

Ensayo preliminar: Almidón de “Malanga” *Colocasia esculenta*, como ayudante de floculación en la potabilización del agua

Preliminary essay: "Malanga" Starch *Colocasia esculenta* as flocculation assistant in drinkable water

Páez P., Linda Luz Yesenia¹ y Peña P., Sergio Andrés²

Fundación Universitaria de San Gil – Unisangil, Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Yopal, Colombia

terranare@unisangil.edu.co
spena@unisangil.edu.co

Fecha de Recepción: febrero 19 de 2015
Fecha de Aceptación: noviembre 06 de 2015

Resumen —Para lograr la clarificación del agua en los procesos de potabilización, se utilizan sustancias químicas u orgánicas que poseen la característica de formar partículas sedimentables que pueden ser removidas mediante procesos físico-mecánicos. El uso de coagulantes y ayudantes de floculación naturales viene aumentando; como consecuencia de la presencia del aluminio en el agua entregada a la población, este tipo de coagulantes químicos, causan o están directamente asociados a los problemas del sistema nervioso central; además de provocar envejecimiento prematuro. La investigación se basó en un primer ensayo para determinar las propiedades del almidón de Malanga como ayudante de floculación en la potabilización del agua, ya que en investigaciones realizadas anteriormente con almidón de cereales como el maíz, y raíces como la yuca, han dado resultados positivos. En los ensayos realizados con almidón de Malanga se pudo establecer la eficiencia a la hora de remover turbiedad, color y otros elementos no deseables.

Palabras clave— Almidón, malanga, coagulación, floculación, agua.

Abstract – In order to achieve the water clarification treatment processes, chemical or organic substances which have the property of forming sedimentary particles that can be removed by physical-mechanical processes are used. The use of natural coagulants and flocculation assistants is increasing, as a result, the presence of substances such as aluminum into the water supplied to population. These chemistry coagulants are associated with central nervous system problems as well as causing premature aging also. The research was based on an initial test to determine the properties of Malanga starch as a flocculation assistant in water purification taking into account that in previous research based on the use of some cereals like corn and roots like yucca have shown positive results. Based on the tests done on Malanga starch, it was possible to establish the efficiency when removing undesirable elements such as colour, turbidity and other elements.

Keywords - Starch, Malanga, coagulation, flocculation, water.

I. INTRODUCCIÓN

Naturalmente el agua contiene sales, materiales solubles y sólidos; posee partículas coloidales cargadas negativamente, con gran estabilidad en disolución y con capacidad para modificar propiedades físicas y químicas como la coloración [1].

El objetivo de la coagulación y floculación es transformar las impurezas que se encuentran en suspensión fina, en estado coloidal o en solución, los microorganismos y el plancton, en partículas de mayor tamaño (flóculos) para que puedan ser eliminadas por sedimentación, y/o filtración [2]. Los flocs formados y de peso considerable se precipitan, quedando el agua clarificada para la realización de otros procesos.

El problema al realizar este tipo de procesos en la región de la Orinoquía, es el alto costo en tratamiento para potabilización del agua, principalmente en los meses de invierno cuando se incrementa la turbiedad y la cantidad de sólidos en el agua de las fuentes superficiales. Adicional a ello, una de las causas de insostenibilidad de las empresas de servicios públicos que realizan potabilización de agua cruda, es el gasto de insumos para el proceso de coagulación/floculación, específicamente cuando las fuentes hídricas están siendo contaminadas y cada vez el flujo de agua es menor, aumentando la concentración de material particulado y otras impurezas.

El trabajo se realizó para determinar mediante un ensayo preliminar, las propiedades del almidón de Malanga como ayudante de floculación en la potabilización del agua,

¹ Ingeniera Ambiental; Investigadora Grupo de Investigación, Unisangil sede Yopal

² Ingeniero Sanitario y Ambiental; Director Grupo de Investigación Terranare, Unisangil sede Yopal

siendo esta una raíz que actualmente se utiliza como alimento rico en carbohidratos; ya que el almidón contenido en ella es altamente aprovechado no solo para consumo humano, sino también es utilizado para la alimentación de animales domésticos y de engorde a nivel local.

