

USO DE LAS CÁSCARAS DE PAPA COMO COAGULANTE NATURAL EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS POTABLES DE LA PLANTA "LA DIANA"

USING POTATO PEELS AS A NATURAL COAGULANT IN DRINKING WATER TREATMENT PLANT "LA DIANA"



Alvarado Carmona Ludying Natalia

Instituto Cenis de Colombia, Duitama, Colombia, ludying03@gmail.com

Aprobado: 07/09/2011 • Aprobado: 15/12/2011

RESUMEN

Teniendo en cuenta que las industrias no aprovechan los residuos del procesamiento de la papa de la mejor forma y, por el contrario, se originan desperdicios orgánicos y una mala utilización de la biomasa, en este artículo se expone el resultado de un análisis de tipo experimental, relacionado con la evaluación de su poder coagulante en el tratamiento de aguas potables.

Las partículas suspendidas confieren color y turbiedad indeseables a las aguas superficiales y el uso de agentes químicos como el sulfato de aluminio permite remover una proporción significativa de los sólidos suspendidos, clarificando el agua para su potabilización posterior.

En este estudio se compararon mezclas de cáscaras de papa y sulfato de aluminio, con el fin de evaluar la formulación más adecuada como agente coagulante en el tratamiento de aguas potables, manteniendo sus características de pH, color y turbiedad. Mediante 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, 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.

Palabras Clave: *coagulación, color, ph, turbiedad*

ABSTRACT

The following thesis presents the results of an analysis of experimental type, since residues of potato processing are not taken advantage of the best way by industries, causing organic waste and a bad use of biomass. That is why you want to evaluate their power coagulant in potable water treatment. Suspended particles impart undesirable color and turbidity superficial surface waters. Using chemicals such as aluminum sulfate can remove a significant proportion of the suspended solids, clarifying drinking water for subsequent stabilization. In this study we compared mixtures potato skins and aluminum sulphate, to evaluate which formulation is most suitable as coagulating agent in the treatment of drinking water, maintaining its characteristics of pH, color and turbidity. Through jar testing determined the optimal dose of aluminum sulfate (8 mg / L, standard formulation) , in clarifying water sample Cane River and the gorge red (color of 41 UPC , 2 NTU turbidity and pH 7.76) and compared with other formulations of potato skins and aluminum sulfate. The results indicate that the greatest reduction in color was obtained with treatment 3 (2.5 g potato peel) and similarly for the pH (7.46), thus the results of these two parameters are within the values required by the standard. Turbidity removal was the same in all treatments.

Keywords: coagulation, color, ph, turbidity



I. INTRODUCCIÓN

La planta procesadora de papas Producfritos “La Libertad” de la ciudad de Duitama es una empresa dedicada a elaborar productos a partir de la papa y el plátano, entre otros alimentos. Los procesos en curso generan residuos que no se manejan óptimamente.

Durante la última década, los conflictos ambientales se han convertido en temas recurrentes en la agenda de gobiernos, instituciones educativas, medios de comunicación, organizaciones, empresas y espacios de acción ciudadana. La preocupación por el tema ambiental ha surgido, principalmente, gracias al reconocimiento de que los problemas ambientales son consecuencia de nuestro estilo de desarrollo; en otras palabras, se trata de un fenómeno socio-cultural. El procesado de las papas fritas para el consumo humano genera un residuo de las peladuras, denominado hollejo de papa, que contiene fibra bruta, proteína y minerales por lo que se considera un alimento valioso que se malgasta como abono o muchas veces se acumula y se arroja como basura [1].

Las plantas de tratamiento de aguas, independientemente de su tamaño, nivel de sofisticación tecnológica o la calidad actual del agua tratada, necesitan periódicamente introducir cambios en sus procesos, con el fin de garantizar mejoras en su funcionamiento y en la calidad del agua tratada para estar a la par de los avances en el ramo y cumplir con legislaciones gubernamentales cada día más exigentes.

