



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Inter Disciplinario

Investigación Básica Investigación Aplicada Investigación Pedagógica Innovación

DEPARTAMENTO(S):

1. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental
2. Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología

LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:

1. Control de la contaminación del agua
2. Residuos industriales

1 Proyecto de Investigación

Título:

- Estudio del comportamiento de polímeros orgánicos naturales, extraídos de materiales de desecho, como coagulantes y/o floculantes dentro del proceso de potabilización de agua.

Resumen del proyecto (máximo 200 palabras)

El proyecto pretende evaluar el comportamiento de tres sustancias naturales, provenientes de residuos alimenticios, como sustancias coagulantes y/o floculantes dentro de la potabilización de agua; y, posteriormente, realizar una caracterización fisicoquímica y de toxicidad de los lodos obtenidos.

1ra. Etapa; se extraerán los coagulantes naturales, de las cáscaras de plátano verde, cáscaras de cítricos y semillas de tamarindo, a través de técnicas de extracción probadas.

2da. Etapa; para las tres sustancias naturales, se evaluará la actividad coagulante primaria a diferentes concentraciones; a través de la medición de la densidad óptica a 500 nm. Posteriormente, se estudiará su eficiencia como sustancias coagulantes y/o floculantes, mediante ensayos estándar de prueba de jarras donde se evaluarán la dosis de coagulante y floculante óptima, las características de los flóculos formados y parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, del agua cruda y clarificada y se compararán con la norma NTE INEN 1108.

3ra. Etapa, para los mejores resultados, se evaluarán los lodos cuantitativamente, mediante métodos gravimétricos y cualitativamente, mediante la determinación de parámetros fisicoquímicos, así como, a través del desarrollo de bioensayos, para conocer los potenciales riesgos ambientales sobre comunidades vegetales.

Finalmente se comparará entre el comportamiento de los coagulantes propuestos y los tradicionalmente usados.

Palabras clave (4-6): Floculación, coagulación, coagulantes naturales, turbiedad, prueba de jarras



5 Objetivos, relevancia, productos y resultados esperados de esta propuesta de investigación

5.1 Objetivos

5.1.1 Objetivo General

Estudiar el comportamiento de polímeros orgánicos naturales, extraídos de residuos alimenticios, como coagulantes y/o floculantes dentro del proceso de potabilización de agua.

5.1.2 Objetivos Específicos

- a. Extraer el polímero con propiedades coagulantes, a partir de materiales orgánicos de desecho, esto es almidón de cáscara de plátano verde, pectina de cáscaras cítricos y extracto de semillas de tamarindo.
- b. Determinar la dosis de coagulante y floculante óptima y características de los flóculos formados, mediante el desarrollo de pruebas de jarras, a nivel de laboratorio.
- c. Evaluar las características coagulantes y/o floculantes de los polímeros orgánicos naturales estudiados.
- d. Determinar el porcentaje de remoción y/o variación de los siguientes parámetros: turbiedad, pH, alcalinidad, conductividad, dureza, color, DQO, DBO₅ y coliformes, a través de la caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua cruda y del agua clarificada.
- e. Comparar los resultados obtenidos con los valores de la norma NTE INEN 1108.
- f. Cuantificar y caracterizar los lodos obtenidos, mediante la evaluación de parámetros como pH, sólidos totales y suspendidos, sólidos fijos, sólidos volátiles, DQO, DBO₅.
- g. Comparar los resultados obtenidos con los mostrados por el coagulante químico tradicionalmente utilizado (sulfato de aluminio) y el coagulante natural ampliamente estudiado (*Moringa Oleifera*).

5.2 Relevancia de esta propuesta de investigación y su relación con la(s) Línea(s) de investigación asociadas.

El presente proyecto constituye un aporte significativo para el Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental al sentar las bases de una línea de investigación relativa a los procesos unitarios aplicados en el tratamiento del agua, específicamente en la determinación de polímeros orgánicos naturales obtenidos de residuos de procesamiento de alimentos con características coagulantes/floculantes que puedan ser utilizados, en reemplazo de las convencionales sales de hierro y aluminio y de los polímeros orgánicos sintéticos. Además, este tema es también de interés para el Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología, ya que los desechos de procesamiento de alimentos son subutilizados, y en muchos casos constituyen un problema ambiental; el revalorizar los desechos es una alternativa interesante que puede disminuir estos problemas.