II. METODOLOGÍA

La investigación aplicada en este estudio fue de tipo experimental. Se utilizó un producto cosechado en la región y comercializado en la central de abastos del municipio de Yopal.

Para el desarrollo de la investigación, se planteó una metodología que permitiera evaluar cada uno de los factores en su totalidad, buscando que influyeran de manera directa en los resultados finales. De esta manera, la metodología incluyó las siguientes actividades:

- Protocolo de trabajo para los procesos a realizar.
- Extracción del almidón de Malanga.
- Muestreo de agua.
- Análisis físico – químico de las muestras de agua.
- Pruebas de laboratorio (ensayos de jarras).

A. Protocolo de trabajo para los procesos a realizar

Se definió un protocolo de ensayos y procesos de laboratorio con base al Standard Methods, con el fin de normalizar y ajustar los procesos requeridos y cantidades de insumos a la hora de determinar los parámetros de calidad de agua planteados para el proyecto y lograr uno de los objetivos.

Se planteó una serie de pasos que lograran describir cada uno de los procedimientos a llevar a cabo en el laboratorio, tanto para extracción del almidón, como para los análisis de laboratorio que eran aplicados a las muestras de agua y pruebas de jarras para determinar el potencial floculante del almidón.

El protocolo lleva por nombre “Protocolo de trabajo para los procesos a realizar _ proyecto CI-2010-06” [3], en este documento se aborda las instrucciones propias de:

- Extracción del almidón de Malanga *Escolocasia Esculenta*.
- Análisis físico – químico aplicado a muestras de agua:
 - Hierro
 - Ph
 - Turbiedad
 - Color
 - Prueba de jarras

Con el protocolo para trabajo en el laboratorio, se buscó reducir los posibles errores e inconvenientes durante el desarrollo de las actividades propias del proyecto.

Al tener estructurado y culminado el “Protocolo de trabajo para los procesos a realizar _ proyecto CI-2010-06”, se dio inicio a las actividades propias de la investigación.

B. Extracción del almidón de Malanga (*Escolocasia esculenta*)

Para la extracción del almidón, se consultaron técnicas realizadas por otros autores. Las técnicas analizadas comprenden las siguientes etapas:

Técnica N° 1: Lavado y descascarillado, rallado, deshidratado, molido y tamizado.

Técnica N° 2: Lavado y descascarillado, rallado, pre-deshidratado, pre-molido, deshidratado, molido y tamizado [4]

Finalmente se llevó a cabo el procedimiento de la siguiente manera:

Técnica Utilizada: Descascarillado y rallado, lavado, licuado y tamizado, lavado, secado.

- Descripción del procedimiento:

Para la obtención del almidón de Malanga, se realizó el procedimiento con una muestra del producto (con cáscara, ver figura 1) de 10,54 Kg. Se inició con el descascarillado de la muestra de Malanga, posteriormente se eliminaron todas las impurezas. Después se pesó la muestra de Malanga (sin cáscara) teniendo como resultado 6.601 Kg. Luego se procedió a realizar el rallado de la muestra de Malanga sin cáscara, se lavó, se licuó añadiendo 10,0 litros de agua destilada, con el objetivo de optimizar el proceso de precipitación de la masa presente en el agua. Al cabo de 24 horas se realizó el primer lavado del almidón; se pasó la muestra precipitada por una malla con orificios de 1,0 mm de abertura, realizando un proceso de colado y desechando el residuo sobrante que quedó en la malla; y el líquido se dejó precipitar una vez más durante 24 horas en la nevera a 6°C, para evitar procesos de fermentación en la muestra.