El procesamiento del agua cruda contempla unos tratamientos fisicoquímicos conocidos, tales como coagulación y floculación, de los cuales, la coagulación se considera el proceso central y el más importante en el tratamiento convencional para producir agua potable, e incluye la utilización de productos químicos.

La coagulación se define como la adición de químicos y la provisión de mezcla para que las partículas y algunos contaminantes disueltos se agreguen en partículas más grandes que puedan retirarse mediante procesos de remoción de sólidos [2]. Su aplicación incluye la remoción de especies químicas disueltas y la turbiedad

del agua vía adición de coagulantes químicos convencionales, como el alumbre (AlCl_3), el cloruro férrico (FeCl_3) y el poli cloruro de aluminio (PAC) [3]; la efectividad de estos químicos como coagulantes es bien reconocida [4]. Sin embargo, hay desventajas asociadas a su uso, entre otras, su ineficiencia en agua a baja temperatura [5], altos costos de adquisición y el hecho de que afectan significativamente el pH del agua tratada [6]. También existe una fuerte evidencia que asocia a los coagulantes a base de aluminio con el desarrollo de la enfermedad de Alzheimer en los seres humanos, debida a la presencia de aluminio residual en el agua tratada [7].

El uso de coagulantes orgánicos puede minimizar o evitar la importación de los coagulantes químicos, reduciendo de manera significativa los costos de tratamiento si se dispone de ellos localmente [6].

El objetivo de esta tesis es aprovechar las cáscaras de papa para determinar si sirven como agente coagulante en el tratamiento de agua potable de la planta La Diana (Villa de Leyva), mediante combinaciones con el sulfato de aluminio y comparar qué formulación mantiene los parámetros de pH, color y turbiedad respecto del Sulfato de Aluminio.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Cáscaras de papa

Las cáscaras de papa se tomaron de la planta procesadora de papas Producfritos La Libertad de la ciudad de Duitama, variedad Diacol Capiro (R-12 negra).

Las muestras se llevaron al laboratorio donde se midieron sus parámetros fisicoquímicos: humedad (método gravimétrico), proteína (método Kjeldahl), grasa total (método Soxhlet), cenizas, carbohidratos (método de diferencia) y almidón (von Asboth); se secaron en estufa a una temperatura de 100-105°C durante 24 horas hasta peso

constante y luego se pasaron por un molino de martillos, obteniendo polvo fino de las mismas.

B. Agua superficial

Para la caracterización del agua se tomó como fuente la planta de tratamiento La Diana que abastece el agua cruda del río Cane y la quebrada Colorada de la ciudad de Villa de Leyva..A esta agua se le realizaron los siguientes análisis fisicoquímicos iniciales: ph, conductividad, turbiedad, color y alcalinidad.

C. Obtención de la dosis óptima de sulfato de aluminio puro

Una vez tomada la muestra de agua y medidos los valores iniciales de los parámetros de turbiedad, color, pH y temperatura, se llevó a cabo el proceso de coagulación-floculación mediante el equipo de prueba de jarras. Este equipo cuenta con 3 vasos de precipitado de un litro y en cada uno se agregó una muestra de agua superficial. En cada vaso se procedió a agregar sulfato de aluminio comercial con las siguientes concentraciones: 2.4, 3.2 y 4 mg/L. Una vez agregado el coagulante, se llevó a cabo un mezclado utilizando el método de Letterman y Villegas [8] que consiste en una mezcla rápida por 1 min a 100 rpm, a fin de desestabilizar las cargas superficiales de las partículas de la materia orgánica contenida, seguida de una mezcla lenta por 20 min a 40 rpm para promover la formación de flóculos. Después, se dejó sedimentar por un tiempo de 10 min. Se midieron los valores finales de los parámetros de turbiedad, color, pH y temperatura. La dosis óptima fue la concentración con el mejor promedio en remoción de color y turbiedad. A este tratamiento se le llamó tratamiento patrón.