En los últimos años, ha existido un creciente interés por el estudio de coagulantes naturales ya que las fuentes para su obtención son abundantes, reducen los riesgos de contaminación en el medio ambiente, le confieren una naturaleza biodegradable a la potabilización del agua, su precio es relativamente bajo y, principalmente, porque no generan un riesgo tóxico para el ser humano ^{[7], [26], [10]}. Dentro de este último aspecto, la evidencia científica ha demostrado, que el uso de sulfato de aluminio conlleva a un incremento en la cantidad de aluminio en el agua tratada ^[38]; la OMS estima que el aluminio contenido en el agua de consumo puede contribuir a aumentar la ingesta en 4,0mgAl/ día. ^[9]. Constituyendo, de esta manera, un riesgo potencial para la salud humana, pues el aluminio contenido en el agua potable presente la mayor biodisponibilidad para ser absorbido por el intestino. Los estudios siguen que la ingesta de altas dosis de aluminio está asociada al desarrollo de diversos procesos neurofisiológicos responsables de la degeneración característica del Alzheimer ^{[14], [18], [36]}, así como, afecciones en el hígado, cerebro, corazón, etc. ^{[13], [30]}.

Por otra parte, uno de los problemas asociados al tratamiento de agua con coagulación química es la generación de lodos, cuya disposición final es predominantemente en cuerpos de agua, afectando su calidad y usos potenciales. En las plantas tradicionales de potabilización, que emplean sulfato de aluminio como coagulante, se generan grandes cantidades de lodos; formados aproximadamente de 40 – 50% de aluminio sin reaccionar ^[21], un alto contenido de agua, de alrededor 90%, y que presentan una pobre capacidad de



deshidratación. Por lo tanto, si bien los reactivos químicos empleados en la potabilización del agua, han mostrado ser eficientes en cuanto a remoción de turbiedad, complican la disposición de los fangos generados, cuyo costo es asumido por el consumidor ^[28].

Si bien el uso de estas sustancias naturales ya ha sido estudiadas en otros países como España, Serbia, Brasil, Irán, entre otros, en Ecuador son pocos los trabajos realizados en esta línea de investigación, sobre todo, tomando en cuenta el uso de residuos orgánicos como fuente de obtención de los mismo, por tanto los conocimientos y experiencia adquiridos, en este estudio, permitirán determinar las técnicas más adecuadas aplicables en nuestro medio ^{[30], [11], [6]}.

Con los antecedentes antes mencionados, y considerando que la potabilización del agua en la ciudad de Quito, en todas sus plantas, se lleva a cabo con el uso de sulfato de aluminio, es pertinente abordar este tema desde un punto de vista técnico-científico, con la finalidad de ofrecer alternativas viables a la comunidad.

A nivel interno, el proyecto contribuye a fortalecer la cultura institucional de investigación y adquisición de nuevos conocimientos para la formación de los futuros profesionales, así como, a incrementar el equipamiento dentro de los laboratorios de la institución, que pueden ser utilizados, tanto en futuras investigaciones, como en beneficio de la consecución de los objetivos académicos de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental.

A nivel macro, ayuda a fomentar las relaciones entre la EPN y otras comunidades académicas y de servicio público relacionadas con el tratamiento y purificación de las aguas.

5.3 Productos esperados

- | | |
|---|-------------------------------------|
| a. Publicaciones científicas (obligatorio); | <input checked="" type="checkbox"/> |
| b. Disertación a la Comunidad Politécnica; | <input type="checkbox"/> |
| c. Proyecto de Titulación; | <input checked="" type="checkbox"/> |
| d. Tesis de Grado (maestría o doctorado); | <input type="checkbox"/> |
| e. Aplicación tecnológica construida o implementada; | <input type="checkbox"/> |
| f. Patente presentada; | <input type="checkbox"/> |
| g. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación. | <input checked="" type="checkbox"/> |