Transcurridas las 24 horas se realizó un segundo lavado con agua destilada, exactamente igual al anterior pero esta vez utilizando una malla con orificios de 0,5 mm de abertura, desechando el residuo que no pasa por la malla y dejando precipitar durante 24 horas el líquido (agua + almidón). Este mismo procedimiento de lavado se repitió una vez más transcurrido un periodo de 24 horas.

Después de los anteriores procesos, se retiró el sobrenadante líquido y el precipitado se llevó al horno

en capsulas de porcelana a una temperatura de 45 °C durante 48 horas. Se retiró del horno y se trituro en un mortero. Este procedimiento dio como resultado 323.3898 g de almidón de Malanga de excelentes características aspecto, color y olor (ver figura 2).



Fig. 1 Muestra de Malanga para realización de ensayos.

Como actividad adicional y con el fin de observar la capacidad de precipitación del almidón en el agua, se realizó un ensayo de sedimentación, para ello se tomó un tubo de ensayo, al cual se le adicionó 10,0 ml de agua y 2,0 g de almidón de malanga, se dejó precipitar y se observó a los 10 minutos, encontrando sedimentado completamente sin restos de material en la parte superior en el agua.



Fig. 2 Almidón de Malanga obtenido del proceso de extracción.

C. Muestreo de agua

Para la evaluación del almidón obtenido en el laboratorio como ayudante de floculación, se trabajó con muestras de agua cruda de fuentes superficiales aledañas al área urbana del municipio de Yopal, en Casanare. Los puntos escogidos fueron:

- Río Cravo Sur
- Quebrada La Tablona
- Pozo profundo de Unisangil.

También se trabajó con muestras de agua subterránea provenientes del pozo profundo, del campus universitario de la Fundación Universitaria de San Gil, sede Yopal.

D. Análisis físico – químico de las muestras de agua

Con el fin de determinar las características físicas y químicas en el agua descritas en el “protocolo de trabajo para los procesos a realizar – proyecto CI-2010-06”, se llevaron a cabo los análisis correspondientes a la determinación de hierro, turbiedad, Ph, y color de las muestras, con el fin de conocer las características iniciales del agua antes de llevar a cabo los ensayos, en donde se utilizaría la prueba de jarras.

E. Prueba de jarras

Las pruebas de jarras permiten una comparación bajo condiciones estandarizadas de dosis de coagulantes (en este caso utilizados en el proceso de floculación). Para evaluar el almidón de malanga obtenido en el laboratorio como ayudante de floculación, se siguieron los procedimientos descritos en el “protocolo de trabajo para los procesos a realizar - proyecto CI-2010-06”. Dicha prueba para el ensayo de floculación se realizó tanto con el Sulfato de Aluminio como con el Almidón de Malanga, más el coagulante comercial, aplicándose a las mismas muestras.

La “dosis óptima” en cada prueba se determinó por medio de los valores de absorbancia arrojados por cada muestra, por método Espectrofotométrico.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos a partir de los análisis practicados a las muestras de agua son reportados a continuación en la tabla 1.

TABLA 1. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO

Tipo de Coagulante-floculante	Fuente de Captación	Turbiedad	Color	Potencial de Hidrogeniones	Hierro
		Unidades Nefelométricas de Turbiedad (UNT)	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	pH	mg/L
Sin Coagulante (condiciones iniciales)	Río Cravo Sur	273	280	8,43	1,53
	Quebrada La Tablona	433	785	6,85	6,57
	Pozo Profundo Unisangil	2,27	28	6,62	0,2
Al ₂ (SO ₄) ₃	Río Cravo Sur	1,1	28	4	0,2
	Quebrada La Tablona	1	20	5	0,03
	Pozo Profundo Unisangil	0,8	0	4,5	0
Al ₂ (SO ₄) ₃ y Almidón	Río Cravo Sur	1,3	28	4	0
	Quebrada La Tablona	0,9	0	5	0
	Pozo Profundo Unisangil	0,7	0	6,5	0

Según la tabla anterior, las condiciones iniciales de las muestras de las fuentes superficiales ilustran una alta turbiedad y color; esto es importante a la hora de utilizar coagulantes comerciales, pues los costos operativos del tratamiento están sujetos a los niveles de turbiedad y contaminación con que llega el agua a los centros de tratamiento [5].

