de partículas suspendidas y el paso de luz a través de esta, entre más se dificulte el paso de la luz, mayor turbiedad tendrá el agua. (IDEAM, 2007).

6.3 Marco institucional

La Universidad Militar Nueva Granada, es una de las instituciones donde su objetivo principal es fomentar la formación de nuevos profesionales en diferentes áreas que tienen a disposición, y a su vez estos aporten a la sociedad con sus capacidades y enseñanzas obtenidas en su proceso de aprendizaje como estudiantes; además de esto busca incentivar a los estudiantes para lograr cumplir sueños y logros

personales, por medio de estas características se alcanza un futuro de cambio ante la sociedad.

A través de la Facultad de Ingeniería y efectuando los requisitos para ser un Ingeniero Civil se realizó este trabajo de grado como apoyo para contribuir al proyecto de INV EES 3179 de la Vicerrectoría de Investigación de la UMNG, aplicando los conocimientos y formación que nos brindó la Universidad con ayuda de los diferentes docentes y a su vez poder contribuir en dar solución a problemáticas como se plantea en este trabajo el cual es sobre la contaminación presente en las aguas residuales debido a los agroquímicos que se utilizan para los cultivos de papa.

6.4 Marco legal

Normatividad de vertimiento de aguas residuales	
Resolución 0631 del 2015 (Res_631_marz_2015.pdf, s. f.)	Parámetros y valores límites máximos permisibles de vertimientos en aguas superficiales.

Tabla 1: Normatividad de vertimiento de aguas residuales.

Normatividad del uso del suelo	
Ley 388 - 1997 (Ley 388 de 1997 Secretaria del Hábitat, s. f.)	El POT tiene la facultad de realizar ajustes para el uso del suelo, salvaguardando el patrimonio natural.

Tabla 2: Normatividad del uso del suelo.

Normativa del uso de plaguicidas en Colombia	
Ley 09 -1979 (Ley_9_1979.Codigo Sanitario Nacional.pdf, s. f.)	Normas generales para los plaguicidas para su producción, comercialización, transporte y almacenamiento.
Ley 101 - 1993	Control epidemiológico en el manejo de los plaguicidas y controles toxicológicos y permiso de uso (licencia), a cargo del ICA (Instituto Colombiano Agropecuario).
Ley 99 - 1993	Expedición de licencia ambiental de importación - producción para plaguicidas, respaldándose de estudios de impactos al medio ambiente y reglamentación de la ubicación.
Decreto 1843 - 1991	Creación del consejo nacional y seccionales de plaguicidas, junto con la reglamentación de la Ley 09 - 1979.
Resolución 243 - 1982 del ICA	Restricción total de plaguicidas que posean Dibromocloropropano los cuales son aplicados en el suelo para controlar las plagas.
Resolución 2713 (Resolucion 2713 ICA.pdf, s. f.)	Por la cual se dictan Disposiciones Reglamentarias para Reguladores Fisiológicos y Coadyuvantes de uso agrícola.
Resolución 1023 - 1997 del ICA (RESOLUCION -1023-de-1997-1.pdf, s. f.)	Establece parámetros para la comercialización y distribución de insumos agropecuarios (semillas).
Resolución 693 - 2007 Ministerio de Ambiente, vivienda y desarrollo territorial. (res_0693_190407.pdf, s. f.)	Implementan los parámetros a tener en cuenta para los productos de posconsumo de plaguicidas.

Tabla 3: Normatividad del uso de plaguicidas en Colombia.

6.5 Marco ambiental

Legislación vigente con respecto al manejo de los residuos de la papa	
Ley 2811 – 1974 (Decreto_2811_de_1974.pdf, s. f.)	Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.
Ley 430 – 1998 (ley_0430_1998.pdf, s. f.)	Normas prohibitivas para los desechos peligrosos al territorio nacional, y responsabilidades en su producción, gestión y manejo que se le dé a éstos.

Tabla 4: Normatividad Ambiental.