5.4 Detalle de los resultados esperados (con relación a los objetivos)

- Polímeros con propiedades coagulantes extraídos a partir de materiales orgánicos de desecho, esto es, almidón de cáscara de plátano verde, pectina de cáscaras cítricos y extracto de semillas de tamarindo.
- Determinación de la dosis de coagulante y floculante óptima para la remoción de contaminantes, se espera obtener flóculos con buena formación y con alta capacidad de sedimentación.
- Se espera identificar el polímero con las mejores características como coagulantes y/o floculantes.
- Se espera una remoción considerable en cuanto a los siguientes parámetros: turbiedad, color, DQO y coliformes, y determinar la variación en el pH, alcalinidad, conductividad y dureza del agua clarificada.
- Se espera que el agua clarificada cumpla con los parámetros estipulados en la norma NTE INEN 1108.
- Lodos generados cuantificados y caracterizados, mediante la evaluación de parámetros como pH, sólidos totales, sólidos fijos, sólidos volátiles, DQO, DBO y ensayos de biotoxicidad.
- Se espera que los resultados obtenidos con los coagulantes naturales sean comparables con los del coagulante químico tradicionalmente utilizado (sulfato de aluminio) y el coagulante natural ampliamente estudiado (*Moringa oleifera*).



6	Descripción, metodología y cronograma de trabajo
<p>6.1 Descripción, metodología y diseño del proyecto (Máximo dos carillas)</p> <p>Los procesos de coagulación y floculación son operaciones unitarias utilizadas en la remoción de sólidos suspendidos del agua causantes, principalmente, de su turbiedad y color; además de la remoción de cierta cantidad de bacterias y carga orgánica ^[3]. Estos procesos se llevan a cabo, generalmente, con el uso combinado de coagulantes químicos como sales de aluminio y hierro férrico y floculantes como polímeros orgánicos sintéticos; lo cual incrementa la tendencia de las pequeñas partículas suspendidas de agregarse unas a otras y de formar agregados que pueden ser removidos, eficientemente, en posteriores procesos de separación.</p> <p>Varios estudios sobre la sustitución de los coagulantes tradicionales por otros naturales se han realizado, proponiendo el uso de polímeros naturales, provenientes de diversas especies vegetales, cuya eficiencia ha resultado ser similar a la de los coagulantes químicos ^{[29], [6]}. Entre estas especies vegetales cuentan el guarango (<i>Caesalpinia spinosa</i>), moringa, (<i>Moringa oleífera</i>), banana (<i>Musa paradisiaca L.</i>), árbol de la nuez (<i>Strychnos potatorum</i>), cactáceas (<i>Cactaceae</i>) ^{[31], [3], [28]}; y compuestos orgánicos como taninos, pectinas ^[34] y almidones ^[22].</p> <p>Frente a esta situación, se propone realizar un estudio de la eficiencia como coagulantes y/o floculantes de polímeros naturales, como almidón de cáscara de plátano verde, pectina de cáscaras cítricos y extracto de semillas de tamarindo.</p> <p>La metodología propuesta involucra los siguientes aspectos:</p> <p>a) Evaluación de los parámetros fisicoquímicos del agua cruda: turbiedad, pH, alcalinidad, conductividad, dureza, color, DQO, DBO₅ y coliformes, mediante ensayos estandarizados que se realizarán en laboratorios certificados. Las muestras de agua cruda se obtendrá de una las Plantas de Potabilización de la Ciudad de Quito, con lo cual se garantiza que las características químicas y biológicas del agua cruda se ajusten a la realidad.</p> <p>b) Extracción del polímero natural de los diferentes materiales de desecho:</p> <p>El almidón será extraído de las cáscaras de plátano verde siguiendo el proceso detallado a continuación: se realizará un lavado de las cáscaras con agua destilada para eliminar restos de arena, tierra e impurezas, posteriormente las cáscaras serán cortadas en trozos de aproximadamente 1 cm de lado, y serán remojadas en una solución de bisulfito de sodio, con una concentración de 1500 ppm, en proporción 1:3 y serán sometidas a otra reducción de tamaño (licuado) con agua destilada ^{[17], [3], [2]}. En un siguiente paso, la solución obtenida se filtrará y lavará en varias ocasiones, hasta la recuperación total del almidón, esto es, hasta que el agua de lavado sea traslúcida. Finalmente el almidón obtenido será sometido a secado en una estufa durante 24 horas, a una temperatura entre 40 y 60 °C ^[19].</p> <p>La pectina será extraída de las cáscaras cítricos siguiendo el proceso detallado a continuación: las cáscaras de cítricos serán cortadas en tiras de aproximadamente 3 mm de ancho, luego de un lavado con agua destilada. Posteriormente las tiras serán sometidas a un secado en estufa durante 24 h a una temperatura entre 30 a 50 °C ^[41]. Luego del secado se procederá a la hidrólisis ácida de las cáscaras, con agitación a baño maría utilizando ácido sulfúrico, durante aproximadamente 60 minutos. Seguidamente se centrifugará, y en el sobrenadante se añadirá etanol potable para lograr la precipitación de la pectina, durante al menos una horas. La pectina precipitada se centrifugará y será secada en estufa, durante 24 horas, a temperatura entre 40 y 50 °C ^{[8], [39], [40]}.</p> <p>El extracto de las semillas de tamarindo se realizará siguiendo el procedimiento detallado a continuación: las semillas serán extraídas del fruto, y serán molidas. Posteriormente, se extraerá el aceite de las mismas poniéndolas en contacto con etanol al 95 %. Luego se las secará al ambiente durante 24 horas. Por último, se procederá a la obtención del extracto de las semillas mediante el uso de soluciones al 5 % (p/v) de las semillas y solventes como: agua destilada, una solución de cloruro de sodio 0,5 M y una solución de acetato de amonio 0,01 M. Estas soluciones se mantendrán en agitación durante 1 hora y finalmente se filtrarán ^[16].</p> <p>c) Desarrollo de una batería de ensayos empleando el test de actividad coagulante primaria y el método estándar de prueba de jarras. A través de estos ensayos se determinarán:</p> <p>i. <i>Las características como coagulantes y/o floculantes de los polímeros naturales en estudio</i> Se determinarán mediante el método de actividad coagulante primaria ^[16]. Para esto, se seguirán los pasos detallados a continuación: se medirá la densidad óptica a 500 nm (DO₅₀₀) de una</p>	