Las muestras presentaron una importante concentración de hierro en el agua, factor relevante evaluado en los ensayos de tratabilidad.

Se puede evidenciar que los valores de pH de las muestras recolectadas de las diferentes fuentes, fueron consideradas dentro de los rangos normales para sistemas hídricos [6]. Después de realizado el proceso de floculación, se notó una disminución del pH del agua, lo que indicó que para el tratamiento del agua se tuviera que realizar un ajuste de pH para obtener un dato en el rango aceptable. El pH final obtenido utilizando el coagulante y el almidón en la muestra del pozo profundo, indicó una falla en el momento de la toma de la lectura de pH, como también pudo haber sido influenciado por algún elemento presente en el agua subterránea; lo que sugiere realizar a futuro más ensayos con diferentes valores de pH en el agua para estudiar de manera específica este comportamiento, utilizando almidón de Malanga.

TABLA 2. VALORES DE PH OBTENIDOS EN EL PROCESO

Datos de potencial de Hidrogeniones (pH)			
Fuente (muestra)	pH Inicial	pH con (Al) ₂ (SO ₄) ₃	pH con (Al) ₂ (SO ₄) ₃ + Alm
Río Cravo Sur	8,43	4,0	4,0
Quebrada La Tablona	6,85	5,0	5,0
Pozo Profundo Unisangil	6,62	4,5	6,5

En el caso del hierro, en otras investigaciones se determinó la eficiencia encontrada a la hora de tratar el agua con ayuda de cola de almidón, mostrando una capacidad de eliminación de hasta el 98%, según Suciá y otros en el año 2005 [7]. El Hierro (Fe) que se remueve es la forma no disuelta. En los resultados obtenidos en los ensayos realizados en el presente trabajo, fueron de 0,0 mg/L de Hierro al final del proceso, utilizando el almidón de Malanga junto con el Sulfato de Aluminio, para una eficiencia del 100%.

TABLA 3. COMPORTAMIENTO DEL HIERRO EN LOS ENSAYOS

Datos de Hierro (mg/l)			
Fuente (muestra)	Hierro Inicial	Hierro con (Al) ₂ (SO ₄) ₃	Hierro con (Al) ₂ (SO ₄) ₃ + Alm
Río Cravo Sur	1,53	0,2	0,0
Quebrada La Tablona	6,57	0,03	0,0
Pozo Profundo Unisangil	0,2	0,0	0,0

Adicionalmente, se tuvo en cuenta para la evaluación, los valores de color por el método colorimétrico, reportando la remoción de color en un 99,74%, utilizando sólo sulfato de aluminio como coagulante en la muestra de agua de la Quebrada La Tablona. También, para aguas subterráneas, en el caso de la muestra proveniente del Pozo Profundo del Campus de Unisangil Yopal, se obtuvieron resultados de 0,0 UPC. Por otra parte, utilizando la mezcla de coagulante más almidón, se obtuvieron los mismos valores finales de color. Aunque, como lo reportan Laines y otros en 2008 [8], utilizando una solución de Al₂(SO₄)₃ con almidón de plátano, se dan reducciones mayores de color que sólo utilizando el coagulante.