7. Metodología

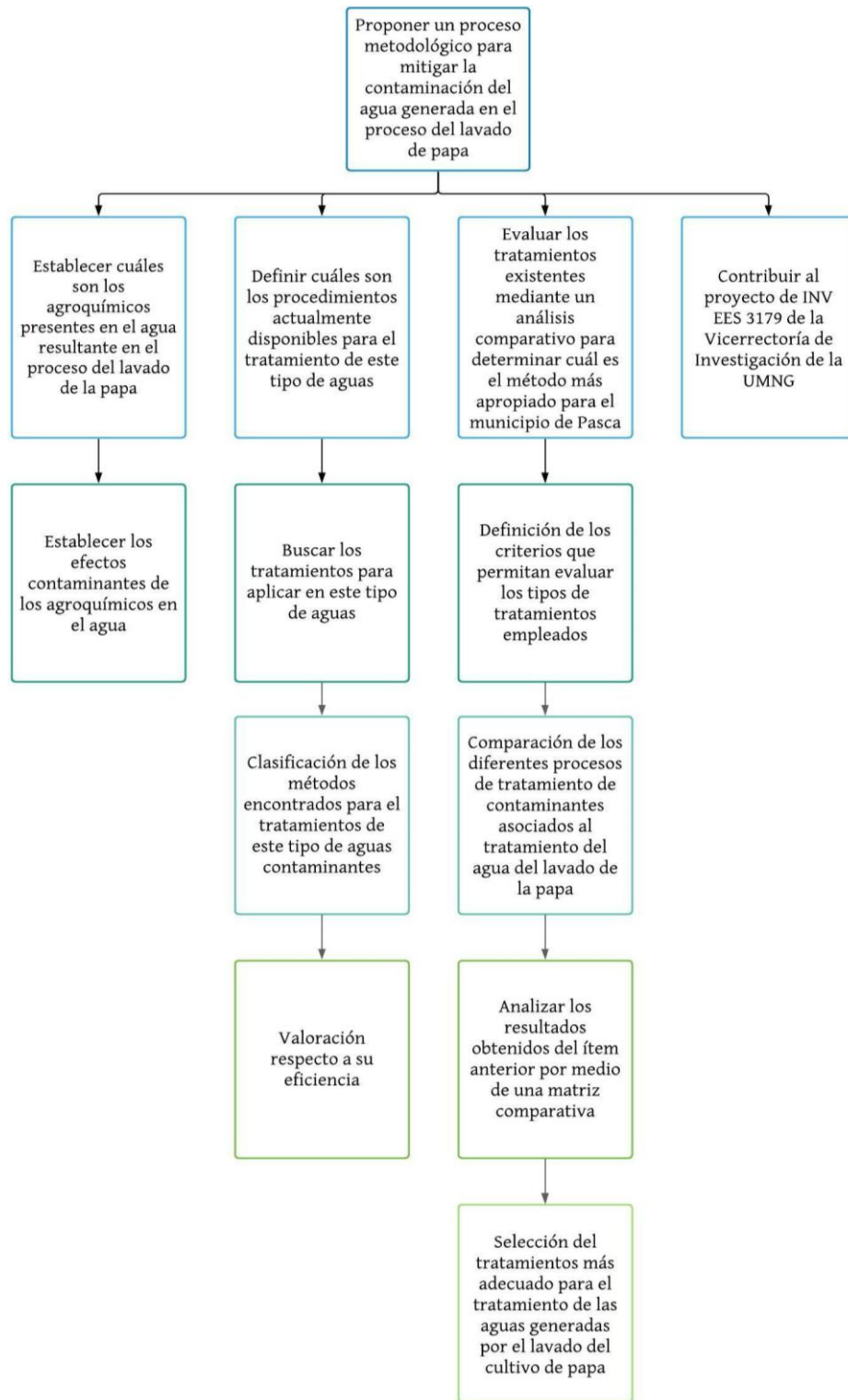


Figura 5: Metodología.
Fuente: Propia.

8. Análisis de resultados

En este capítulo se evidencia los resultados obtenidos al aplicar la metodología establecida del trabajo.

8.1 Agroquímicos presentes en el agua resultante en el proceso del lavado de la papa.

- **Orthene 75% SP**

Es un insecticida sistémico de amplio espectro, con acción estomacal y de contacto, controla una amplia gama de insectos chupadores y masticadores tales como afidos, trips, larvas de lepidópteros y minadores.

Principalmente en el cultivo de papa para combatir la polilla se recomienda una dosis de 500 g/Ha y un volumen entre 200 a 400 L/Ha del componente.

La categoría de toxicidad es II, es moderadamente peligroso. (ADAMA Andina, 2016).

- **Permetrina 34%**

Insecticida de la familia de los piretroides sintéticos, de contacto e ingestión. Su utilización es para combatir la palomilla que posee los cultivos de la papa, y el gusano falso; se recomienda una dosis de 0,5 a 0,6 L/Ha. su aplicación debe ser en el follaje y un lapso de 7 días. (Liñán, 2016).

La categoría de toxicidad es III, es decir peligro bajo. (Gowan, 2019).

- **Clorpirifos**

Su principal aplicación es para los insectos masticadores y chupadores, también en la maleza de cascarudo rubio, no es un plaguicida de tipo fitotóxico de los cultivos. Compatible con otros químicos menos de los componentes que poseen alcalinidad. (EARTHJUSTICE, 2019).

La categoría de toxicidad es III, es decir peligro bajo. (Adama Andina, 2016).

- **Malathion 57%**

Insecticida utilizado para controlar larvas que están presentes en las plantas. Es de gran efectividad en corto tiempo, pertenece al grupo químicos de los Organofosforados. En los cultivos de papa combate especies como la Polilla guatemalteca, y se recomienda una dosis de 125 ml por 1.5 L de Agua/bulto

por un periodo de 12 horas después de su aplicación. Se realiza por modo de aspersión para garantizar la efectividad del producto en el cultivo antes de ser almacenado.

La categoría de toxicidad es II, es moderadamente peligroso. (ADAMA Andina, 2017).

- **Engeo 247 ZC**

Insecticida utilizado para combatir larvas e insectos masticadores, como lo pueden ser pulgones, moscas blancas, polillas entre otros. Este insecticida es de amplio espectro y a su vez evita el nacimiento de huevos por contacto directo.

La categoría de toxicidad es II, es moderadamente peligroso. (Syngenta, 2021).

	LD ₅₀ agudo (ratas), mg/kg de plaguicida			
	Por vía oral		Por vía cutánea	
	Sólidos	Líquidos	Sólidos	Líquidos
1a Sumamente peligroso	5 o menos	20 o menos	10 o menos	40 o menos
1b Muy peligroso	Más de 5 Hasta 50	Más de 20 Hasta 200	Más de 10 Hasta 100	Más de 40 Hasta 400
2 Moderadamente peligroso	Más de 50 Hasta 500	Más de 200 Hasta 2.000	Más de 100 Hasta 1.000	Más de 400 Hasta 4.000
3 Poco peligroso	Más de 500 Hasta 2.000	Más de 2.000 Hasta 3.000	Más de 1.000	Más de 4.000
4 Productos que normalmente no ofrecen peligro	Más de 2.000	Más de 3.000		

Figura 6: Indicador de toxicidad OMS.

