

# USO POTENCIAL DE AGENTES CLARIFICANTES Y DESINFECTANTES DE ORIGEN NATURAL PARA EL TRATAMIENTO INTEGRAL DEL AGUA CARACTERIZADO POR PISOS TÉRMICOS

Hildebrando Ramírez<sup>1</sup>, Jhoan Jaramillo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Docente-investigador, líder del grupo de investigación AQUA  
Correo electrónico: [hildebrando.ramirez@campusucc.edu.co](mailto:hildebrando.ramirez@campusucc.edu.co)

<sup>2</sup> Estudiante de pregrado e investigador auxiliar grupo de investigación AQUA  
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil  
Universidad Cooperativa de Colombia, Ibagué, Colombia

Recibido: 15 de agosto del 2014. Aprobado: 15 de octubre del 2014.

Cómo citar este artículo: H. Ramírez y J. Jaramillo, "Uso potencial de agentes clarificantes y desinfectantes de origen natural para el tratamiento integral del agua caracterizado por pisos térmicos". *Ingeniería Solidaria*, vol. 10, n.º 17, pp. 139-151, en.-dic., 2014. doi: <http://dx.doi.org/10.16925/in.v9i17.813>

**Resumen:** El artículo presenta la metodología que se utilizará para la investigación aprobada por el Comité para el Desarrollo de la Investigación (Conadi) en el 2014 "Uso potencial de agentes clarificantes y desinfectantes de origen natural para el tratamiento integral del agua caracterizado por pisos térmicos", que se está llevando a cabo en el programa de Ingeniería Civil de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Ibagué. La investigación, de tipo experimental y comparativa, evaluará y caracterizará los agentes naturales derivados de semillas, hojas, cortezas o savia, raíces y frutas según su piso térmico (cálido, templado, frío), en términos de su utilidad para el tratamiento integral del agua. Se pretende aportar un método para que la población pueda manejar, conocer y determinar los agentes potenciales capaces de cumplir con las condiciones de clarificación y desinfección del agua. Hasta el momento se ha adelantado la caracterización de 16 semillas por pisos térmicos y por su respectiva función como coagulante o desinfectante. Se espera obtener un banco de datos con los diferentes tipos de agentes naturales estudiados que demuestren su eficacia y eficiencia en el tratamiento del agua, para luego crear un compuesto natural que vincule dos agentes: coagulante y desinfectante que ofrezcan una solución integral a las comunidades.

**Palabras clave:** agentes naturales, clarificación, desinfección, pisos térmicos, población.

## POTENTIAL USE OF CLARIFYING AND DISINFECTING AGENTS OF NATURAL ORIGIN FOR COMPREHENSIVE WATER TREATMENT CHARACTERIZED BY THERMAL FLOORS

**Abstract.** The article presents a methodology that will be used for the research project approved by the Research Development Committee (Comité para el Desarrollo de la Investigación, Conadi) in 2014, entitled "Potential Use of Clarifying And Disinfecting Agents of Natural Origin for Comprehensive Water Treatment Characterized by Thermal Floors" ("Uso potencial de agentes clarificantes y desinfectantes de origen natural para el tratamiento integral del agua caracterizado por pisos térmicos"), which is being carried out through the Civil Engineering program at the Ibagué campus of the Universidad Cooperativa de Colombia. The experimental and comparative research will evaluate and characterize natural agents derived from seeds, leaves, bark or sap, roots and fruits according to their thermal floor (hot, temperate, cold), in terms of their usefulness for comprehensive water treatment. The aim is to provide a method to enable the population to manage, become familiar with and determine potential agents that can fulfill water clarification and disinfection conditions. Until now, 16 seeds have been characterized by thermal floors and according to their respective function as coagulants or disinfectants. The aim is to obtain a databank with the different types of natural agents studied that would show their efficacy and efficiency in water treatment, to subsequently create a natural compound that would combine two agents, a coagulant and a disinfectant, and which would provide a comprehensive solution for communities.

**Keywords:** natural agents, clarification, disinfection, thermal floors, population.

## USO POTENCIAL DE AGENTES CLARIFICANTES E DESINFECTANTES DE ORIGEM NATURAL PARA O TRATAMENTO INTEGRAL DA ÁGUA CARACTERIZADO PELO CLIMA

**Resumo.** Este artigo apresenta a metodologia que será utilizada para a pesquisa aprovada pelo Comitê para o Desenvolvimento da Pesquisa (Conadi, em sua sigla em espanhol) em 2014 "Uso potencial de agentes clarificantes e desinfectantes de origem natural para o tratamento integral da água caracterizado pelo clima", que será realizada no programa de Engenharia Civil da Universidade Cooperativa da Colômbia, sede Ibagué. A pesquisa, de tipo experimental e comparativa, avaliará e caracterizará os agentes naturais derivados de sementes, folhas, córtices ou seivas, raízes e frutas segundo seu clima (cálido, temperado, frio), em termos de sua utilidade para o tratamento integral da água. Pretende-se contribuir com um método para que a população possa conhecer, administrar e determinar os agentes potenciais capazes de cumprir com as condições de clarificação e desinfeção da água. Até o momento, antecipou-se a caracterização de 16 sementes por clima e por sua respectiva função como coagulante ou desinfectante. Espera-se obter um banco de dados com os diferentes tipos de agentes naturais estudados que demonstrem sua eficácia e eficiência no tratamento da água, para logo criar um composto natural que vincule dois agentes: coagulante e desinfectante que ofereçam uma solução integral às comunidades.

**Palavras-chave:** agentes naturais, clarificação, desinfeção, clima, população.



## 1. Introducción

La accesibilidad al agua potable en países subdesarrollados y en vía de desarrollo ha sido históricamente limitada para comunidades marginales y pobres, especialmente zonas rurales donde se asienta la población con mayores niveles de vulnerabilidad, donde las acciones del Estado son precarias por falta de recursos financieros, inapropiadas tecnologías y desconocimiento socio-cultural de la misma población. En Colombia se han invertido significativos recursos en la construcción de infraestructura para el tratamiento del agua en zonas rurales, pero es evidente el pronto abandono al que se someten estos avances porque no es factible su sostenibilidad económica o por el desconocimiento de la tecnología implementada que no permite su apropiación por parte de los beneficiados. Este problema es recurrente y hace parte de la negligencia estatal regional de América Latina y el Caribe, que a la postre trae como consecuencia abandonar el propósito de suministrar agua potable a estas poblaciones.

Las fuentes de agua potable están bajo la amenaza creciente de la contaminación, con consecuencias de gran alcance para la salud de niños y para el desarrollo económico y social de comunidades y naciones; la importancia del agua y del ambiente sano y su incidencia sobre la salud y el desarrollo de la población están plenamente reconocidos en la Constitución Política de Colombia, así como en los instrumentos internacionales ratificados por el país.