TABLA 4. VARIACIÓN DEL COLOR EN LAS PRUEBAS REALIZADAS

Datos de color (Unidades de Platino Cobalto-UPC)			
Fuente (muestra)	Color Inicial	Color con (Al) ₂ (SO ₄) ₃	Color con (Al) ₂ (SO ₄) ₃ + Alm
Río Cravo Sur	280	28	28
Quebrada La Tablona	785	1,0	0,9
Pozo Profundo UNISANGIL	2,27	0,8	0,7

También Laines y otros en 2008, hacen referencia a la remoción de turbiedad, reportando valores altos de eficiencia en remoción, utilizando almidones mezclados en solución con coagulantes químicos. Igualmente, en otros estudios se logran reducir los niveles de Turbiedad de 20 NTU utilizando Cloruro férrico como coagulante, a 4.5 NTU adicionando además 0,14 mg/L de solución de almidón de quitosana [9]. En el presente trabajo, se reportaron resultados mejores utilizando solución 50/50 en peso/peso, de coagulante-almidón, alcanzándose remociones mayores al 95%.

TABLA 5. VARIACIÓN DEL LA TURBIEDAD EN EL ENSAYO REALIZADO

Datos de turbiedad (Unidades Nefelométricas de Turbiedad-UNT)			
Fuente (muestra)	Turbiedad Inicial	Turbiedad con (Al) ₂ (SO ₄) ₃	Turbiedad con (Al) ₂ (SO ₄) ₃ + Alm
Río Cravo Sur	273	1,1	1,3
Quebrada La Tablona	433	1,0	0,9
Pozo Profundo Unisangil	2,27	0,8	0,7

En cuanto al rendimiento en la obtención de almidón de las muestras seleccionadas para el proceso en el laboratorio, se obtuvo 30,64 gramos de almidón por kilogramo de Malanga con cáscara. Esto se debe a que en el proceso realizado de desbaste del material, las fibras no alcanzaron a romperse lo suficiente, como para liberar los gránulos de almidón y al doble lavado de la materia decantada para la obtención del almidón. El resultado es menor según lo reportado por Medina y otros en 2003, donde se obtuvo un rendimiento de 68 gramos de almidón de 435 gramos de

Malanga sin cáscara en base húmeda [10], experimento realizado cerca al contexto del presente proyecto.

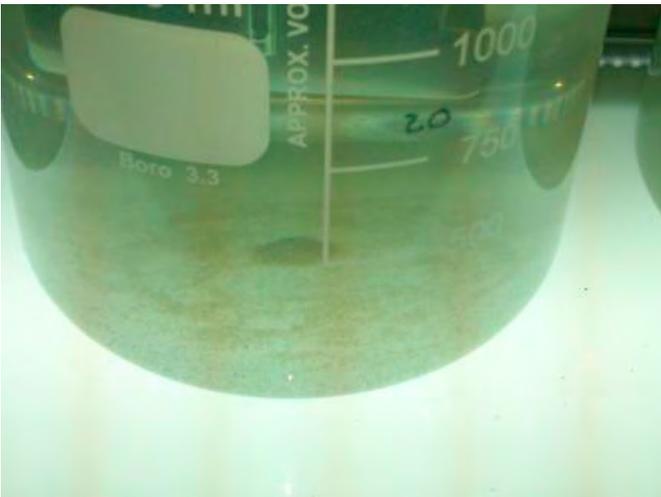


Fig. 3 Precipitado de sólidos en el ensayo de jarras.

Los mejores resultados fueron obtenidos utilizando el almidón de Malanga como ayudante de floculación junto con el Sulfato de Aluminio, que fueron aplicados en el licor de mezcla, disminuyendo los valores de color, turbiedad y hierro presentes en el agua. Otros autores reportan que al utilizar coagulantes naturales primarios, se puede observar el fenómeno de barrido en la remoción de color y turbiedad [11], por lo que se concluyó que al aplicar estos ensayos a escala mayor o en planta, se esperarían también muy buenos resultados, mitigando el impacto ambiental por el uso de agentes químicos al reducir su consumo y disminuir los costos operativos en los procesos de coagulación y floculación.