Fuente: (Syngenta, 2000).

8.2 Procedimientos actualmente disponibles para el tratamiento de este tipo de aguas.

- **Tren de tratamiento Cardozo, M., & Pardo, J. (2018).**

- ✓ **Cribado (pretratamiento)**

El cribado constituye una etapa del tratamiento preliminar, por lo general en una instalación ubicada en la cabecera de la planta, en la que se remueven objetos grandes que provienen en el agua residual y que pueden interferir con el funcionamiento de los equipos ubicados aguas abajo. Este proceso contempla varios aspectos tales como, la configuración de las rejillas, el transporte de los sólidos retenidos, y con frecuencia el lavado y compactación de estos últimos. (CAR, 2011).

- ✓ **Desarenador (pretratamiento)**

Los desarenadores son obras hidráulicas que sirven para separar (decanar) y remover (evacuar) después, el material sólido que lleva el agua de un canal, permitiendo eliminar ciertas partículas que se encuentran en suspensión en la masa fluida. Su función es mejorar la calidad del agua, eliminándolas partículas de cierto tamaño que la captación al sistema. Su función es mejorar la calidad del agua, eliminándolas partículas de cierto tamaño que la captación al sistema. En general, los desarenadores tienen la importante misión de eliminar ciertas partículas que se encuentran en suspensión en el agua y posteriormente, mediante una adecuada operación arrojarlas al río. (Vallejo, 2019).

- ✓ **Tratamiento fisicoquímico con tanque de floculación.**

En la depuración de aguas residuales, es habitual someter éstas a un tratamiento fisicoquímico previo a su descarga a la red de alcantarillado o a los receptores (ríos, pantanos, mares, etc.) siendo el más utilizado la coagulación-floculación; la eficacia de las operaciones posteriores de tratamiento depende del éxito de este proceso. (Aguilar, M.L.; Sáez, J.; Lloréns, M.; Sole, A - Ortuño, 2014).

El proceso de coagulación–floculación resulta un método útil para la separación de partículas muy finas de naturaleza coloidal que presentan gran estabilidad en el agua. El proceso de coagulación–floculación consiste en añadir al agua o agua residual determinados aditivos químicos con el objetivo de favorecer la sedimentación de materia coloidal no sedimentable o aumentar la rapidez de sedimentación por la formación de flóculos. (Cabrera et al., 2019).

✓ **Filtración directa con cartuchos de polipropileno y carbón.**

La filtración directa es un proceso relativamente simple de filtración, y es económicamente atractivo. El sistema produce mejorías significativas en la calidad del agua fuente — pero los mejores resultados se producen en aguas fuente de calidad relativamente alta, con flujos constantes y baja turbidez. (Academia Nacional de Ciencias, 2007).

Filtros cartucho construidos en polipropileno termo fusionado, utilizados para la reducción de sedimentos en el agua. Usados en el pretratamiento para sistemas de ósmosis inversa, ultrafiltración y filtración básica o directa. Además, por su material de construcción proporciona una alta retención de sólidos y buena resistencia química, altos rangos de remoción y mejor retención de partículas contaminantes. (Pure Water, 2012).

El carbón activado tiene una textura similar a la de pequeños gránulos de arena negra. Su función como filtro es remover contaminantes del agua por medio de adsorción, donde las partículas a filtrar se adhieren a la superficie de los gránulos del carbón. Este material adsorbente es muy eficiente ya que su gran porosidad hace aumentar la superficie de contacto con el agua. (HIDROFILTEC S.A.C., 2019).

✓ **Tratamiento de lodos por medio de lechos de secado.**

Se conocen como lodos crudos a aquel tipo de fango que no ha sido tratado ni estabilizados, y el cual puede ser extraído de manera directa de los estanques de sedimentación presentes en las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) antes que el proceso de descomposición haya avanzado. Generalmente este tipo de material se conoce como lodos sin digerir. (Fibras y Normas de Colombia S.A.S., 2017).

Los lechos de secado se suelen utilizar, normalmente, para la deshidratación de lodos digeridos. Una vez seco, el lodo se retira y se evacúa a vertederos controlados o se utiliza como acondicionador de suelos. Las principales ventajas son su bajo costo, el escaso mantenimiento que precisan, y el elevado contenido en sólidos del producto final. (Gutiérrez, 2016). Se utilizan cuatro tipos de canchas de secado:

- Convencionales de arena
- Pavimentadas
- De medio artificial
- Por vacío

✓ **Desinfección con Cloro.**

La desinfección tiene por objeto eliminar a los microorganismos patógenos y garantizar la ausencia de todo germen infeccioso (bacteria o virus) en las aguas. Los productos clorados son las sustancias utilizadas con mayor frecuencia en el tratamiento químico del agua gracias a su inocuidad y facilidad para el control de sus niveles. (Hanna Instruments, 2015).

Este procedimiento se utiliza desde hace varias décadas. En las grandes redes de distribución de agua potable se añade cloro al agua para que no se contamine durante el transporte desde la planta de tratamiento hasta el usuario. Por otro lado, la cloración se utiliza a escala individual, familiar o colectiva en muchos países desarrollados donde el agua disponible es susceptible de estar contaminada. También la utilizan los organismos de solidaridad internacional en situaciones de emergencia.

El tratamiento del agua por cloración permite eliminar de forma sencilla y poco costosa la mayor parte de los microbios, las bacterias, los virus y los gérmenes responsables de enfermedades como la disentería, las fiebres tifoideas y el cólera. No obstante, es incapaz de destruir ciertos microorganismos parásitos patógenos. La cloración, por tanto, desinfecta el agua, pero no la purifica por completo. (Zayas, 2018).