Una de las principales causas de enfermedades en las poblaciones marginales se encuentra relacionada con las fuentes de agua cercanas (pozos, lagos, manantiales, agua de lluvia, etcétera), debido a que estas tienen altas concentraciones de microorganismos que transmiten enfermedades debilitantes y mortales [1], las cuales generan una mayor carga económica para su tratamiento y manejo al no existir políticas públicas que garanticen la cobertura y la calidad del agua potable para todas las personas sin excepción alguna [2].

En Colombia, los agentes convencionales utilizados en la coagulación-floculación y desinfección, son respectivamente: sales metálicas tales como el sulfato de aluminio, el cloruro férrico, sulfato ferroso y cloro respectivamente; estas tecnologías representan altos costos de infraestructura y mantenimiento, y en consecuencia, las poblaciones que presentan bajos ingresos no pueden acceder a ellas.

La contaminación del agua debe ser considerada no sólo como un riesgo para la salud, sino también

como consecuencia de procesos sociales y ambientales. Según la Unicef, más del 80% de las enfermedades que padece la población de países en vía de desarrollo son transmitidas por el agua que se consume, lo cual da una magnitud del grave problema que aqueja a Latinoamérica y el impacto en el PIB de cada país, en los bajos indicadores de calidad de vida y la brecha denigrante entre el subdesarrollo y el desarrollo.

La calidad del agua es un factor determinante en las condiciones de la salud de las poblaciones rurales más vulnerables. A su baja cobertura y saneamiento en algunas regiones del país está estrechamente ligada la morbilidad y mortalidad infantil. Cada año mueren en Colombia aproximadamente 13 600 niños y niñas menores de 5 años. Más de la mitad de estas muertes ocurren por causas prevenibles y muchas de ellas como consecuencia de la mala calidad del agua, las deficiencias en el sistema de alcantarillado, la inadecuada disposición de las basuras y el ambiente insalubre. Además de los niños que mueren por estas causas, muchos más sufren de diarrea crónica, desnutrición, así como enfermedades e infecciones que en muchos casos obstaculizan su asistencia y rendimiento escolar y comprometen su desarrollo físico, emocional e intelectual. Para los adultos, las deficiencias en materia de agua y saneamiento se traducen en enfermedades potencialmente mortales, en una disminución de la productividad y de los ingresos, y en una baja calidad de vida [3]. Los efectos de los contaminantes del agua sobre la salud humana se pueden apreciar en la tabla 1.

Esta propuesta pretende resolver de manera integral este grave problema mundial; es inédita, innovadora, replicable, accesible y permitirá proporcionar con calidad y eficiencia el suministro de agua potable para contribuir al bienestar, la calidad de vida y el cuidado del entorno ecológico de las comunidades vulnerables. La materia prima propuesta para el tratamiento del agua se extrae de la naturaleza sin ningún proceso invasivo, respetándola. De esta manera se rompe el paradigma de la exclusividad de los productos químicos industriales para tratar el agua y se abre la posibilidad a nuevas tecnologías respetuosas con el medio ambiente y con efectos inocuos sobre la salud humana.

Hay pruebas que demuestran que el tratamiento del agua en el hogar junto con el almacenamiento de agua y manipulación mejoradas aumenta considerablemente la calidad microbiológica del agua y tiene una repercusión en la diarrea mayor de lo que se pensaba.

El tratamiento del agua potable doméstica en zonas rurales y urbanas ha demostrado ser más efectiva

**Tabla 1.** Principales enfermedades de origen hídrico y sus agentes responsables

| Enfermedad                        | Agente                      |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| <b>Origen bacteriano</b>          |                             |
| Fiebres tifoideas y paratifoideas | Salmonella typhi            |
|                                   | Salmonella                  |
|                                   | Paratyphi A y B             |
| Disentería bacilar                | Shigella                    |
| Cólera                            | Vidrio cholerae             |
| Gastroenteritis agudas y diarreas | Escherichia coli ET         |
|                                   | Campylobacter jejuni        |
|                                   | Campylobacter coli          |
|                                   | Yersenia enterocolitica     |
|                                   | Salmonella sp               |
|                                   | Shigella sp                 |
| <b>Origen viral</b>               |                             |
| Hepatitis A y E                   | Virus de la Hepatitis A y E |
| Poliomielitis                     | Virus de la polio           |
| Gastroenteritis agudas y diarreas | Virus Nortwalk              |
|                                   | Rotavirus                   |
|                                   | Astrovirus                  |
|                                   | Calicivirus                 |
|                                   | Enterovirus                 |
|                                   | Adenovirus                  |
|                                   | Reovirus                    |
| <b>Origen Parasitario</b>         |                             |
| Disentería amebiana               | Entamoeba histolytica       |
|                                   | Giardia lambia              |
|                                   | Cristosporidium             |

Fuente: Centro de Resiliencia de Aranjuez [4]

y altamente rentable en la reducción de las enfermedades en estas poblaciones.

La demanda creciente de tecnologías que no dañen el medio ambiente ha dirigido el interés hacia los polielectrólitos naturales, los cuales pueden reemplazar a los floculantes y desinfectantes sintéticos en tratamiento de aguas, la industria de alimentos, la biotecnología y la medicina [5]. En los últimos años se ha visto un gran interés en el desarrollo de coagulantes y desinfectantes naturales, que pueden ser producidos o extraídos a partir de microorganismos, tejidos de plantas o animales, además de ser biodegradables y seguros para la salud humana.

El objetivo central del presente estudio es realizar una búsqueda de alternativas de bajo costo que mejoren la calidad del agua para consumo humano. En primer

lugar, se realiza la caracterización de vegetales que contengan fitoquímicos capaces de clarificar y desinfectar el agua tal como lo hacen los químicos industriales utilizados para estos dos procesos: mediante los diferentes pisos térmicos evaluando su eficacia y eficiencia mediante pruebas de ensayo y error para conocer la capacidad de remoción de partículas suspendidas (turbiedad) y microorganismos presentes en las aguas superficiales.

Lo anterior permitirá clasificar y comparar los materiales y métodos que actualmente se utilizan, con la finalidad de fundamentar el diseño experimental para nuevas aplicaciones con diferentes fitoquímicos naturales.

La caracterización por pisos térmicos de los fitoquímicos brindará a las comunidades rurales marginales la posibilidad de conocer y determinar los productos naturales más abundantes en las diferentes regiones del país que pueden ser utilizados como coagulantes y desinfectantes para el tratamiento doméstico del agua. No todos los agentes se generan en las mismas zonas esto debido al tipo de temperatura presente en cada región geográfica. Además, les permitirá diversificar la producción agraria mediante el cultivo extensivo de los vegetales con fitoquímicos aptos para el tratamiento del agua.