Para el ensayo realizado, se obtienen unos mejores valores en cuanto a los SST (Sólidos Suspendidos Totales), utilizando el almidón como ayudante de floculación junto con el sulfato de aluminio, ya que da lugar a la formación de flocúlos más grandes que benefician la sedimentación de los mismos, ver figura 3.

Tomando como referencia los trabajos realizados por otros autores en 2006, en los que se realizan procesos de extracción de almidón de yuca para su comercialización (proceso similar al utilizado en el presente trabajo) [12], en el que el valor unitario de producción de 1 kilogramo de almidón de yuca, es en promedio de 717,66 pesos colombianos, y tomando valores de producción de 1 kilogramo de sulfato de aluminio en promedio de 1430 pesos para el mismo año, se pudo establecer, que añadiendo las mismas cantidades de almidón de Malanga y de sulfato de aluminio al agua para este ensayo preliminar, el costo sería de 1073,83 pesos, lo que disminuiría el costo en 356,17 pesos colombianos (una reducción del 24,9 % si se utilizara solo sulfato de aluminio).

Aunque se presentan los resultados para un ensayo preliminar, que arrojó datos interesantes, es importante resaltar que en la floculación con agentes naturales, es necesario tener en cuenta la temperatura del agua, la cual puede influir sobre los resultados. Otras investigaciones han demostrado que el efecto del floculante depende del nivel de pH, tiempo de sedimentación y las condiciones del agua a tratar, también son influyentes sobre los resultados [13]. Se sugiere en siguientes investigaciones con almidón de Malanga para el proceso de floculación, realizar ensayos con diferentes valores de pH para analizar mejor este parámetro.

IV. CONCLUSIONES

La malanga es una raíz de características similares a la yuca, producida a nivel local, utilizada como fuente de alimento para las comunidades rurales. Tiene muy buenas propiedades nutricionales convirtiéndolo en un producto potencial para la industria de alimentos.

Se obtuvo un rendimiento en peso de las muestras de Malanga *Colocasia esculenta* de 30,64 gramos de Almidón por kilogramo de Malanga con cáscara, resultado obtenido tras realizar el proceso de: descascarillado y rallado, lavado, licuado y tamizado, nuevamente tres lavados y secado.

Se observó que el agua de las fuentes superficiales tenían altos contenidos de sólidos en suspensión, color, turbiedad y presencia de Hierro, lo que se tenía como un ideal para el ensayo a realizar.

Los resultados que se obtuvieron al utilizar almidón de Malanga junto con el coagulante, dieron como resultado una mejor calidad del agua tratada al reducir los parámetros de turbiedad, hierro y color.

Ambientalmente, la utilización de polímeros naturales es una opción amigable, en el proceso de coagulación-floculación, ya que se generan lodos con mejores características químicas, incluso se reduce la presencia de elementos como el Aluminio, que en altas concentraciones puede provocar riesgos en la salud humana.

El costo operativo se puede reducir, utilizando polímeros naturales como el almidón de malanga, siendo un factor beneficioso para el usuario del acueducto, quien finalmente paga por el servicio.

AGRADECIMIENTOS

Al Laboratorio Ambiental "Soluciones Ambientales E.U", en especial al Ingeniero Alejandro Acero, y al personal adscrito al laboratorio de Ciencias Básicas de Unisangil, Sede Yopal, por su colaboración en el desarrollo del proyecto y a todas las personas que de una u otra manera

hicieron algún aporte para que esta investigación culminara satisfactoriamente.