muestra de agua cruda, a la que se le añadirá un volumen variable del polímero coagulante en estudio, en una cubeta de plástico de 10 x 4 x 45 mm, hasta aforar el volumen en un mililitro. Se homogeneizará la suspensión y se medirá inmediatamente la absorbancia a 500 nm en un espectrofotómetro UV – VIS. La disolución de la cubeta se dejará sedimentar durante 1 hora midiendo nuevamente la absorbancia a 500 nm. Para todos los ensayos, se medirá la absorbancia de un blanco, compuesto por 10 microlitros de agua ultra pura con agua cruda ^[16].

ii. *Las principales variables asociadas al proceso de coagulación/floculación*

- Dosis de coagulante y floculante óptimas: Considerando los resultados obtenidos en el apartado anterior, se suministrarán en cada jarra dosis crecientes de coagulante y floculante, respectivamente, en un rango de 10 a 60 mg/l.
- Características de los flóculos según el Índice de Willcomb: los flóculos formados durante la mezcla lenta, se valorarán de acuerdo al índice de Willcomb, que categoriza el flóculo, asignándole un valor entre 0 y 10 de acuerdo a sus características visuales ^[32].

Estos ensayos se realizarán mediante el método estándar de prueba de jarras, descrito en la norma ASTM D2035-80 ^[5], técnica que simula los proceso de coagulación – floculación y sedimentación del agua a nivel de laboratorio, con los siguientes parámetros: mezcla rápida: 100 rpm durante 1 minuto, mezcla lenta: 30 rpm durante 30 minutos y sedimentación: durante 60 minutos.