- **Tratamiento de agua residual procedente de compuestos orgánicos de cáscaras (Cedeño & Sacoto, 2019).**

✓ **Coagulación y floculación (Con cascaras de tubérculos).**

Para este tratamiento solo se trata el agua por medio de floculación y coagulación con cascaras de plátano y de yuca, con el fin de remplazar los productos químicos y hacer el proceso mucho más orgánico y natural aparte de reducir costos, entonces el proceso consiste en seleccionar, lavar, deshidratar y pulverizar las cascaras hasta obtener partículas entre 1 -1.10 mm, una vez hecho esto, inmediatamente se pesará 1gr de cascaras pulverizadas y se agregaran a 1000 ml de agua destilada, para evitar que la sustancia se oxide inmediatamente se procede a realizar un test de jarras con el agua residual que se desea tratar. (Cedeño & Sacoto, 2019).

- **Tratamiento de aguas residuales en el procesamiento de papa (Flowen, 2018).**
- ✓ **Pretratamiento.**

La separación de los sólidos flotantes y suspendidos se realizan a través de tamices rotativos con limpieza automática inferiores a 5 mm. (Flowen, 2018).
- ✓ **Sedimentador primario.**

Permite retener los sólidos suspendidos tales como arena y limo a través de la separación por gravedad el cual permite que las partículas más densas tengan una trayectoria descendente. Este proceso se puede realizar también por medio de tornillos compactos con tamices para ser descargados en contenedores de residuos. (Flowen, 2018).
- ✓ **Ecualizador.**

Etapa de almacenamiento del agua residual con el fin de regular el caudal y homogeneizar la concentración de la carga orgánica esto debido que la generación del agua residual es variable según el proceso. (Flowen, 2018).
- ✓ **Lodos activados.**

Tratamiento de biomasa suspendida a través de suministro de oxígeno por difusión de aire (burbuja fina) para la degradación de materia orgánica. Con eficiencias del 80% en la remoción de DBO. Para la operación de estos sistemas se evalúa la concentración de oxígeno disuelto, contenido de sólidos suspendidos volátiles el cual es alimentado por la recirculación del decantador secundario así mismo la purga se calcula por medio de un balance de masa. (Flowen, 2018).
- ✓ **Decantación.**

Proceso por el cual los sólidos sedimentables son retirados del agua debido a su densidad y tamaño. Los lodos producidos se recomienda reducir el volumen a través de la estabilización, espesamiento y/o deshidratación. En la estabilización se puede realizar por medio anaerobio y aerobio o en el caso de sistema de lechos de secado para su deshidratación por acción de la luz solar (específico del lugar de ubicación). Para el reúso del agua tratada en el proceso se requiere el uso de membranas tales como ultrafiltración, nanofiltración u ósmosis inversa. (Flowen, 2018).

8.3 Evaluación de tratamientos existentes.

En la tabla 5 se presentan los parámetros para seleccionar el tratamiento más adecuado y óptimo para el tratamiento de las aguas residuales resultantes del lavado de papa en el municipio de Pasca Cundinamarca.

	Pretratamiento	Tratamiento	Resultado	Costo
Tren de tratamiento Cardozo, M., & Pardo, J. (2018).	Esta planta al contar con cribado y desarenador tiene la ventaja inicialmente de poder remover partículas grandes que puedan generar obstrucciones tales como sólidos suspendidos totales.	Por medio de la coagulación-floculación se busca la eliminación de partículas finas por medio del uso de Hidróxido de Aluminio (Al(OH) ₃) como coagulante y cloruro de dialildimetilamonio (PolyDACMAC) como floculante, además se emplea filtración directa por medio de filtros de carbón granular y polipropileno. Una vez realizado ambos procesos se procede a realizar un lecho de secado para la deshidratación de lodos digeridos, por último, se efectúa una desinfección por medio cloro, para terminar de eliminar bacterias y factores patógenos presentes en el agua, con esto finaliza el proceso de tratamiento del agua, dejándola lista para su reutilización y mayor aprovechamiento.	Se dimensiono un sistema de tratamiento de aguas residuales para la industria de papa teniendo en cuenta la calidad del agua cruda con respecto a los parámetros de DBO, DQO y Sólidos suspendidos totales; para determinar el tipo de floculante y coagulante más efectivo, así como las dosis optimas de estos se realizaron ensayos con test de jarras, tomando como base el cumplimiento de la resolución 0631/2015.	Este tren de tratamiento tiene un costo aproximado de nuevo millones de pesos colombianos, con un costo de operación mensual de seiscientos cincuenta mil pesos colombianos, pero presenta la desventaja de no prestar el servicio para la reutilización del agua, ya que la implementación de un tanque para el almacenamiento del agua resulta muy costosa.

Tabla 5: Cuadro comparativo de tratamientos a implementar.