En la figura 1, se presenta la distribución de los pisos térmicos de Colombia, dentro de los cuales se han definido cuatro niveles: cálido, templado, frío y páramo.

### Piso térmico cálido

El piso cálido comprende las zonas localizadas entre cero y mil metros de altura sobre el nivel del mar; estas áreas presentan una temperatura promedio superior a los 24 grados centígrados (24°C). En Colombia, este piso abarca cerca de 913 000 km<sup>2</sup>, correspondientes al 80% del territorio nacional [7].

### Piso térmico templado

Pertenece a todas las áreas ubicadas entre los 1000 y 2000 metros de altura sobre el nivel del mar y presenta temperaturas que oscilan entre los 17 y 24°C. En Colombia, este piso cubre 114 000 km<sup>2</sup> correspondientes al 10% del territorio nacional [7].

### Piso térmico frío

Pertenece a las zonas localizadas entre los 2000 y 3000 metros de altura sobre el nivel del mar y presenta temperaturas que oscilan entre los 12 y 17°C, cubriendo 93 000 km<sup>2</sup>, correspondientes al 7,9% del territorio nacional [7].



**Figura 1.** Distribución de los pisos térmicos en Colombia

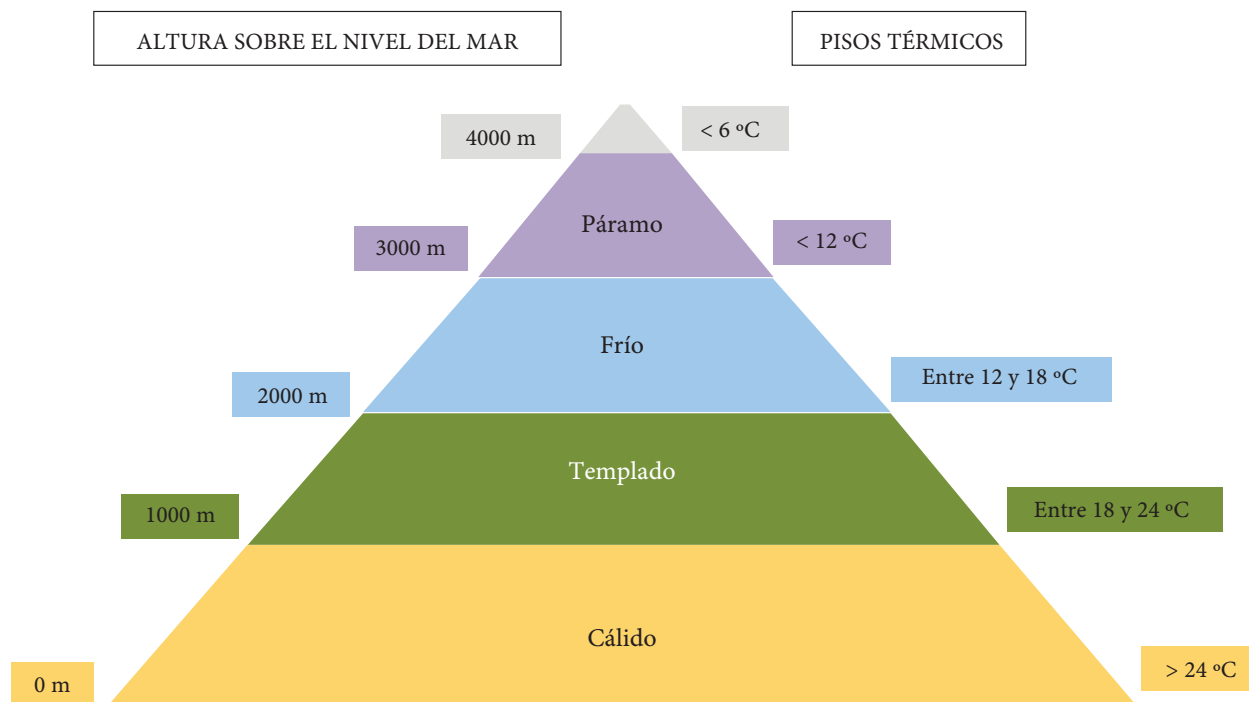
Fuente: [6]

### Piso térmico páramo

Corresponde a las áreas situadas entre los 3000 y 4000 metros de altura sobre el nivel del mar y presenta

temperaturas que oscilan entre los 6 y 12°C, abarcando 23 000 km<sup>2</sup> equivalentes al 2% del territorio nacional [7] (véase figura 2).





**Figura 2.** Pisos térmicos y su altura con el nivel del mar  
Fuente: elaboración propia

## 2. Antecedentes conceptuales e investigativos

### 2.1 Antecedentes conceptuales

La metodología propuesta evaluará “las plantas que posean fitoquímicos que permitan la clarificación y desinfección del agua presentes en diferentes pisos térmicos”.

Las definiciones técnicas para interpretar y aplicar al presente trabajo de investigación son:

- **Agua cruda:** es el agua superficial o subterránea en estado natural, es decir, que no ha sido sometida a ningún proceso de tratamiento [8].
- **Agua potable:** es el agua que por reunir los requisitos organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos es apta y aceptable para el consumo humano y cumple con las normas de calidad de agua [8].
- **Planta de potabilización:** instalaciones necesarias de tratamientos unitarios para purificar el agua de abastecimiento para una población [8].
- **Plantas:** son organismos vivientes autosuficientes pertenecientes al mundo vegetal que pueden habitar en la tierra o en el agua [9].
- **Fitoquímicos:** son componentes químicos naturales, biológicamente activos, que se encuentran en los alimentos derivados de plantas [10].
- **Desinfección:** proceso físico o químico que permite la eliminación o destrucción de los organismos patógenos presentes en el agua [11].
- **Clarificación:** es ampliamente difundida en la remoción de turbiedad y color del agua e implica la utilización de coagulantes o polielectrólitos [12].
- **Pisos térmicos:** son áreas con características climáticas más o menos uniformes especialmente lluvia, temperatura y brillo solar [13].
- **Población de diseño:** población que se espera atender por medio del proyecto, considerando el índice de cubrimiento, crecimiento y proyección de la demanda para el periodo de diseño [14].
- **Producto químico:** toda sustancia, sola o en forma de mezcla o preparación, ya sea fabricada u obtenida de la naturaleza, excluidos los organismos vivos [15].
- **Coagulantes y desinfectantes naturales:** son sustancias solubles en agua, procedentes de materiales de origen vegetal o animal que actúan de modo similar a los coagulantes y desinfectantes sintéticos, aglomerando las partículas en suspensión que con-

tiene el agua cruda, facilitando su sedimentación y reduciendo la turbidez inicial de esta. Algunos coagulantes poseen además propiedades antimicrobianas, por lo que reducen o eliminan el contenido de microorganismos patógenos susceptibles de producir enfermedades [16].