- d) Caracterización del agua clarificada (sobrenadante de cada jarra), bajo los siguientes parámetros: turbiedad, pH, alcalinidad, conductividad, dureza, color, DQO, DBO₅ y coliformes; con la finalidad de evaluar la eficiencia del proceso mediante el porcentaje de remoción y/o variación de los distintos parámetros analizados, mediante ensayos estandarizados que se realizarán en laboratorios certificados ^{[32], [3], [30]}; y comparación de los resultados obtenidos con los valores de la norma NTE INEN 1108:2011 ^[20].
- e) Cuantificación de los lodos producidos durante la prueba de jarras, mediante método clásico de gravimetría ^[4].
- f) Caracterización fisicoquímica y microbiológica de los lodos producidos durante la prueba de jarras, bajo los siguientes parámetros: pH, sólidos totales, sólidos suspendidos totales, fijos y volátiles, DQO, DBO, coliformes, humedad, densidad, gravedad específica y velocidad de sedimentación, mediante ensayos estandarizados que se realizarán en laboratorios certificados.
- g) Desarrollo de bioensayos para el diagnóstico de los potenciales riesgos ambientales de los constituyentes de los lodos sobre comunidades vegetales. Para lo cual, se estudian organismos en laboratorio, bajo condiciones controladas y estandarizadas, y se determinan las respuestas, ya sea de inhibición o magnificación de ciertas reacciones biológicas de los organismos de prueba. Los ensayos que se pretenden realizar son los siguientes:
- Ensayos de toxicidad aguda con bulbos de cebolla (*Allium Cepa L.*), mediante el cual se compara la elongación de la raíz de la cebolla expuestas al lodo generado en el proceso de clarificación, durante 72 horas, con la elongación obtenida sin exposición a los lodos; estableciéndose el porcentaje de inhibición o magnificación del crecimiento de las raíces respecto a la longitud promedio de las raíces control ^{[35], [15]}.
 - Ensayos de toxicidad agua con semillas de lechuga (*Lactuca sativa L.*), mediante el cual se evalúa el efecto fitotóxico de los lodos en el proceso de germinación de las semillas y en el desarrollo de las plántulas durante los primeros días de crecimiento, después de 120 horas de exposición ^{[35], [12]}.

Bibliografía

- [1] Abdelaal, A. M. (2004). Using a Natural Coagulant for Treating Wastewater. *Eight International Water Technology Conference. IWTC8*, 781 - 792. doi: 10.1.1.302.7438
- [2] Abdul Aziz, H., Mohamed Sobri, N. (2015). Extraction and application of starch-based coagulants from sago trunk semi-aerobic landfill leachate treatment. *Environmental Science and Pollution Research*, (2015). doi: 10.1007/s11356-015-4895-7
- [3] Alwi, H., Idris, J., Musa, M., Ku Hamid, K. (2013). A preliminary study of banana stem juice as a plant-based coagulant for treatment of spent coolant wastewater. *Journal of Chemistry*. 2013. 2-6. Recuperado de: <http://www.hindawi.com/journals/jchem/2013/165057/> (junio, 2015)
- [4] American Public Health Association. (2005). *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*, 21. New York: Publication Office.
- [5] American Society for Testing and Materials - ASTM. (2003). ASTM D2035 - 80. Standard Practice for Coagulation - Flocculation Jar Test of Water.