	Pretratamiento	Tratamiento	Resultado	Costo
Tratamiento de agua residual procedente de compuestos orgánicos de cáscaras (Cedeño & Sacoto, 2019).	En este tratamiento no se cuenta con una forma inicial para la eliminación de partículas de gran tamaño.	Este tratamiento basa todo su proceso para el tratamiento del agua residual por medio de la floculación y coagulación, esto lo hace a través de la recolección, deshidratación y pulverización de cascaras de yuca y de plátano hasta llegar a un diámetro de 1.00 -1.10 mm; después de la obtención del polvo se mezclará con agua destilada, esta sustancia se tiene que utilizar de inmediato para evitar su biodegradación, entonces por medio del test de jarras se procede a realizar el tratamiento al agua aplicando esta solución orgánica.	El mejor coagulante resultó ser la cascara de plátano al tener un mayor porcentaje de almidón, y esto provocó que tuviera una mayor eficiencia de remoción de color y turbidez removiendo el 52.4% y 99.3% respectivamente	Este tratamiento, aunque parezca económico por el uso de cascaras, resulta tener un costo elevado debido que para la obtención del polvo para la sustancia requiere un tratamiento especial, además que para poder tratar las grandes cantidades de agua resultantes del lavado de papa se requerirían varios floculadores lo cual elevaría considerablemente el precio de este tratamiento.

Tabla 6: Cuadro comparativo de tratamientos a implementar.

	Pretratamiento	Tratamiento	Resultado	Costo
Tratamiento de aguas residuales en el procesamiento de papa (Flöwen, 2018).	Se emplean tamices rotativos con limpieza automática inferiores a 5 mm.	Por medio de un sedimentador primario se retienen los sólidos suspendidos tales como arena y limo, además del uso de un ecualizador que tiene como el fin regular el caudal y homogeneizar la concentración de la carga orgánica, junto con esto un tratamiento de lodos activados para la degradación de materia orgánica y por último un proceso de decantación para que los sólidos sedimentables puedan ser retirados del agua debido a su densidad y tamaño.	Busca eficiencias del 80% en la remoción de DBO, además, por medio de la decantación se busca terminar de remover las partículas restantes en el agua principalmente arenas, que puedan generar que el agua no cumpla con los estándares requeridos por la resolución 0631 del 2015 para su reutilización en el sector agrícola.	Este tratamiento tiene un costo alrededor de cuatrocientos cincuenta millones de pesos colombianos, sin embargo, este costo se debe a que a la complejidad y al caudal que esta planta puede llegar a manejar.

Tabla 7: Cuadro comparativo de tratamientos a implementar.

De acuerdo con lo observado en tabla 5 podemos ver que la solución para el tratamiento del agua del agua residual resultante del lavado de papa de Pasca Cundinamarca es el Tren de tratamiento Cardozo, M., & Pardo, J. (2018). Debido a que se realiza un tratamiento de alta calidad debido al correcto planteamiento de un pretratamiento y tratamiento además en términos de costo y espacio requerido para su implementación van de acuerdo con las condiciones del municipio y aunque este tratamiento no cuente con un sistema de reutilización del agua tratada se cumple con el objetivo de la eliminación de los agroquímicos que resultan nocivos para el medio ambiente y así dando cumplimiento con las normas de un correcto vertimiento. Respecto al Tratamiento de agua residual procedente de compuestos orgánicos de cáscaras (Cedeño & Sacoto, 2019), no se toma en cuenta debido a que no cuenta con un pretratamiento lo que provoca que todo se base principalmente en la floculación, entonces la eliminación de residuos sólidos de gran tamaño no sería la más adecuada en este sistema, además de que su

eficiencia en la operabilidad para este caso no sería la mejor debido a la gran cantidad de floculadores que se requerirían para tratar grandes cantidades de agua lo cual no es eficiente en este caso, este tratamiento se recomienda para caudales de menor medida y para realizar más estudios con diferentes cascaras de alimentos; por último para el caso del Tratamiento de aguas residuales en el procesamiento de papa (Flowen, 2018), no se tuvo en cuenta por el costo tan elevado de este sistema y a su complejidad en la construcción, aunque tenga la ventaja de poder reutilizar el agua para los riegos de los cultivos esto aumenta su costo, este tratamiento se recomienda para una región de mayor tamaño que este dispuesta a realizar una gran inversión para tratar el agua residual y así aprovechar los beneficios de su reutilización.

9. Conclusiones

El proceso metodológico para mitigar la contaminación del agua generada en el proceso de lavado de papa debido a los agroquímicos presentes en el cultivo en el municipio de Pasca Cundinamarca fue Tren de tratamiento Cardozo, M., & Pardo, J. (2018). Con el tratamiento seleccionado se demuestra que el costo de tratar este tipo de aguas no es muy elevado, además de que es importante ya que, como se dijo anteriormente se utilizan agroquímicos para la eliminación de plagas que afectan el cultivo; por ende, las aguas tendrán residuos de estos provocando que puedan terminar en los vertimientos cercanos al municipio así afectando a la población de este y también se da cumplimiento a la normativa vigente la resolución 0631 del 2015. Para la determinación de este resultado primero se establecieron cuales son los agroquímicos presentes en el agua resultante del proceso de lavado; además se definieron cuales son los procedimientos actualmente disponibles para el tratamiento de este tipo de aguas, por otro lado, se evaluaron los tratamientos existentes bajo un análisis comparativo teniendo como base los criterios de pretratamiento, tratamiento, resultado y costo. Para finalizar se contribuyó al proyecto de INV EES 3179 de la Vicerrectoría de Investigación de la UMNG.

10.Recomendaciones

- Tener presente la ficha técnica de los agroquímicos a emplear para conocer su toxicidad y así mismo el daño que pueden llegar sino se les da un correcto vertimiento.
- Realizar un correcto mantenimiento al tratamiento seleccionado en sus fases de pretratamiento y tratamiento para así asegurar la calidad del agua resultante del tratado.
- Realizar con frecuencia ensayos al agua para así verificar que este cumpliendo con los parámetros establecidos.
- Para el vertimiento de aguas, regirse por la normativa vigente para su correcto cumplimiento y evitar daños al ecosistema.
- El espacio requerido para el secado de los lodos debe ser amplio y si es posible con una exposición directa al sol.