## 2.2 Antecedentes investigativos

Los polímeros orgánicos naturales se han usado por más de 4000 años en India, África, y China como coagulantes eficientes y como ayudas de coagulación de aguas con alta turbidez, para uso doméstico en áreas rurales [17]. En esas regiones, la población ha usado plantas nativas como las semillas del árbol de Nirmali (*Strychnos potatorum*), granos tostados de *Zea mays* o savia de la tuna cactus *Opuntia ficus-indica* [18].

Dentro de algunos coagulantes alternativos empleados en América Latina, están las semillas de la planta Moringa Oleífera, usada como coagulante primario en la clarificación de aguas. Son diversos los coagulantes naturales (papa, cactus, maíz, trigo y yuca) que han sido utilizados en la clarificación de agua dentro de la extensa gama de productos estudiados hasta la actualidad en el mundo.

El uso de coagulantes a base de plantas para el tratamiento de aguas turbias data de varios milenios [19], pero solo hasta ahora los científicos medioambientales han podido identificar varios tipos de plantas para este propósito. El empleo de materiales naturales puede minimizar o evitar la importación de los coagulantes químicos, reduciendo de manera significativa los costos de tratamiento si se dispone de ellos a nivel local.

Los coagulantes naturales son en su mayoría polisacáridos o proteínas. Son una fuente alternativa con gran potencial aún no explotado suficientemente; se producen de manera espontánea, resultado de reacciones bioquímicas que ocurren en animales y en plantas. Por lo general, presentan una mínima o nula toxicidad y, en muchos casos, son productos alimenticios con alto contenido de carbohidratos y de proteínas solubles en agua [20].

### 2.2.1 Coagulantes naturales utilizados en Colombia

Los antecedentes históricos de Colombia como ejemplo palpable de América Latina y el Caribe demuestran que no es posible acceder al agua potable para comunidades marginales de escasos recursos económicos y, especialmente, la población rural. Estas poblaciones han estado condenadas a subsistir consumiendo

agua cruda con contaminantes diversos que seguirá deteriorando su calidad de vida, incluso ocasionándoles muertes especialmente en la población infantil. La solución provendrá de la consideración de las principales causas que impiden el consumo masivo de agua potable: la falta de recursos económicos y el nivel de dificultad de la tecnología, inapropiada culturalmente para este tipo de comunidades.

Olivero, Mercado y Montes [21] evaluaron la efectividad coagulante del cactus *Opuntia ficus-indica* y del alumbre, en la potabilización del agua. Para ello, manejaron concentraciones de 35 y 40 mg/L del coagulante para las muestras de agua tomadas del río Magdalena en Gambote, departamento de Bolívar, Colombia. Con una turbidez de 276 NTU, después de aplicar las dosis del coagulante, los porcentajes de remoción de turbidez oscilaron entre 99,80% y 93,25%, estipulando que la mayor remoción de la turbidez se logró con el alumbre seguido por la *Opuntia*, comprobándose así la efectividad de este coagulante.

Villabona, Paz y Martínez [22] trabajaron con *Opuntia ficus-indica* evaluando la eficacia de dicho coagulante para la eliminación de turbidez y de color en aguas crudas. Los valores de la turbidez inicial fueron de 171 NTU. Luego del tratamiento obtuvieron un máximo de remoción de color del orden del 54%, y una remoción de turbidez de 72% cuando se aplicó coagulante en una dosis de 90 mg/L.

Melo y Turriago [23] estudiaron la efectividad coagulante de la Moringa oleífera como una alternativa de biorremediación en la purificación de aguas superficiales de su región. Para ello, manejaron dosificaciones de 300 mg/L del coagulante para las muestras de agua tomadas del caño cola de pato ubicado en el sector rural del municipio de Acacias, Meta. Con una turbidez de 230 NTU al realizar las pruebas aplicando la dosis óptima del coagulante, demostraron que esta planta natural es altamente eficiente debido a que presenta una modificación benéfica importante en los sólidos totales pasando de 140 mg/L a 80 mg/L, lo cual equivale al 42,85% de remoción de sólidos totales y la turbidez de 230 NTU a 36 NTU lo cual equivale al 84,34% de remoción en la turbidez, esto ofrece una posibilidad viable y eficiente para las fuentes hídricas contaminadas en nuestro país.

Ramírez, Suarez y Quirama [24] encontraron en aguas de la quebrada La Salada (municipio de Caldas, Colombia) que algunas especies como *Malvaviscus arboreus*, *Heliocarpus popayanensis* e *Hylocereus undatus* presentaban efectos floculantes; trabajaron con tipo de

material vegetal (seco o fresco) y con concentraciones del floculante orgánico (10, 20, 30, 40, 50 y 60 ml). Se utilizó la metodología del ensayo de jarras (JAR), norma American Society for Testing and Materials (ASTM) No. D2035-80. Encontraron que *Heliocarpus popayanensis* e *Hylocereus undatus* presentaron poder de floculación (Valor P: 0,017): al aumentar la concentración de floculante aumentó la floculación (Valor P: 0,08), y que el almacenaje no alteró los efectos de las especies sobre el proceso de floculación (Valor P: 0,7813).

Alvarado, en su investigación en la Universidad Abierta y a Distancia UNAD [25], compara mezclas de cáscaras de papa y sulfato de aluminio para evaluar qué formulación es la más adecuada como agente coagulante en el tratamiento de aguas potables, manteniendo sus características de pH, color y turbiedad. Mediante la prueba de jarras, se determinó la dosis óptima del sulfato de aluminio (8 mg/L, formulación patrón), en la clarificación de una muestra de agua del río Cane y la quebrada Colorada (color de 41 UPC, turbiedad de 2 UNT y pH de 7,76) y se comparó con las otras formulaciones de cáscaras de papa y sulfato de aluminio. Los resultados indican que la mayor reducción de color se obtuvo con el tratamiento 3 (2,5 g de cáscaras de papa) y lo mismo para el pH (7,46), es decir que los resultados de estos dos parámetros se encuentran dentro de los valores exigidos por la norma. La remoción de turbiedad fue igual en todos los tratamientos.