- [6] Arvand, M., Shemshadi, R., Efondiov, A., Zeynalov, N. (2010). Effects of natural polymers and chemical coagulants on sewage sludge dewatering. *International Journal of Applied Chemistry*. 6(1), 1-9. Recuperado de: <http://connection.ebscohost.com/c/articles/74696992/effects-natural-polymers-chemical-coagulants-sewage-sludge-dewatering> (junio, 20115)
- [7] Asrafuzzaman, M., Fakhruddin, A. N., Alamgir Hossain, M. (2011). Reduction of Turbidity of Water Using Locally Available Natural Coagulants. *International Scholarly Research Network* , 6, 1-6. doi:10.5402/2011/632189
- [8] Baltazar Flores, R., Carbajal Mariños, D., Baca Rodríguez, N, Salvador Rodríguez D. (2013). Optimización de las condiciones de extracción de pectina a partir de cáscara de limón francés (Citrus medica) utilizando la metodología de superficie de respuesta. *Agroindustrial Science*, 2013(2). 77-89. Recuperado de: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:P40TBf39Eo0J:revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/download/500/475+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=ec> (junio, 2015)
- [9] Banegas Juárez, J. J. (2007). Enfermedad de Alzheimer. *BUN Synapsis* (2), 5 - 11. Recuperado de: <http://65.182.2.244/Honduras/SUN.THEPIXIE.NET/files/010460702.pdf>. (junio, 2015)
- [10] Birima, A. H., Hammad, H. A., Desa, M. N., Muda, Z. C. (2013). Extraction of natural coagulant from peanut seeds for treatment of turbid water. *Earth and Environmental Science* (16). doi:10.1088/1755-1315/16/1/012065
- [11] Carvalho, M., Konradt-Moraes, L., Bergamasco, R., Sakaniva, B., Granhen, C. (2010). Os beneficios da utilizacao de coagulantes naturais para a obtencao de água potável. *Acta Scientiarum. Technology*, 32(2), 167-170. doi: 10.4025/actascitechnol.v32i2.8238
- [12] Castañeda Sarabia, O. (2000). Determinación de la Toxicidad de los lodos generados por una planta potabilizadora, utilizando bioensayos. *Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales* (pp.). Morelia, México: FEMISCA.
- [13] Devesa-Rey, R., Bustos, G., Cruz J. M., Moldes, A. B. (2012). Evaluation of non-conventional coagulants to remove turbidity from water. *Water, Air & Soil Pollution*, (223), 591-598. doi: 10.1007/s11270-011-0884-8
- [14] Ferreira, P. C., Pia, K., Magosso Takayanagui, A. M., Segura-Muñoz, S. I. (2008). Aluminium a Risk Factor for Alzheimer's Disease. *Rev Latino-am Enfermagem* , 16 (1), 151-157. Recuperado de: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-11692008000100023&script=sci_arttext
- [15] Fiskesjö Geirid. (1985). The Allium test as a standard in environmental monitoring. *Hereditas* 102:99-112. doi: 10.1111/j.1601-5223.1985.tb00471.x.
- [16] García, B. (2007). Metodología de extracción in situ de coagulantes naturales para la clarificación de agua superficial. Aplicación en países en vías de desarrollo. (Tesis de maestría no publicada). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
- [17] Guízar Miranda, A., Montañez Soto, J., García Ruiz, I. (2008). Parcial caracterización de nuevos almidones obtenidos del tubérculo de camote del cerro (*Dioscorea* spp). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 9(1). 81-88. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81311226011> (junio, 2015)
- [18] Hayder, G., Rahim, A. A. (2015). Effect of Mixing Natural Coagulant with Alum on Water Treatment. Recuperado de: http://cogs.uniten.edu.my/portal/NatGrad2015/Proceedings/CE/PaperID_1.pdf (junio, 2015)
- [19] Hernández-Medina, M., Torruco-Uco, J., Chel-Guerrero, L., Betancur-Ancona, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciencia e Tecnología de Alimentos*, 23(3). 718-726. Recuperado de: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612008000300031 (junio, 2015)
- [20] Instituto Ecuatoriano de Normalización-INEN (2011). Norma técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2011. Agua Potable: Requisitos. Primera edición.
- [21] Joshi, S., Shrivastava, K. (2011). Recovery of Alum Coagulant from Water Treatment Plant Sludge: A Greener Approach for Water Purification. *International Journal of Advanced Computer Research*, 1(2), 101 - 103. Recuperado de: <http://accentsjournals.org/PaperDirectory/Journal/IJACR/2011/12/19.pdf>
- [22] López Vidal, R., Laines Canepa, J.R., Hernández Barajas, J. R., Aparicio Trápala, M.A. (2014). Evaluación de almidones de Malanga (*Colocasia esculenta*) como agente coadyuvante en la remoción de turbiedad en procesos de potabilización de agua. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 13(3), 855 - 863. Recuperado de: <http://rmiq.org/new%20page/Pdfs/Vol.%2013,%20No.%203/IA1/RMIQTemplate.pdf>
- [23] Martín, C., Martín, G., García, A., Fernández, T., Hernández, E., Puls, J. (2013). Potenciales aplicaciones de Moringa oleifera. Una revisión crítica. *Pastos y Forrajes*, 36 (2), 137 - 149.



- Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942013000200001&script=sci_arttext
- [24] Mendoza, I., Fernández, N., Ettiene, G., Diaz, A. (2000). Uso de la Moringa Oleifera como coagulante en la potabilización de las aguas. *Ciencia* 8 (2), 235-242. Recuperado de: <http://www.elaguapotable.com/Usode%20la%20Moringa%20oleifera%20como%20coagulante.pdf>
- [25] Morales Avelino, F. D., Méndez Novelo, R., & Tamayo Dávila, M. (2009). Tratamiento de aguas residuales de rastro mediante semillas de Moringa Oleifera LAM como coagulante. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10, 523-529. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93912996021>
- [26] Olivero Verbel, R. E., Mercado Martínez, I. D., Montes Gazabón, L. E. (2013). Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando el mucílago del nopal Opuntia Ficus-indica. *Producción + Limpia*, 8 (2), 19 - 27. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1909-04552013000100003&script=sci_arttext
- [27] Peláez, A. (2013). *Alternativas de solución para el tratamiento de efluentes textiles*. Recuperado de: http://www.ai.org.mx/ai/images/sitio/201310/ingresos/aapc/trabajo_ingreso_pelaez_final.pdf (junio, 2015)
- [28] Peruco Theodoro, J. D., Lenz, G. F., Fiori Zara, R., Bergamasco, R. (2013). Coagulants and Natural Polymers: Perspectives for the Treatment of Water. *Plastic and Polymer Technology (PAPT)*, 2 (3) 55 - 61. Recuperado de: www.seipud.org/papt
- [29] Pise, C., Halkude, S. (2014). Review of coagulation efficacy of Moringa Oleifera seed extract. *International Journal of Applied Engineering Research*. 9(21). 9007-9024. Recuperado de: <http://www.ripublication.com/Volume/ijaerv9n21.htm> (junio, 2015)
- [30] Prodanovic, J., Sciban, M., Antov, M. (2013). Improvement or wastewater treatment by use of natural coagulants. *Journal of Economic Development, Environment and People*, 2(2), 23-30. Recuperado de: http://cercetare.spiruharet.ro/ojs/index.php/jedep/article/view/21/html_31 (junio, 2015)
- [31] Revelo, A. Proaño, D., Brancón, C. (2015). Biocoagulación de aguas residuales de industria textilera mediante extractos de Caesalpinia spinosa. *Enfoque UTE*. 6(1). 1-12. Recuperado de: <http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/index.php/revista/article/view/50> (junio, 2015)
- [32] Rodríguez Muñoz, S., Muñoz Martínez, R., García Roque, O., Fernández Santana, E. (2005). Empleo de un producto coagulante natural para clarificar agua. *Revista CENIC Ciencias Químicas*, 36(especial). 1-8. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/1816/181620511037.pdf> (junio, 2015)
- [33] Rogelia, G. G. (2010). *Eficiencia del Coagulante de la semilla de Moringa oleifera en el tratamiento de agua con baja turbidez*. Recuperado de: <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/538/1/T2934.pdf>. ((junio, 2015)
- [34] Sánchez Fiorentini, S., Untiveros Bermúdez, G. (2004). Determinación de la actividad floculante de la pectina en soluciones de Hierro III y Cromo III. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 70 (4), 201-208. Recuperado de: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/rsqp/n4_2004/a04.pdf
- [35] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología (2008). *Ensayos toxicológicos para la evaluación de sustancias químicas en agua y suelo: La experiencia en México. (primera edición)*. México D.F, México: INE.
- [36] Suay Llopis, L., Ballester Díez, F. (2002). Revisión de los estudios sobre exposición al aluminio y enfermedad de alzheimer. *Revista Española de Salud Pública*, 76 (6), 645-658. Recuperado de: http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272002000600002
- [37] Vargas, M., & Jiménez, J. (2010). *Extracción y análisis de polímeros obtenidos a partir de varios productos naturales, para ser usados como potenciales floculantes en el tratamiento de agua para consumo humano*. Recuperado de: <http://www.tec.ac.cr/sitios/Docencia/quimica/Documents/Publicaciones/INFORME%20FINAL%20EXTRACCI%C3%93N%20Y%20ANALISIS%20DE%20POL%C3%8Dmeros%20OBTENIDOS%20A%20PARTIR%20DE%20VARIOS%20PRODUCTOS%20NATURALES,%20PARA%20SER%20USA.pdf>. (junio, 2015)
- [38] World Health Organization. (2011). Guidelines for Drinking-water Quality. Recuperado de: http://whqlibdoc.who.int/publications/2011/9789241548151_eng.pdf. (junio 2015)
- [39] Yapó, B. M., Robert, C., Etienne, I., Wathelet, B., & Paquot, M. (2007). Effect of extraction conditions on the yield, purity and surface properties of sugar beet pulp pectin extracts. *Food Chemistry*, 100(4), 1356-1364. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.12.012>
- [40] Yeoh, S., Shi, J., & Langrish, T. a. G. (2008). Comparisons between different techniques for water-based extraction of pectin from orange peels. *Desalination*, 218(1-3), 229-237.



