

OPTIMIZACIÓN DE FLOCULANTE NATURAL DE TUNA *Opuntia ficus indica* EN LA CLARIFICACIÓN DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DEL DISTRITO DE SANTA ROSA PROVINCIA DE PALLASCA

OPTIMIZATION OF FLOCULANTE NATURAL OF TUNA *Opuntia ficus indica* IN THE CLARIFICATION OF THE SUPERFICIAL WATERS OF THE DISTRICT OF SANTA ROSA PROVINCE OF PALLASCA

Loida Pacora Bernal¹, Margarita Velásquez Oyola¹, Benigno Miñano Calderón¹,
María Guarniz Flores¹

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo determinar la proporción óptima entre seis formulaciones de floculante natural de tuna *Opuntia ficus indica* en la clarificación de las aguas superficiales de las acequias del poblado de Miraflores, Distrito de Santa Rosa, Provincia de Pallasca. Metodología: El estudio de diseño experimental, movilizó la variable independiente para evaluar su efecto en la variable dependiente, se llevó a cabo durante los meses de enero a marzo del 2011, considerando un muestreo de tipo probabilístico aleatorio, las muestras de agua se recolectaron de diferentes puntos de las acequias, de 05 a 06 metros paralelos a la línea de acequias, las mismas que representaron el área más utilizada para el consumo directo. Se realizaron procedimientos químicos para el análisis y lectura en laboratorio, con técnicas especializadas en tratamiento y monitoreo de las aguas en los grupos experimental y control. Los resultados mostraron valores turbidimétricos bajos, medios, altos y muy altos a razón de un referencial de 200 ppm usados por los pobladores en su tratamiento casero y de uso doméstico, siendo la F1 -350 ppm y F2 - 300 ppm las de mejores en clarificación y las menores a 200 ppm resultaron con mayor turbidez que el patrón referencial de sulfato ferroso usado a razón de 50 ppm. Como conclusión tenemos que la formulación 1 y la 2 no presentan significancia estadística, por lo que, es la proporción óptima del floculante natural de tuna en la clarificación de las aguas superficiales, representando entonces, una estrategia que debe ser colocada como alternativa para la conservación, preservación y utilización de las aguas; asimismo el monitoreo pertinente de la Universidad San Pedro a fin de coordinar acciones de carácter multisectorial en la Región Santa y liderar un proyecto social de tecnologías limpias.

Palabras clave: Floculantes naturales de tuna, aguas superficiales.

ABSTRACT

The research aimed to determine the optimum ratio of six formulations of natural flocculant *Opuntia ficus indica* prickly pear in the clarification of surface water ditches of the town of Miraflores, Santa Rosa District Pallasca Province. Methodology: The experimental design study, mobilized the independent variable to assess its effect on the dependent variable, was conducted during the months of January to March 2011, considering a random probabilistic sampling, water samples were collected from different points of the channels, from 05 to 06 meters parallel to the line of ditches, the same representing the area most used for direct consumption. Chemical procedures were performed for laboratory analysis and reading, with specialized techniques in treatment and monitoring of the waters in the experimental and control groups. The results showed turbidimetric values low, medium, high and very high at a rate of 200 ppm benchmark used by the settlers in their home care and household goods, with the F1 and F2 -350 ppm - 300 ppm the best in clarifying and less than 200 ppm were more turbid than the reference standard used ferrous sulfate at 50 ppm. In conclusion we have the formulation 1 and 2 do not show statistical significance, therefore, is the optimal ratio of tuna natural flocculant in the clarification of surface water, representing thus a strategy that should be positioned as alternatives to conservation, preservation and utilization of the waters, also the relevant monitoring San Pedro college to coordinate multisectoral actions in the region and lead Santa a social project of clean technologies.

Keywords: Flocculants natural of tuna, superficial waters.

¹ Programa de Diplomado en Investigación Científica, lpacorab@yahoo.es

Recibido: 11 de agosto del 2011.