D. Determinación de la dosis óptima de las mezclas

Tomando como base la concentración óptima del sulfato de aluminio comercial, que fue de 8 mg/L (tratamiento patrón), se prepararon las mezclas cáscaras de papa: sulfato en las siguientes proporciones de concentración: 25% (tratamiento 1); 50 % (tratamiento 2) y 100% cáscaras de papa

(tratamiento 3). Las velocidades de mezclado y de sedimentación durante la prueba de jarras con las mezclas coagulantes, se realizaron de la misma manera que como se obtuvo la dosis óptima del sulfato de aluminio comercial.

III. RESULTADOS

A. Caracterización cáscaras de papa.

Se observa un alto contenido de humedad en las cáscaras de papa de la variedad Diacol Capiro (R-12 negra); al compararlo con otras cáscaras de papa presentan un comportamiento similar (79,80), pero diferente del registrado para las cáscaras de durazno (85,30%), arroz (12,89%) y zanahoria (88,29%). El contenido de proteína es menor comparado con otras cáscaras de papa (2,02) y arroz (6,61), pero mayor que el de las cáscaras de durazno (0,80) y zanahoria (0,93). El contenido de grasa es mayor en comparación con otras cáscaras de papa (0,09), cáscaras de durazno, arroz (0,58) y zanahoria (0,24), como también el contenido de cenizas, comparado con los datos registrados de cáscaras de papa (1,08), durazno (0,40), arroz (1,40) y zanahoria (1,08). Los carbohidratos son similares a los registrados para las cáscaras de papa (17,47), de durazno (13,30), pero diferentes a los registrados en la zanahoria (9,58) y el arroz (79,34) (Tabla de composición de alimentos de Centro América). Al comparar el porcentaje de almidón con otras variedades de paps, indica que presenta menor porcentaje, lo mismo que en la yuca (14,77), pero mayor en el del ñame (27,89) [9].

La cantidad de cenizas es indicativo de la riqueza en minerales de la fuente de fibra dietaria, la cual varía dependiendo de la disponibilidad y magnitud en que la planta los absorba [10].

Las cáscaras de papa presentaron 4,94% de cenizas, probablemente constituidos por calcio, hierro, potasio y folatos.

B. Caracterización agua superficial.

Los resultados de la caracterización del agua superficial se muestran en la tabla 1 en donde se observa que el pH del agua natural depende de la concentración del anhídrido carbónico y del dióxido de carbono, consecuencia de la mineralización de sales presentes en el agua.

TABLA I
CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA AGUA DEL RÍO CANE
Y LA QUEBRADA COLORADA [13].

Parámetro	Resultados
pH	7,76
Conductividad	83,7 μ S/cm
Alcalinidad	25 mg/ L CaCO ₃
Turbiedad	2 UNT
Color	41 UPC

Dado el poder de tampón del agua, y salvo en el caso de vertidos industriales particulares, es raro que el pH del agua alcance valores en contradicción a su potabilidad (entre 6,5 y 8,5, según la ley del agua potable) [11]. De acuerdo con lo anterior y con el valor obtenido que se encuentra dentro del rango de la neutralidad, se puede suponer que en estos cuerpos de agua no hay vertimientos industriales significativos que le confieran una intensidad ácida o alcalina, manteniendo, de esta forma, las sustancias presentes en esta, un grado bajo de ionización.

La conductividad del agua se produce por los electrolitos que lleva disueltos. Los iones mayoritarios que forman las sales disociadas suelen ser HCO₃⁻, CO₃²⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ y K⁺; la conductividad, por su parte, es baja, es decir, hay poca disociación de solutos orgánicos en el agua.

La alcalinidad es un indicativo de la presencia del ion bicarbonato HCO₃⁻ en el cuerpo de agua. Según los resultados, se demuestra un bajo nivel de alcalinidad en las muestras de agua analizadas lo que indica una baja concentración de

metales alcalinotérreos; a su vez, esto influye notablemente en la determinación de la calidad del agua, lo que indica que esta presenta una baja capacidad de tamponamiento y, por tanto, su capacidad de amortiguar los impactos producidos por vertimientos u otros agentes contaminantes es baja.