Con lo anterior, se evidencia la utilidad que tiene la naturaleza en el tratamiento del agua para consumo mediante la utilización de diversas muestras de productos naturales (fitoquímicos), permitiendo enriquecer nuestra investigación y los métodos para llevarla a cabo. La literatura revisada permite reconocer el carácter inédito e innovador de este trabajo en la medida en que actualmente se está investigando mucho en la búsqueda de alternativas ecológicas para el tratamiento del agua mediante la coagulación mas no para la desinfección de la misma por medio de los fitoquímicos. Además, ninguna de las investigaciones cuenta con una clasificación de los fitoquímicos por eficiencia en la coagulación y desinfección de agentes patógenos, caracterizados a partir de los diferentes pisos térmicos predominantes en el país. Asimismo, es de resaltar que la investigación que esperamos seguir desarrollando permitirá a las poblaciones que viven cerca de los recursos tener un amplio conocimiento de los frutos abundantes en sus regiones, sus respectivas funciones y

que pueden ser de fácil adquisición mitigando los problemas ocasionados por las aguas no tratadas.

### 3. Metodología

#### 3.1 Tipo de investigación

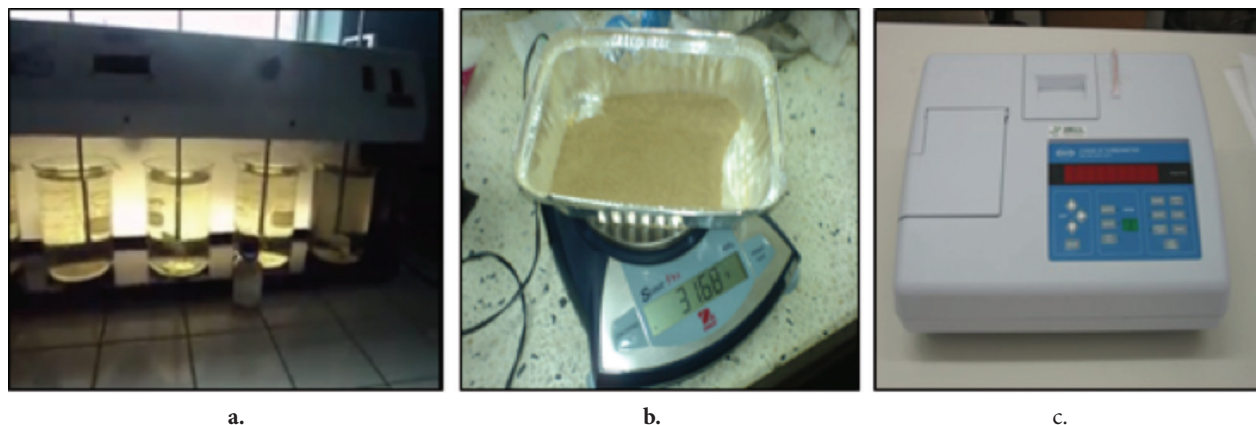
Se trata de una investigación de tipo experimental ya que se espera caracterizar, dentro de los diferentes pisos térmicos, el objeto por estudiar, señalando sus características y propiedades y comparativo, ya que se establecerá más de un análisis y se compararán entre sí las respuestas a los diferentes tratamientos. Se desea recurrir a productos naturales para clarificar el agua, lo que consiste en la remoción de la mayor cantidad posible de sólidos en suspensión y coloidales; la iniciativa se convierte en una nueva opción en el campo de la ingeniería.

#### 3.2 Fases procedimentales de información

Se tomarán diversas muestras de productos naturales caracterizadas por los diferentes pisos térmicos (frío, templado y cálido) en Colombia, se viajará y se recolectará el material dependiendo de la zona. La mayoría de los extractos naturales se derivan de semillas, hojas, cortezas o savia, raíces y frutas extraídos de árboles y de plantas [26]. Los extractos se seleccionarán teniendo en cuenta su composición nutritiva, considerando principalmente aquellos que posean elevado contenido en proteínas y polisacáridos, debido a que dichos compuestos están relacionados con la actividad coagulante y desinfectante.

##### 3.2.1 Coagulación con productos naturales

Para el reemplazo de los coagulantes químicos industriales tradicionalmente utilizados, se usarán varios tipos de plantas que se presume poseen la capacidad de coagulación de partículas suspendidas y coloidales (con diferente tamaño, pero especialmente entre 0,01 a 0,00001 mm), que ocurre por efecto de la remoción de las fuerzas electrostáticas que las repelen e impiden su aglutinamiento. Las muestras se preparan a partir de la experimentación de prueba y error, con procesos de secado, maceración y pulverización para aplicarlas en el agua cruda. El ensayo en el equipo de jarras (simulación de la clarificación, figura 3a) permitirá medir los resultados obtenidos de turbiedad o turbidez, pH y color para determinar las dosis óptimas.



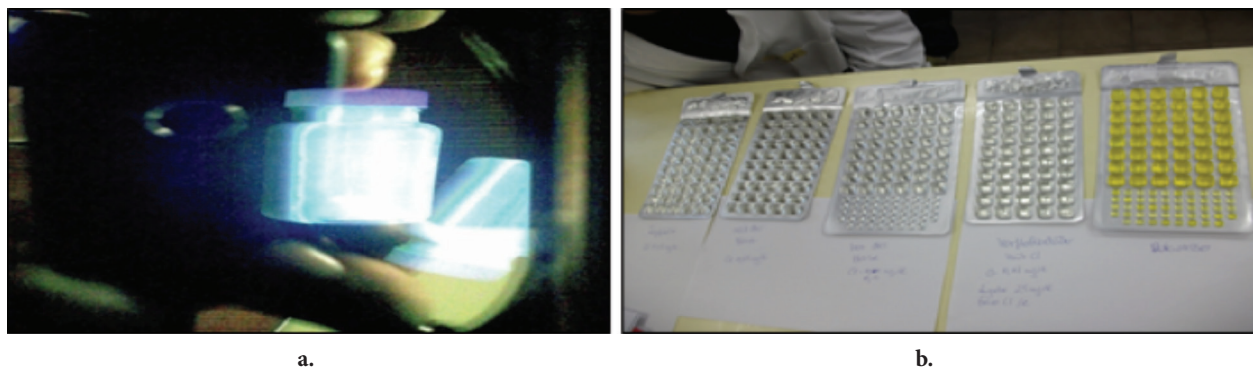
**Figura 3.** Equipos de laboratorio para coagulación, Universidad Cooperativa de Colombia: a) equipo de jarras, b) balanza de precisión y c) turbidímetro

Fuente: elaboración propia

### 3.2.2 Desinfección con productos naturales

Similar procedimiento se efectuará para el proceso de desinfección. Las muestras que se extraerán del producto natural serán aplicadas al agua cruda con presencia de coliformes totales y E-Coli (indicador de presencia de coliforme fecal). Se usarán varias semillas de frutos que

posean alguno de los tres ácidos (ascórbico, fumálico o cítrico) en pruebas de ensayo y error hasta determinar cuáles tienen capacidad de remover la presencia de patógenos en el agua. A su vez, podremos determinar las respectivas dosis óptimas por utilizar para remover la totalidad de coliformes totales y E-Coli.