REFERENCIAS

- [1] L. Guzmán, L. Velásquez, and B. Restrepo, *Proyecto Agua, Universidad de Antioquia* 2005. [En línea]. Disponible: <http://proyectoagua.galeon.com/productos268677.html>.
- [2] B. Quiroz y otros, *Desarrollo de coagulantes y floculantes para la remoción del color en aguas de consumo humano; el río humo, reserva forestal río macho*. Instituto tecnológico de Costa Rica. 2010.
- [3] P. Peña y P. Páez, *Protocolo de trabajo para los procesos a realizar _ Proyecto CI-2010-06*. Documento no publicado. Año de realización, 2013.
- [4] S.M. Barahona y otros, *Evaluación de varios procesos para la extracción de almidón por vía seca a partir de harina de yuca (Manihot esculenta Crantz)*. Universidad del Valle – CLAYUCA. 2012.
- [5] J. A. Zapata, *Aspectos metodológicos de la tarificación de agua potable según criterios de costo marginal*. Cuadernos de Economía, No. 57. Instituto de Economía, Universidad Católica de Chile. 1980.
- [6] C. Bustamante y otros, *“Composición y abundancia de la comunidad de fitoperifiton en el Río Quindío”*. Revista Investigaciones. Universidad del Quindío, 2008.
- [7] P. Sucial y otros, *“Tratamiento por coagulación de aguas con cola de almidón”*. Revista Ingeniería Química, Universidad del las Palmas. 2005.
- [8] J. R. Laines y otros, *“Tratamiento por coagulación de aguas con cola de almidón”*. Interciencia, vol. 33, No. 001. Venezuela. 2008.
- [9] Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua. *Planta potabilizadora para comunidades rurales: Optimización de la coagulación-floculación*. Informe. México. [En línea]. Disponible: <http://tierra.rediris.es/hidrored/potabilizacion>
- [10] O. Medina y otros, *“Extracción del almidón de la Malanga Escolocasia esculenta y síntesis de biopolímeros”*. Educación Virtual. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. 2003.
- [11] J. P. Rodríguez, *“Evaluación del proceso de coagulación para el diseño de una planta potabilizadora”*. Umbral Científico, Fundación Universitaria Manuela Beltrán. vol. 011, pp. 8-16, 2007.
- [12] M. Cadena y otros, *“Evaluación de la agroindustria del almidón agrio de yuca (manihot esculenta crantz) en Córdoba y Sucre”*. Universidad de Córdoba, 2006.
- [13] L. M. Ramirez y otros, *“Evaluación de las propiedades floculantes de Malvaviscus arboreus, Heliocarpus popayanensis e Hylocereus undatus para clarificación de aguas”*. Revista de Investigación Agraria y Ambiental -2 (2) 2011.
- [14] J. R. Campos y L. Di Bernardo, *“Uso de polímeros naturales en el tratamiento de agua para abastecimiento”*, CINARA, Centro Inter. Regional de Abastecimiento y remoción de agua. Universidad de Sao Paulo. Escuela de Ingeniería de Sao Carlos – Brasil, 2000.
- [15] Academia Nacional de Ciencias, (2007) *El agua potable segura es esencial*. Artículo: Procesos de tratamiento. Estados Unidos de América. [En línea]. Disponible: <http://www.drinking-water.org/html/es/Overview/index.html>
- [16] *Control del proceso de coagulación-floculación*. Documento en pdf. [En línea]. Disponible: <http://www.cepis-ops-oms.org/bvsacd/scan/002320/002320-04.pdf>
- [17] M. A. Gómez, *“¿Qué es el almidón?”*. El rincón de la ciencia. Revista de divulgación del I.E.S. Victoria Kent. España. ISSN: 1579-1149. [En línea]. Disponible: <http://www.cepis-ops-oms.org/bvsacd/scan/002320/002320-04.pdf>
<http://centros5.pntic.mec.es/ies.victoria.kent/Rincon-C/rincon.htm>
- [18] *Ministerio de Desarrollo Económico. Dirección de agua potable y saneamiento básico, Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico*. RAS 2000 – Título C. Bogotá, noviembre de 2000.
- [19] Universidad del Zulia, *Proponen utilizar coagulantes naturales para la potabilización del agua*. [En línea]. Disponible: http://www.agenciadenoticias.luz.edu.ve/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=17&Itemid=151