11. Bibliografía

- Academia Nacional de Ciencias. (2007). *Sistemas de Filtración*.
<https://www.koshland-science-museum.org/water/html/es/Treatment/Filtration-Systems-technologies.html>
- ACERCAR. (2021). *Actividad: Proceso de lavado de la papa*. 3.
<http://ambientebogota.gov.co/documents/24732/3987453/Proceso+de+lavado+de+papa.pdf>
- Adama Andina. (2016). *Knocker 480*. Adama Andina.
https://www.adama.com/documents/466793/470082/ficha_tecnica_knocker480_adama_tcm43-12065.pdf
- ADAMA Andina. (2016). *ORTHENE 75% SP*.
http://www.ghcia.com.co/plm/source/productos/9894_48_326.htm
- ADAMA Andina. (2017). *Malathion*. Adama Andina.
https://www.adama.com/documents/392363/403813/FT_Malathion57_150319
- Aguilar, M.L.; Sáez, J.; Lloréns, M; Sole, A - Ortuño, J. F. (2014). *Tratamiento Físico-Químico de Aguas Residuales*.
<https://www.aguasresiduales.info/revista/libros/tratamiento-fisico-quimico-de-aguas-residuales>
- Alvarado, L. F. (1980). Ciclo de vida del cultivo de papa. In *Agrosavia*.
<http://hdl.handle.net/20.500.12324/1479>
- Cabrera, X., Fleites, M., & Contreras, A. (2019). ESTUDIO DEL PROCESO DE COAGULACIÓN FLOCULACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DE LA EMPRESA TEXTIL “DESEMBARCO DEL GRANMA” A ESCALA DE LABORATORIO. *Tecnología Química, XXIX*, 64–73.
<https://www.redalyc.org/pdf/4455/445543760009.pdf>
- CAR. (2011). *Cribado Y Estudios Hidráulicos De Cámara De Llegada*.
<https://www.car.gov.co/uploads/files/5aeb722d53187.pdf%0A>
- Cardozo, M., & Pardo, J. (2018). Propuesta de un sistema de tratamiento para las aguas residuales generadas durante el proceso de limpieza de la papa; caso de estudio planta de lavado de Pasca, Cundinamarca. *Ciencia Unisalle*.
http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/25089/41122609_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Castillo, I. (2020). *Aguas agrícolas: concepto, características y contaminantes*.
<https://www.lifeder.com/aguas-agricolas/>

- Cedeño, L., & Sacoto, A. (2019). *TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PROCEDENTE DE INDUSTRIA CAFETERA POR ACCIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS DE CÁSCARAS: MUSA PARADISIACA Y MANIHOT ESCULENTA* (Vol. 8, Issue 5) [Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/39930>
- Congreso de la República. (1993). *Ley 99 de 1993* (No. 99). <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=297>
- Congreso de la República. (1997). *Ley 388 De 1997*. In *Diario Oficial No. 43.091* (No. 388). http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/m/m_norma.jsp?i=339
- DAS. (2017). *Combinación de procesos para el tratamiento de efluentes*. <https://www.das-ee.com/es/tratamiento-de-efluentes/procedimientos/tratamiento-fisico-quimico/#:~:text=En el tratamiento de aguas,pesados de las aguas residuales>
- Definición abc. (2014). *Definición de plano*. <http://www.definicionabc.com/general/plano.php>
- EARTHJUSTICE. (2019). *Lo que debes saber del Clorpirifós El pesticida tóxico que daña a nuestras familias y al medio ambiente*. <https://earthjustice.org/features/lo-que-debes-saber-del-clorpirifos>
- Equipos y Laboratorio de Colombia. (2014). *Floculadores*. <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/floculador>
- FAO. (2006). *Tesoro enterrado: la papa*. Departamento de Agricultura y Protección. <http://www.fao.org/ag/esp/revista/0611sp1.htm>
- FAO. (2008). El cultivo. *Tesoro Enterrado*. <http://www.fao.org/potato-2008/es/lapapa/cultivo.html>
- FAO. (2008). Legado Andino. *Tesoro Enterrado*. <http://www.fao.org/potato-2008/es/lapapa/origenes.html>
- FEDEPAPA. (2018). *Origen de la papa*. <https://preparalapapa.com/origen-de-la-papa/>
- FEDEPAPA. (2020). Nuestros Héroes del Campo no paran frente al COVID-19. *Revista Papa*, 50. <https://fedepapa.com/wp-content/uploads/2020/04/REVISTA-50-completa-2.pdf>
- Fibras y Normas de Colombia S.A.S. (2017). *LODOS ACTIVADOS: DEFINICION, CLASIFICACION Y TIPOS*. Blog Fibras y Normas de Colombia S.A.S. <https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/lodos-definicion-clasificacion->