<http://doi.org/10.1016/j.desal.2007.02.018>
[41] Zapata, A., Escobar, C., Cavalitto, S., Hours, R. (2009). Evaluación de la capacidad de solubilización de pectina de cáscara de limón usando protopectinasa –SE. *Vitae, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*, 16(1). 67-74. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169815393008> (junio, 2015)

6.2 Cronograma de trabajo anual: (Descripción)

Primer Año

Actividad	Porcentaje de avance por mes						TOTAL
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	
Caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua cruda	100 %						5 %
Extracción del polímero con propiedades coagulantes	50%	50%					15 %
Ensayos de actividad coagulante primaria			100%				15 %
Ensayos de prueba de jarras			30%	35%	25%		20 %
Caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua clarificada			30%	65%	100%		5 %
Cuantificación y caracterización de lodos					100%		15 %
Ensayos de biotoxicidad de lodos						100%	15 %
Redacción de informe de resultados	10%	20%	40%	60%	80%	100%	10 %
TOTAL							100 %

7	Fechas de inicio y fin
	<i>1 de febrero de 2016- 1 de febrero de 2017</i>

8	Tiempo de dedicación de docentes, infraestructura, equipos y fondos adicionales.						
	<p>8.1 Tiempo máximo de dedicación semestral del Director del proyecto, de los docentes participantes y otros colaboradores. <i>El tiempo de dedicación máximo de los participantes en este proyecto será:</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Proyecto</th> <th>Director</th> <th>Colaboradores</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td align="center">PIS</td> <td align="center">María Belén Aldás Sandoval : 10 HSS</td> <td align="center">Tania Elizabeth Lastra Bravo: 8 HSS Edwin Rafael Vera Calle: 3 HSS</td> </tr> </tbody> </table>	Proyecto	Director	Colaboradores	PIS	María Belén Aldás Sandoval : 10 HSS	Tania Elizabeth Lastra Bravo: 8 HSS Edwin Rafael Vera Calle: 3 HSS
Proyecto	Director	Colaboradores					
PIS	María Belén Aldás Sandoval : 10 HSS	Tania Elizabeth Lastra Bravo: 8 HSS Edwin Rafael Vera Calle: 3 HSS					
	<p>8.2 Infraestructura y equipos a. <i>El presente proyecto se llevará a cabo en el Laboratorio Docente de Ingeniería Ambiental, de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, dentro del cual se destinará un área específica para la</i></p>						



colocación de los equipos y el desarrollo de las actividades concernientes al proyecto. Dicho laboratorio cuenta con instrumentos y equipos como turbidímetro, espectrofotómetro, estufa, mufla, balanza analítica.

- b. Además, en el DECAB se cuenta con el equipamiento y los materiales necesarios para realizar las extracciones propuestas, como baños con control de temperatura, centrifugas, filtros planos a presión o vacío, estufas de conexión para secado, termocuplas, balanzas analíticas, semianalíticas y material de vidrio.

8.3 Breve justificación del equipo requerido

- c. Los equipos solicitados son requeridos exclusivamente para el desarrollo del proyecto, puesto que en el Laboratorio Docente de Ingeniería Ambiental, los equipos existentes están destinados a actividades de docencia, y no existen en número suficiente.

Los equipos solicitados son los siguientes:

- Equipo para prueba de jarras: se utilizará para los ensayos de coagulación, floculación y sedimentación del agua.
- pHmetro, conductímetro: se utilizarán para la caracterización del agua cruda y clarificada.

Presupuesto estimado para la ejecución del presente proyecto (anual)		
<u>Primer Año</u>		
Lista de ítems	Cantidad solicitada (US \$)	Porcentaje (%)
1. Contratación Servicios Personales por Contrato <i>Ayudantes de Investigación</i>	4248	
Subtotal	4248	28.3%
2. Maquinaria y Equipos		
- Equipo para prueba de jarras	5000	
- pHmetro/conductímetro	2000	
Subtotal	7000	46.7%
3. Reactivos y materiales de laboratorio		
- Reactivos extracción de coagulantes naturales	400	
- Reactivos para la determinación de parámetros físico químicos del agua.	400	
- Análisis de parámetros físico químicos y microbiológicos en laboratorios certificados	1500	
- Material de laboratorio para extracción de coagulantes naturales	326	
- Material de laboratorio para determinación de parámetros físico químicos del agua.	326	
Subtotal	2952	19.7%
4. Literatura especializada	300	
Subtotal	300	2.0%
5. Viajes técnicos y de muestreo	-	
Subtotal	-	
6. Presentación de ponencias en congresos internacionales y publicaciones	500	
Subtotal	500	3.3%
TOTAL PRESUPUESTO	15000,00 + IVA	100