**Figura 4.** Equipos de laboratorio para desinfección. Empresa IBAL S.A. E.S.P.: a) pantalla ultravioleta, b) placas para detección de E-Coli

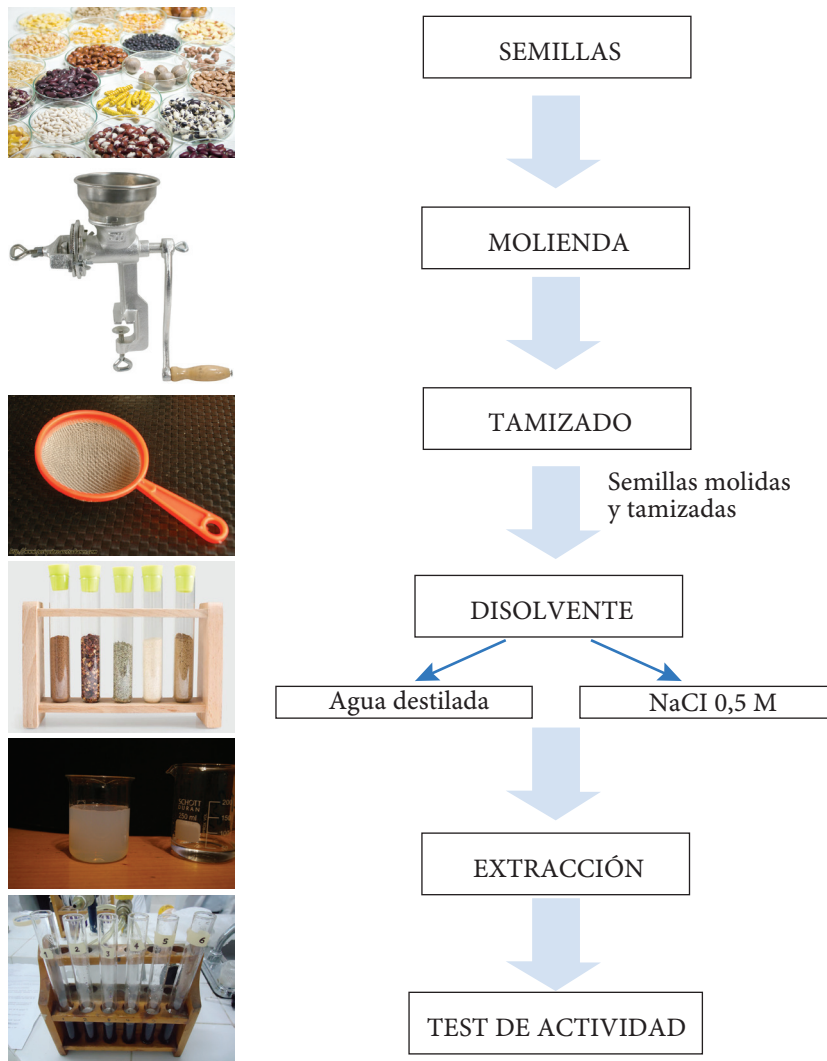
Fuente: elaboración propia

### 3.3 Extracción del agente de las semillas

El método para extraer el extracto de las muestras o agente se preparará mediante un proceso de secado, maceración, pulverización y tamizado, añadiéndole posteriormente un disolvente para mejorar la calidad del extracto, retirar impurezas y activar los agentes para el tratamiento. Seguido a esto, se hace la extracción de los agentes ya puros para su aplicación en los test de actividad.

Una vez realizado el proceso de extracción de las sustancias coagulantes y desinfectantes, se procederá a extraer muestras de agua del río Combeima (Ibagué, Tolima) que contiene diferentes componentes físicos, químicos, microbiológicos conocidos; habrá una diferencia clara en los tiempos en que se tomarán las muestras puesto que en épocas de lluvia la carga contaminante es mayor; por eso el análisis se debe hacer tanto en época seca como lluviosa.





**Figura 5.** Proceso de obtención y extracción de los fitoquímicos de las semillas

Fuente: elaboración propia

### 3.4 Diseño de la investigación

La experimentación se ejecutará mediante ensayos físicos, químicos y microbiológicos con pruebas de ensayo y error en el laboratorio de la Universidad Cooperativa de Colombia sede Ibagué. Tras aplicar la variedad de sustancias extraídas de plantas y frutos naturales a las muestras extraídas de agua mediante el ensayo en el equipo de jarras (simulación de la clarificación), se medirán los resultados obtenidos de turbiedad o turbidez, pH y color para el proceso de coagulación.

Por otro lado, para el proceso de desinfección, se determinará la capacidad para remover la totalidad de coliformes totales y E-Coli mediante la adición de alguno de los tres respectivos ácidos. Estas sustancias ayudarán a comprobar cuáles son los productos naturales

capaces de cumplir con la potabilización y desinfección del agua obteniendo las respectivas dosis óptimas; por último, se creará un banco de datos con los diferentes tipos de vegetales estudiados y caracterizados por pisos térmicos que demuestren su eficacia y eficiencia dando cumplimiento a la normatividad vigente en Colombia respecto a la calidad del agua apta para consumo humano (Resolución N.º 2115 de 2007) [17].

### 4. Proyección de resultados esperados

Empezaremos investigando 16 semillas diferentes teniendo en cuenta su contenido en proteínas y polisacáridos. Para el proceso de coagulación y para el proceso

de desinfección, se tendrán en cuenta las semillas que contengan una cantidad ya sea de ácido ascórbico, fórmico o cítrico. Además, auscultando la literatura se

pretende profundizar en la función de los productos naturales y su piso térmico óptimo para completar la siguiente tabla creada para esta investigación:

**Tabla 2.** Relación de las especies naturales por estudiar

| Especies                                  | Función    |               | Piso térmico      |
|---|------------|---------------|-------------------|
|   | Coagulante | Desinfectante |                   |
| Semillas de <i>Jatropha curcas</i>        |            |               | Cálido            |
| Cáliz de <i>Hibiscus sabdariffa</i>       |            |               | Cálido            |
| Almidón de maíz                           |            |               | Cálido            |
| Semilla de maíz dulce                     |            |               | Cálido            |
| Semilla de maracuyá                       |            |               | Cálido            |
| Semilla de durazno                        |            |               | Templado          |
| Cáscara de papa                           |            |               | Frío              |
| Semillas de soja                          |            |               | Cálido            |
| Semilla de haba                           |            |               | Cálido            |
| Frijoles secos                            |            |               | Templado          |
| Extracto de semillas mandarina            |            |               | Cálido            |
| Extracto de semillas de toronja y tangelo |            |               | Cálido            |
| Extractos de semillas de naranja          |            |               | Templado          |
| Extractos de semillas de limón            |            |               | Templado y cálido |
| Extractos de semillas de lima             |            |               | Templado y cálido |
| Extractos de semilla de guanábana         |            |               | Templado          |

Fuente: elaboración propia

- La investigación permitirá evaluar la eficacia y eficiencia de 16 semillas tanto para la coagulación como para la desinfección teniendo en cuenta, según la literatura revisada, una gran excepción frente

al piñón (*Jatropha Curcas L*), habas (*Vicia Faba*) y flor de Jamaica (*Cáliz de hibiscus sabdariffa*), puesto que se espera que actúen muy bien como coagulantes cuya forma típica se aprecia en la figura:



a.



b.



c.