tipos/#Lodos-Crudos

- Flexbooks. (2021). *Organismos Acuáticos*. <https://flexbooks.ck12.org/cbook/ck-12-conceptos-biologia/section/6.12/primary/lesson/organismos-acuáticos/>
- Flowen. (2018). *Tratamiento de aguas residuales en el procesamiento de papa*. <https://flowen.com.pe/site/tratamiento-de-aguas-residuales-en-el-procesamiento-de-papa/>
- García-Chevesich, P., García, V., Martínez, G., Zea, J., Ticona, J., Alejo, F., Vanneste, J., Acker, S., Vanzin, G., Malone, A., Bellona, C., & Sharp, J. O. (2020). Inexpensive organic materials and their applications towards heavy metal attenuation in waters from southern peru. *Water (Switzerland)*, 12(10), 1–31.
- Google Maps. (2019). *Imagen Satelital Pasca*. <https://www.google.com/maps/@4.308498,-74.3067024,698m/data=!3m1!1e3>
- Gowan. (2019). *PERMETRINA 500CE*. Gowan. <https://mx.gowanco.com/es/productos/permetrina-500ce>
- GreenFacts. (2012). *Toxicidad*. <https://www.greenfacts.org/es/glosario/tuv/toxicidad.htm>
- GreenFacts. (2017). *Tubérculos*. <https://www.greenfacts.org/es/glosario/tuv/tuberculos.htm>
- Gutiérrez, I. (2016). *Lechos de Secado*. Aguamarket. <https://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?id=1137>
- Hanna Instruments. (2015). *La desinfección del agua mediante el uso del Cloro*. WaterExpert. <https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/la-desinfeccion-del-agua-mediante-el-uso-de-cloro>
- Hernández Barraza, C. A., Guzmán, G. A., & López Cantú, D. G. (2009). SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE ACUACULTURA CON RECIRCULACIÓN DE AGUA PARA LA REGIÓN NORTE, NORESTE Y NOROESTE DE MÉXICO Aquaculture production systems with recirculation system in the North, Northeast and Northwest of Mexico. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 25, 117–130. <https://ageconsearch.umn.edu/record/53116/>
- Hernández, A. M. (2007). Sólidos Suspendidos Totales En Agua Secados a 103 – 105 °c. *Subdirección De Hidrología - Grupo Laboratorio De Calidad Ambiental*, 1–4. <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Sólidos+Suspendidos+Totales+en+aguas.pdf/f02b4c7f-5b8b-4b0a-803a-1958aac1179c>

- HIDROFILTEC S.A.C. (2019). *Filtro de carbon activado granulado*.
<http://www.hidrofiltec.com/linea-producto/productos-industriales/filtro-de-carbon-activado-granulado/>
- ICA. (2011). *Manejo fitosanitario del cultivo de papa*. ICA.
<https://www.ica.gov.co/getattachment/b2645c33-d4b4-4d9d-84ac-197c55e7d3d0/Manejo-fitosanitario-del-cultivo-de-la-papa-nbsp;-.aspx>
- IDEAM. (2007). Turbiedad Por Nefelometría (Método B). *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*, 9.
<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Turbiedad+por+Nefelometria..pdf/fc92342e-8bba-4098-9310-56461c6a6dbc>
- Instrumentos Técnicos S.A.S. (2015). *Tamiz*
<https://www.myinstrumentostecnicos.com/equipos-de-laboratorio/tamices/-tamiz-que-es/>
- Jaramillo, J. D. (2017). El museo arqueológico de Pasca: una hipótesis sobre su origen. *Historia Y MEMORIA*, 0(15 SE-Sección especial: HISTORIA, MEMORIA Y PATRIMONIO HISTÓRICO COLONIAL EN COLOMBIA).
<https://doi.org/10.19053/20275137.n15.2017.5511>
- Julca-Otiniano, A., Meneses-Florián, L., Blas-Sevillano, R., & Bello-Amez, S. (2006). La Materia Orgánica, Importancia Y Experiencia De Su Uso En La Agricultura. *Idesia (Arica)*, 24(1), 49–61. <https://doi.org/10.4067/s0718-34292006000100009>
- Liñán, C. de. (2016). *Permit*.
<https://www.buscador.portalteconoagricola.com/vademecum/mex/producto/PERMIT?pagina=Composicion>
- Milenioscuro. (2012). *Colombia - Cundinamarca - Pasca*.
https://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File:Colombia_-_Cundinamarca_-_Pasca.svg&oldid=490859230
- Ministerio de agricultura y medio ambiente. (1993). *Ley 101 de 1993* (No. 101).
[https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Leyes/Ley 101 de 1993.pdf](https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Leyes/Ley%20101%20de%201993.pdf)
- Ministerio de Agricultura. (1974). *RESTRICCIONES, PROHIBICIONES Y SUSPENSIÓN DE REGISTROS DE PLAGUICIDAS DE USO AGRÍCOLA EN COLOMBIA*. <https://www.ica.gov.co/getdoc/b2e5ff99-bd80-45e8-aa7a-e55f0b5b42dc/plaguicidas-prohibidos.aspx>
- Ministerio de Agricultura. (2006). *Resolución 2713*.
<https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/coadyuvantes-y-reguladores->

fisiologicos-1/resolucion-2713-de-2006-1.aspx

Ministerio de ambiente y desarrollo rural. (1974). *Código nacional de los recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente*.

https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Decreto_2811_de_1974.pdf

Ministerio de ambiente y desarrollo rural. (2007). *Resolución 693*.

https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Normativa/Resoluciones/res_0693_190407.pdf

Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. (2015). *Resolución 0631* (No. 0631).

https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/d1-res_631_marz_2015.pdf

Ministerio de ambiente. (1998). *Ley 430 de 1998*.

https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1998/ley_0430_1998.pdf

Ministerio de ambiente. (2015). *Norma de Vertimientos que permitirá mejorar la calidad agua del país*. Minambiente.

<https://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/1700-minambiente-presenta-nueva-norma-de-vertimientos-que-permitira-mejorar-la-calidad-agua-del-pais>

Ministerio de Justicia. (1991). *Sobre uso y manejo de plaguicidas* (No. 1843).