La turbidez del agua es la reducción de su transparencia, ocasionada por el material particulado en suspensión. Este material puede consistir de arcillas, limos, plancton o material orgánico finamente dividido, que se mantiene en suspensión por su naturaleza coloidal o por la turbulencia que genera el movimiento. De acuerdo con esto, se aprecia un valor de turbidez bajo, debido a que el agua del río Cane y de la quebrada Colorada contiene en suspensión una serie mínima de compuestos orgánicos.

El color del agua se debe, fundamentalmente, a diferentes sustancias coloreadas existentes en suspensión o disueltas en ella. Además, se debe a la presencia de minerales como hierro y manganeso, materia orgánica y residuos coloridos de las industrias [12]. Cerca del 75% de los sólidos en suspensión y del 40% de los sólidos filtrables del agua son de naturaleza orgánica. Son sólidos de origen animal y vegetal. Los compuestos orgánicos están formados por combinaciones de carbono, hidrógeno y oxígeno, con la presencia, en algunos casos, de nitrógeno. También pueden estar presentes otros elementos como azufre, fósforo o hierro (Fundamentos del tratamiento de agua residual). El resultado obtenido nos indica que el agua tiene poco contacto con desechos orgánicos y poca presencia de hierro y manganeso.

C. Comparación de la formulación patrón de sulfato de aluminio y de las formulaciones de cáscaras de papa y sulfato de aluminio.

En la tabla 2 podemos apreciar los resultados de la comparación de las formulaciones de acuerdo con los parámetros de pH, turbiedad y color.

TABLA II
 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE PH, TURBIEDAD Y COLOR DEL AGUA CRUDA Y DE LAS 4 FORMULACIONES.

Formulación	pH	Turbiedad	Color
Agua Cruda	7,76	< 2 UNT	44 UPC
Patrón	7,54	< 2 UNT	< 10 UPC
1	5,11	< 2 UNT	64 UPC
2	6,3	< 2 UNT	37 UPC
3	7,46	< 2 UNT	< 10 UPC

El pH del agua cruda que ingresó a la planta se encuentra dentro del rango de neutralidad. Como se puede observar, los valores de pH de las formulaciones varían entre 5,11 y 7,54, debido a que las reacciones del Al+3 con el agua causan un brusco descenso en este, por lo que se hace necesario un aumento previo de la alcalinidad y del pH con la adición de la cal; lo anterior, teniendo en cuenta que en la reacción del Al+3 con la alcalinidad y el agua, la disminución de pH es mucho más lenta.

El comportamiento del pH del agua cruda y de las formulaciones patrón y de cáscaras de papa no varía mucho entre sí; solo hay dos valores que se salen de la norma y son las formulaciones con cáscaras de papa y sulfato de aluminio que se encuentran en 6,3 y 5,11.

Teniendo en cuenta el Decreto 1575 de 2007, Artículo 4, Capítulo 2, el rango para pH debe estar comprendido entre 6.5 y 9.0 para aguas de consumo y como nivel de calidad entre 7-8; de acuerdo con el rango de pH obtenido y con el objetivo de cumplir con la norma, se sugiere, experimentalmente, la aplicación del ajuste final de este.

Como podemos apreciar en la Fig. 1, el comportamiento del pH de la formulación patrón y de la formulación con cáscaras de papa se mantiene dentro de los valores exigidos por la norma, a excepción de dos datos atípicos de las formulaciones con cáscaras de papa y sulfato de aluminio; estos son casos aislados que se pueden solucionar fácilmente con un ajuste final de pH.