**Figura 6.** Productos naturales para coagulación: a) piñón, b) habas y c) flor de Jamaica

Fuente: elaboración propia

Para la desinfección se espera lograr resultados muy prometedores con la aplicación del limón (*Citrus limonum* Risso), naranja (*Citrus sinensis*), lima (*Citrus aurantifolia*), tangelo (*Citrus reticulata x Citrus paradisi*), toronja (*Citrus paradisi*), guanábana

(*Annona muricata*) para así poder cumplir los requerimientos establecidos en la norma colombiana Resolución No. 2115 de 2007 [17] sobre calidad del agua para consumo humano. Su forma típica se aprecia en la figura:



**Figura 7.** Productos naturales para desinfección: a) limón, b) naranja, c) lima, d) tangelo, e) toronja y f) guanábana  
Fuente: elaboración propia

- Las propiedades inherentes a los desinfectantes naturales hacen que el efecto sinérgico del ácido ascórbico, fumálico y cítrico presentes en ellos incidan en la pared celular y citoplasma del micro-organismo, interfiriendo con la respiración bacteriana. No son volátiles, son biodegradables, con espectro de acción amplio, toxicidad casi nula y tienen acción residual que garantizan su permanencia en el cuerpo de agua, prolongando su acción desinfectante.
- El protocolo por desarrollar para la extracción del compuesto activo es sencillo y puede adaptarse fácilmente a zonas de escasos recursos. Dicho protocolo ha sido contrastado en la aplicación real en Ecuador, ofreciendo resultados prometedores en la reducción de la turbidez y de la concentración bacteriana, en combinación con el cloro.
- Los coagulantes naturales por estudiar representan una alternativa en la clarificación de aguas superficiales de turbidez elevada, para zonas de escasos recursos.
- Es necesaria la profundización en aspectos tales como la purificación del compuesto activo con métodos sencillos y de bajo costo, y el estudio de la aplicación en grandes volúmenes de agua.
- Los resultados preliminares evidenciarán la posibilidad del uso de productos naturales para reemplazar los coagulantes químicos industriales en el tratamiento del agua para consumo humano, siendo

una alternativa viable ambiental, social, económica y técnicamente, en especial, para comunidades marginales.

- Los coagulantes naturales son en su mayoría polisacáridos o proteínas y los desinfectantes con mejor actividad son los que posean el ácido crítico, fumálico o ascórbico.

## Conclusiones

- Este proyecto plantea una alternativa técnica que resuelve integralmente el problema de la desinfección del agua, involucrando como columna vertebral la sostenibilidad desde una visión ingenieril.
- En la experimentación inicial con las semillas caracterizadas por pisos térmicos se espera que muestren su actividad coagulante para la clarificación del agua como también actividad antimicrobiana.
- La caracterización por pisos térmicos de los productos naturales que demuestren su efectividad, dará la posibilidad a las comunidades marginales de Colombia de conocer qué agente abunda en su región, cuál es su función y cuál debe ser su respectiva dosificación para su uso.
- La investigación desde el punto de vista académico es un gran avance, pues muestra que los productos naturales también pueden ser usados para la desinfección; esta es una línea que se ha estudiado poco: no solo los productos naturales sirven como coagulantes, la temática es innovadora por lo que se pretenderá brindarles a las comunidades lo más estructurado posible un mecanismo que entiendan y sea de fácil aplicación para ellos.
- Se espera crear un compuesto que vincule los dos agentes, el coagulante y el desinfectante mediante los productos naturales que ayude a mitigar la contaminación de las aguas superficiales y además reduzca los índices de morbi-mortalidad en la población infantil que es la más afectada por causa de las enfermedades de origen hídrico.
- El estudio de los agentes permitirá diversificar la producción agraria mediante el cultivo extensivo de los vegetales con fitoquímicos aptos para el tratamiento del agua.

Dado que el trabajo de investigación actualmente se encuentra en desarrollo, en un futuro se contemplarán los siguientes aspectos:

- Estudio comparativo entre las tasas de sedimentación de los coagulantes naturales estudiados y de coagulantes sintéticos.
- Aplicación de los coagulantes naturales a escala piloto, trabajando con aguas superficiales naturales.
- Desarrollo e implementación de un prototipo o protocolo para la utilización de coagulantes naturales en países en vías de desarrollo.
- Estudio de la posible combinación del tratamiento de los coagulantes naturales con otras técnicas tales como filtración.

## Referencias

- [1] A. Mann, C. Tam, C. D. Higgins y L. C. Rodrigues, "The Association between Drinking Water Turbidity and Gastrointestinal Illness: a systematic review", *Bio Med Central Public Health*, ID 101186. pp. 2-7, 2007.
- [2] P. J. Lucas, C. Cabral y J. M. Colford Jr., "Dissemination of Drinking Water Contamination Data to Consumers: A Systematic Review of Impact on Consumer Behaviors", *PLoS ONE* 6(6): e21098. doi:10.1371/journal.pone.0021098.
- [3] Unicef, "El agua potable, el saneamiento y el ambiente sano: Un derecho humano" [en línea]. [ref. de 10 de enero 2014]. Disponible en Web: <http://www.unicef.com.co/situacion-de-la-infancia/el-agua-potable/>.
- [4] Centro de Resiliencia de Aranjuez, "Sencillo método de purificación de agua con nopal o chumbera", [en línea]. Disponible: [csaranjuez.wordpress.com/2013/06/24/sencillo-metodo-de-purificacion-de-agua-con-nopal-o-chumbera-video/](http://csaranjuez.wordpress.com/2013/06/24/sencillo-metodo-de-purificacion-de-agua-con-nopal-o-chumbera-video/) [Último acceso 30 de jun. del 2014]
- [5] S. Bratskaya, S. Schwarz y D. Chervonetsky, "Comparative Study of Humic Acids Flocculation with Chitosan Hydrochloride and Chitosan Glutamate", *Water Research*, 38, pp. 2955 – 2961, 2004.
- [6] J. Marín Rivera, "Distribución de los pisos térmicos en Colombia", [en línea]. Disponible: [http://1.bp.blogspot.com/-RKWLEzpeq00/UxuU5W0AgKI/AAAAAAAAA-C0A/\\_Ropstz5TQU/s1600/PAG+2+PISOS+TERMICOS+DE+COLOMBIA.jpg](http://1.bp.blogspot.com/-RKWLEzpeq00/UxuU5W0AgKI/AAAAAAAAA-C0A/_Ropstz5TQU/s1600/PAG+2+PISOS+TERMICOS+DE+COLOMBIA.jpg) [Último acceso 30 de junio del 2014].
- [7] Geografía Colombiana, "Pisos térmicos en Colombia", [En línea]. Disponible: <http://www.todacolombia.com/geografia/pisostermicos.html>. [Último acceso 10 de junio del 2014].
- [8] Secretaría de Salud de Boyacá, "Mapa de riesgo de la calidad del agua para consumo humano del centro urbano, municipio de Zetaquirá - Boyacá", [en línea]. Disponible: <http://boyaca.gov.co/SecSalud/images/Documentos/Sa->