<http://www.suin-juriscal.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/1359845>

Ministerio de Salud. (1979). *Ley 09 de 1979* (No. 09).

https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/LEY_0009_DE_1979.pdf

Navarro, M. O. (2015). Demanda bioquímica de oxígeno 5 días, incubación y electrometría. *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*, 2, 2–9. <http://www.ideam.gov.co/>

NotiJenk. (2013). *DETERMINACIÓN RÁPIDA DE LA CARGA ORGÁNICA:*

MITOS Y VERDADES. <https://www.notijenck.com.ar/notas/determinacion-rapida-de-la-carga-organica-mitos-y-verdades>

Ortega, V. M., Fuentes, Y. M. O., & Chávez, E. C. (2021). ADAPTATION of A SPECTROPHOTOMETRIC TECHNIQUE for the DETECTION of PESTICIDE RESIDUES in SOIL and WATER SAMPLES | ADAPTACIÓN DE UNA TÉCNICA ESPECTROFOTOMÉTRICA PARA LA DETECCIÓN DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN MUESTRAS DE SUELO Y AGUA. *Interciencia*, 46(4), 156–161.

- Pasca Cundinamarca. (2008). *Pasca Cundinamarca*. <http://pascacundinamarca.blogspot.com/>
- Petroquim. (2015). *Qué es el Polipropileno*. <http://www.petroquim.cl/que-es-el-polipropileno/>
- Pure Water. (2012). *Filtros cartucho de polipropileno termofusionado para sedimentos*. <https://purewater.com.co/product/purikor-filtros-cartucho-de-polipropileno-termofusionado-para-sedimentos/>
- Qsignifica.com. (2013). *Granular*. <https://www.qsignifica.com/granular>
- Red Agroactiva. (2019). *Ciclo de vida de la papa (Etapas de crecimiento)*. <https://redagroactiva.com/etapas-de-crecimiento-de-la-papa/>
- Rodriguez, C., Coy, A. G., & Duque, M. E. (2007). Demanda Química De Oxígeno Por Reflujo Cerrado Y Volumetría. *Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial*, 5, 11. <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Química+de+Oxígeno.pdf/20030922-4f81-4e8f-841c-c124b9ab5adb>
- Rodríguez, L. E. (2010). Origen y evolución de la papa cultivada. Una revisión. *Revista Universidad Nacional*. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/17588/37339>
- Rojas, R. (2002). GESTIÓN INTEGRAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. *Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Del Ambiente*. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/57123734/GESTION_INTEGRAL_DEL_TRATAMIENTO_AR.pdf?1533263624=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DCurso_Internacional_GETION_INTEGRAL_DE_T.pdf&Expires=1625544002&Signature=QFGWNAIsUhsHgbmeU1B9yV9bf55vaOSOKOJR1g~W3c0Q6WMOsundayz8YVnElyMeYJNrA0BQKZ2Guq1LNcP8O4Q9pkfAet35yUcXmX~LZ9jFDh1Nk8yQs-zgzk~8g3jsu5gaNYKbmaYicV3MJewzuzOY-R4xmfUOTXiXSPBCxRc~aaYLoz6eXP1~yu7dvkulg6HF-IrZ2CHSP6Yk6JQdVjeL-AwX1uITWxaZtJrIjOVWNPnzdt8tEsAsOpc96T8L51w0F3Bs58Oig~oPsGOWIE-1D0UoKCah8SJZCMs46CIXYjeLNZ-OnxPsEWmm8tQaq0hluhw6eh6-47FZrwPZs-Q__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
- Secretaria del Hábitat. (1997). *Ley 338 de 1997*. <http://recursos.ccb.org.co/ccb/pot/PC/files/ley388.html>
- Sekhon, K. S., Kaur, A., Thaman, S., Sidhu, A. S., Garg, N., Choudhary, O. P., Buttar, G. S., & Chawla, N. (2020). Irrigation water quality and mulching

effects on tuber yield and soil properties in potato (*Solanum tuberosum* L.) under semi-arid conditions of Indian Punjab. *Field Crops Research*, 247. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.06.001>

Significados.com. (2015). *Qué es el Diseño*. <https://www.significados.com/disenio/>

Syngenta. (2000). *Clasificación Toxicológica*. Syngenta. <https://www.syngenta.cl/clasificacion-toxicologica>

Syngenta. (2021). *Engeo 247 ZC*. <https://www.syngenta.cl/product/crop-protection/insecticidas/engeor-247-zc-2>

Universidad de Jaén. (2012). *Sedimentación*. <http://www4.ujaen.es/~ecastro/proyecto/operaciones/movimiento/sedimentacion.html>

Vallejo, J. (2019). *SABES QUE ES UN DESARENADOR*. LESDASA. <https://www.lesdasa.com/sabes-que-es-un-desarenador/>

Yang, W., Jiao, Y., Yang, M., Wen, H., Gu, P., Yang, J., Liu, L., & Yu, J. (2020). Minimizing soil nitrogen leaching by changing furrow irrigation into sprinkler fertigation in potato fields in the Northwestern China Plain. *Water (Switzerland)*, 12(8). <https://doi.org/10.3390/w12082229>

Zarsa, L. F. (2018). ¿Qué son las aguas residuales? *Iagua*, 1. <https://www.iagua.es/respuestas/que-son-aguas-residuales>

Zayas, J. (2018). *EL TRATAMIENTO DEL AGUA POR CLORACIÓN*. WikiWater. <https://wikiwater.fr/e18-el-tratamiento-del-agua-por>

Zuñiga, M. (2017). *Agroquímicos, tecnologías para la agricultura*. CropLife. <https://www.croplifela.org/es/proteccion-cultivos/agroquimicos>