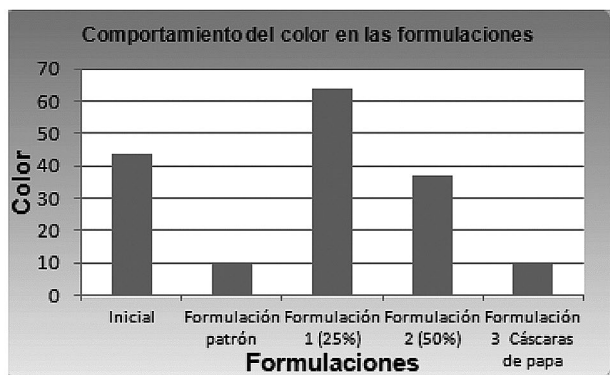


Fig. 1 Comportamiento del pH en el agua cruda y en las formulaciones.

Como se observa en el Fig. 2 hay dispersión de datos; es decir, de los 5 ensayos, 3 valores estuvieron por encima de la norma respecto del color (10 UPC), el agua cruda y las formulaciones con cáscaras de papa y sulfato de aluminio. En cambio los colores finales de las formulaciones patrón y la formulación con cáscaras de papa (< 10 UPC) se encuentran dentro del límite permitido por la norma.

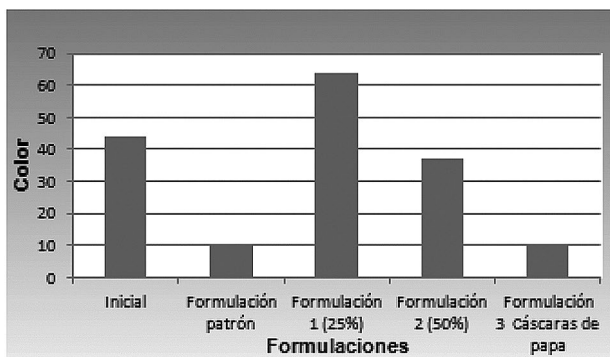


Fig. 2 Comportamiento del color en el agua cruda y en las formulaciones.

En el agua potable ciertos organismos perjudiciales o las partículas que los protegen de los procesos de desinfección afectan en forma adversa su calidad. Para asegurar un suministro de agua potable seguro, se requiere, por ley, plantas de tratamiento del agua para mantener una turbidez baja. La turbidez es una medición del control de calidad para monitorear la eficiencia del tratamiento (Manual de análisis de aguas) [13].

Como se puede apreciar en la Fig. 3, las turbiedades finales obtenidas para las formulaciones son muy similares; no se observa una tendencia marcada para ninguna de las cuatro formulaciones. Se puede decir que los porcentajes de remoción de turbiedad de las formulaciones no variaron mucho entre sí, obteniendo valores < 2; lo anterior obedece a que no se contó con un buen equipo para medir este parámetro.

La turbiedad es de importante consideración en las aguas para abastecimiento público por tres razones: la estética, la filtrabilidad y la desinfección [13]. P. Armonización de los estándares de agua potable en las Américas. Se analizan antes y después del tratamiento. Antes, el análisis determina el coagulante que se necesita para clarificarlos y es que la desinfección de aguas turbias mediante color es menos eficiente que en aguas transparentes, pues las partículas en suspensión engloban bacterias y virus que el cloro no puede destruir.

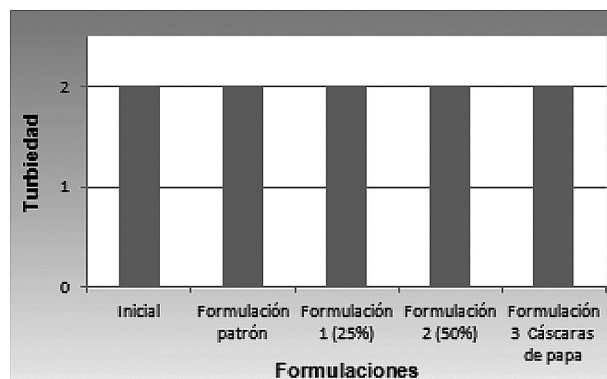


Fig. 3 Comportamiento de la turbiedad en las formulaciones

Al comparar las formulaciones en cada parámetro se puede concluir que la formulación que presentó mayor formación de flóculo durante el ensayo de jarras fue la de cáscaras de papa, debido a que estas tienen en su composición, minerales como fósforo, calcio, magnesio, sodio, hierro, potasio, silicio, carbonato, entre otros (Arana).