Aceptado el 13 de octubre del 2011.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo al mapa de calidad de aguas que maneja la Dirección General de Salud (DIGESA, 2010) se reporta que en la provincia de Pallasca el agua no llega con fuerza y tiende a contaminarse con arena o restos durante el trayecto, Distritos como Santa Rosa, el Porvenir, Ancos, Puyalli, Conchucos, Maynas, Chalán, Uchupampa; entre otros, sólo son algunos ejemplos de este hallazgo, de tal forma que los sistemas de agua han colapsado y ni siquiera los tratan; de allí que la gran mayoría de los pobladores toman dos alternativas: una recogen directamente el agua de lluvia, ríos, quebradas o manantiales que discurren por la zona para usarlas en su consumo humano directo o usan la tuna para clarificar el agua de acequias, sobre todo en los meses de lluvia de enero a marzo. Por lo que, la situación en la Red de Salud Pacífico Norte identifica problemas de salubridad en la población de las provincias de Pallasca y Santa, donde más del 50% de los centros poblados consumen agua potable insalubre, lo cual trae consigo el incremento de enfermedades diarreicas (EDAS) y problemas de parasitosis intestinal (MINSA-DIGESA-RSP, 2010). Esta situación no es diferente en el poblado de Miraflores, distrito de Santa Rosa, provincia de Pallasca donde los pobladores no consumen “agua segura”; por lo que prefieren recoger directamente el agua de acequias y/o ríos de la zona y usar “tuna” para clarificar el agua; y usarlas para consumo humano directo, tal es el caso que, usan $\frac{1}{4}$ de tuna por cada 100 litros de agua superficial de acequia, a fin de lograr disminuir la turbidez y lograr la clarificación antes de su consumo (Mugge, 1956). Estos hechos reales fundamentan y justifican la realización de la presente investigación por lo que, con fines de brindar alternativas de aplicación en el uso de las cactáceas sobre las aguas superficiales, se propuso buscar alternativas de aplicación que logre superar uno de los problemas actuales, investigando: ¿Cuál es la proporción óptima entre seis formulaciones del floculante natural de tuna en la clarificación de las aguas superficiales de las acequias del poblado de Miraflores, distrito de Santa Rosa, provincia de Pallasca? y para dar respuesta a la pregunta de investigación, se planteó como objetivo general:

Determinar la proporción óptima entre seis formulaciones del floculante natural de tuna *Opuntia ficus indica* en la clarificación de las aguas superficiales de las acequias del poblado de Miraflores, distrito de Santa Rosa, provincia de Pallasca; y como objetivos específicos: a) valorar la proporción óptima del floculante natural de tuna *Opuntia ficus indica*, con el tratamiento convencional; b) valorar la clarificación de las aguas superficiales del poblado de Miraflores, distrito de Santa Rosa, provincia de Pallasca, y c) establecer el efecto de la proporción óptima del floculante natural de tuna *Opuntia ficus indica* en la clarificación de las aguas superficiales de las acequias del poblado de Miraflores, distrito de Santa Rosa, provincia de Pallasca.

Como hipótesis general se formuló: El uso de seis proporciones de floculante natural de tuna *Opuntia ficus indica* muestra su efecto positivo al evidenciarse clarificación en las aguas superficiales de las acequias del poblado de Miraflores, distrito de Santa Rosa, provincia de Pallasca, y como hipótesis específica: a mayor proporción de la formulación de floculante natural de tuna *Opuntia ficus indica*, mayor es el efecto en la clarificación de las aguas superficiales de las acequias del poblado Miraflores, distrito de Santa Rosa, provincia de Pallasca,

MATERIAL Y MÉTODOS

Se trabajó con el total de la población de acequias que ascienden a un número de

seis en el poblado de Miraflores, distrito de Santa Rosa, provincia de Pallasca. El muestreo fue probabilístico aleatorio, las muestras de agua se recolectaron en frascos de boca ancha considerando un volumen de 1000 ml por punto de muestreo, las cuales fueron de diferentes puntos de las acequias, de 05 a 06 metros paralelos a la línea de acequia, ya que representaban el área más utilizada para el consumo directo (OPS-OMS, 1985). Se tomaron muestras de diferentes distancias en las mismas acequias las que se mezclaron constituyendo lo que se denomina “muestra integrada” para la conformación de grupos, tanto experimental como control, luego fueron trasladadas en cajas térmicas al laboratorio de Química de la USP para su análisis y lecturas correspondientes, donde se utilizó un nefelómetro para medir turbidez y el equipo de jarras Lovibond para determinar valores antes y después del tratamiento, control que permitió identificar la formulación y/o proporción óptima entre seis formulaciones del floculante natural de tuna.