- lud\_Publica/Ano\_2014/MAPA%20DE%20RIESGO%20DE%20CHIQUINQUIRA.pdf. [Último acceso 20 de junio del 2014].
- [9] Enciclopedia de las plantas, “Características de las plantas”, [en línea]. Disponible: [www.botanical-online.com/lasplantas.htm](http://www.botanical-online.com/lasplantas.htm). [Último acceso 20 de junio del 2014].
- [10] Nutridep, “Que son los fitoquímicos”, [en línea]. Disponible: [www.nutridep.net/nutricion-costarica/index.php/informacion/articulos\\_informativos/nutricion/74-ique-son-los-fitoquimicos](http://www.nutridep.net/nutricion-costarica/index.php/informacion/articulos_informativos/nutricion/74-ique-son-los-fitoquimicos). [Último acceso 20 de junio del 2014].
- [11] Lenntech, “Que es la desinfección del agua”, [en línea]. Disponible: <http://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/que-es-desinfeccion.htm>. [Último acceso 20 de junio del 2014].
- [12] Unitek, “Clarificación de aguas y efluentes”, [en línea]. Disponible: [www.unitek.com.ar/aplicaciones-clarificacion-de-aguas-y-efluentes.php](http://www.unitek.com.ar/aplicaciones-clarificacion-de-aguas-y-efluentes.php). [Último acceso 25 de junio del 2014].
- [13] Dimensión Físico Biótica, “Pisos térmicos”, [en línea]. Disponible: [www.sandona-narino.gov.co/apc-aa-files/36376331386\\_330363365636338353736/plan\\_ordenamiento\\_sandona\\_corregido.pdf](http://www.sandona-narino.gov.co/apc-aa-files/36376331386_330363365636338353736/plan_ordenamiento_sandona_corregido.pdf). [Último acceso 25 de junio del 2014].
- [14] Edesaesp, “Glosario”, [en línea]. Disponible: <http://www.edesaesp.com.co/ara/glosario>. [Último acceso 30 de junio del 2014].
- [15] Farmaregistro registro de productos en el Salvador, “Productos químicos”, [en línea]. Disponible: [www.farmaregistro.com/servicios-registro-sanitario-registro-de-marca-visado-registro-de-productos-el-salvador/registros-sanitarios-registro-de-productos-el-salvador/productos-quimicos](http://www.farmaregistro.com/servicios-registro-sanitario-registro-de-marca-visado-registro-de-productos-el-salvador/registros-sanitarios-registro-de-productos-el-salvador/productos-quimicos). [Último acceso 30 de junio del 2014].
- [16] B. García Fayó, “Metodología de extracción in situ de coagulantes naturales para la clarificación de agua superficial. Aplicación en países en vías de desarrollo”, Director: Dr. José Miguel Arnal Arnal. Tesis de Maestría. Universidad Politécnica de Valencia, 2007.
- [17] M. Asrafuzzaman, A. Fakhuruddin y M. A. Hossain, “Reduction of Turbidity of Water Using Locally Available Natural Coagulants”, International Scholarly Research Network. ISRN Microbiology, Article ID 632189. pp. 6, 2011.
- [18] M. B. Šćiban, M. T. Klačnja y J. L. Stojimirović, “Investigation of Coagulation Activity of Natural Coagulants from Seeds of Different Leguminose Species”, *Acta Periódica Technol.* vol. 36, pp. 81– 87, 2005.
- [19] R. Sanghi, B. Bhattacharyya y V. Singh, “Cassia Angustifolia Seed Gum as an Effective Natural coagulant for Decolourisation of Dye Solutions”, *Green Chem.* vol. 4, pp. 252– 4, 2002.
- [20] H. Ganjidoust, K. Tatsumi, T. Yamagishi y R. Gholian. “Effect of Synthetic and Natural Coagulant on Ligning Removal from Pulp and Paper Waste Water”, *Water Sci Techn.* vol. 35, pp. 286-291. 1997.
- [21] R. Olivero, I. Mercado y L. Montes, “Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando el mucílago del nopal *Opuntia ficus-indica*”, *Producción + Limpia*, vol. 8, pp. 19-27, 2013.
- [22] A. Villabona, I. Paz y J. Martínez, “Caracterización de la *Opuntia ficus-indica* para su uso como coagulante natural” *Rev. Colomb. Biotecnol.*, vol. 15, pp. 137-144, 2013.
- [23] G. Melo y F. Turriago, “Evaluación de la eficiencia de la utilización de semillas de moringa oleífera como una alternativa de biorremediación en la purificación de aguas superficiales del caño Cola de pato ubicado en el sector rural del municipio de Acacias” Director: Oscar Javier Olarte. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia Villavicencio, Colombia. pp. 51-60, 2012.
- [24] L. Ramírez, J. Suárez y J. Quirama, “Evaluación de las propiedades floculantes de *Malvaviscus arboreus*, *Heliconia popayanensis* e *Hylocereus undatus* para clarificación de aguas”, *RIAA*, vol. 2, n.º 2, pp. 33-42, 2011.
- [25] L. Alvarado, “Uso de las cáscaras de papa como coagulante natural en el tratamiento de aguas potables de la planta La Diana”. Tesis de especialización, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Duitama, 2013.
- [26] M. Pritchard, T. Mkandawire, A. Edmondson, J. G. O’Neill y G. Kululanga, “Potential of using Plant Extracts for Purification of Shallow Well Water in Malawi”, *Physics and Chemistry of the Earth*, vol. 34, pp. 799-805, 2009.
- [27] Resolución 2115, “Características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano”. Ministerio de la Protección Social de la República de Colombia, 2007.