El resto de formulaciones no se alejan mucho de los parámetros establecidos por la norma.

IV. CONCLUSIONES

Con los resultados del presente trabajo se comprobó que la formulación que presentó mejor poder coagulante manteniendo los parámetros de pH, color y turbiedad fue la de las cáscaras de papa; es decir, que sirven como coagulante natural en el tratamiento de aguas potables, pues forman mejores flóculos y mayores partículas sedimentadas. Además, al caracterizar las cáscaras de papa se pudo observar que al comparar el valor nutricional de las papas con otros alimentos de origen vegetal como frutas, hortalizas y cereales, estas ocupan una posición intermedia en cuanto a humedad y proteína. Los carbohidratos de las papas se parecen más a los cereales ricos en almidones, que el de las frutas y hortalizas, ricas en azúcares sencillos.

El agua cruda que ingresa a la planta presenta pH neutro y conductividad, alcalinidad, turbidez y color bajo, lo que indica que estas aguas no presentan vertimientos industriales significativos. Al comparar todas las formulaciones, se observa que la de cáscaras de papa, presentó un comportamiento similar en cuanto a la remoción de color respecto de la formulación patrón de sulfato de aluminio; estas dos formulaciones cumplieron con las exigencias del Decreto 1575 de 2007 que establece que el color del agua tratada no debe exceder el valor

de 10 UPT. Los casos en los que el color sobrepasó el valor de la norma fueron las combinaciones de cáscaras de papa y sulfato de aluminio.

REFERENCIAS

- [1] R. Quema. "Elaboración de un concentrado de uso avícola a partir de residuos" *Luna azul*, 6, 2009.
- [2] B. Demsey, B. "Coagulant characteristics and reactions. Interface Science" G. Newcombe & D. Dixon (Eds.), *Drinking Water Treatment*. USA., 2006.
- [3] Degremont. *Water treatment handbook*, 6a ed., Francia, 1991.
- [4] M. Kang, M. "Comparing polyaluminium chloride and ferric chloride for antimony removal" *Water Res.*, vol 37, pp. 21-35, 2004.
- [5] Haaroff, J. "Comparing aluminum and iron coagulants for in line filtration of cold waters" *J. Am. Water Works Assoc.*, 80, pp. 168-175, 1988.
- [6] Yin. "Emerging usage of plant-based coagulants for water and wastewater treatment" *Process Biochemistry* 45, pp. 1437-1444, 2010.
- [7] T. Flaten, T. "Aluminium as a risk factor in Alzheimer's disease, with emphasis on drinking water" *Brain Res. Bull.*, vol 55, pp. 187-96, 2001.
- [8] Letterman, R. Villegas, R. (1976). "Optimizing Flocculator Power Input," *Environmental Engineering Division Journal*, American Society of Civil Engineers.
- [9] Alvis, A. (2008). Análisis fisicoquímico y morfológico de almidones de Yuca, Ñame y Papa y determinación de las viscosidades de la pasta. *Información Tecnológica*, vol 19.
- [10] Orozco, L. (1992). *Suelos y fertilización*, Manual para educación agropecuaria. Editorial Trillas.
- [11] Spellman, F. (2000). *Manual del agua Potable*. Editorial Acribia.
- [12] Orellana, J. 2005. *Características del agua potable*. Ingeniería Sanitaria.
- [13] *Manual de analisis de agua*. 2000. Hatch company. Loveland, Colorado.
- [14] Truque, P. *Armonización de los estandares de agua potable en las Américas*.