El diseño experimental fue de seis proporciones agrupadas aleatoriamente, las muestras de agua conformaron cuatro grupos de trabajo; al primero y segundo grupo se les hizo evaluaciones de preliminares en la variable dependiente, mientras que el tercero y cuarto no se realizó dicha evaluación, posteriormente a uno de cada par de grupos (al primero y al tercero) se le aplicó la variable experimental; mientras que en los otros dos grupos hubo ausencia del tratamiento; finalmente se evaluó a los cuatro grupos en la variable dependiente. En el procesamiento y análisis de datos, se aplicó el paquete estadístico SPSS v19 a los resultados para la evaluación del uso de floculantes naturales de tuna *Opuntia ficus indica*, en las aguas superficiales de las acequias del poblado Miraflores, distrito de Santa Rosa, provincia de Pallasca. Se consideró análisis de varianza (ANOVA) y test de Duncan, respectivamente.

RESULTADOS

De los resultados obtenidos, en el Cuadro N° 01, se hace evidente que del total de muestras de agua superficiales de acequias, las formulaciones F1 y F2 presentan valores turbidimétricos muy semejantes en las ocho experiencias corridas, sin embargo, contrastándolo con el referencial F4-200 ppm empleado por la población, éstas presentan variaciones casi al doble de valor turbidimétrico, mientras que F5 y F6 superan al doble a F4-200 ppm que usa la población, en contraste, el patrón comercial sulfato ferroso utilizado en una cantidad de 50 ppm presenta valores más bajos que F5 y F6 y superiores que F4, F3, F2 y F1, respectivamente.

CUADRO N° 1

VALORES TURBIDIMÉTRICOS DE AGUAS SUPERFICIALES A DIFERENTES FORMULACIONES VS PATRON COMERCIAL DISTRITO DE SANTA ROSA, PROVINCIA PALLASCA-2011

350 F1	300 F2	250 F3	200 F4	150 F5	100 F6	Patrón comercial control (*)
0,12	0,12	0,20	0,55	1,78	1,65	1,49
0,13	0,11	0,19	0,55	1,76	1,65	1,49
0,13	0,11	0,20	0,54	1,78	1,64	1,49
0,12	0,13	0,21	0,53	1,76	1,65	1,49
0,12	0,11	0,21	0,54	1,76	1,63	1,49
0,13	0,10	0,20	0,52	1,78	1,63	1,49
0,11	0,12	0,21	0,54	1,76	1,62	1,49
0,13	0,12	0,19	0,53	1,78	1,61	1,49

Fuente: Observación directa – 2011.

(*) sulfato ferroso- 50ppm /1000 ml

CUADRO N° 02

TEST F DE ANALISIS DE VARIANZA – ANOVA DE UN FACTOR EN AGUAS SUPERFICIALES DEL DISTRITO DE SANTA ROSA, PROVINCIA PALLASCA-2011

TURBIDEZ

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	23,704	5	4,741	43051,892	,000
Intra-grupos	,005	42	,000		
Total	23,709	47			

El CUADRO N° 02 muestra que el estadístico F evidencia un valor de 43051,892; al que le corresponde un valor p de 0,000; este valor p es menor que el nivel de significación 0,05; por lo que hace evidente que es un nivel crítico, donde se demuestra que a nivel de intergrupo e intragrupo también hay diferencias significativas en la variación de medias y puntuaciones, respectivamente en las aguas superficiales en estudio.

CUADRO N° 03

COMPARACIONES MULTIPLES POST HOC - Prueba Duncan DE AGUAS SUPERFICIALES A DIFERENTES PROPORCIONES DISTRITO DE SANTA ROSA, PROVINCIA PALLASCA-2011

Duncan

Formulación (F)	N	SUBCONJUNTO PARA ALFA = 0.05				
		1	2	3	4	5
2	8	0,1150				
1	8	0,1238				
3	8		0,2013			
4	8			0,5375		
6	8				1,6350	
5	8					1,7700
Sig.		,103	1,000	1,000	1,000	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos./Usa el tamaño Muestral de la media armónica = 8.000.

El CUADRO N° 03 muestra la comparación de medias, de las seis formulaciones aplicadas en el estudio, donde todas han sido enfrentadas contra todas, de tal forma que podemos evidenciar valores que oscilan desde 0,1150 hasta 1,7700 haciendo notar no sólo una variabilidad creciente entre éstas seis formulaciones, sino un ordenamiento de las mismas. Por otra parte, se tiene que a medida que aumentan las medias la probabilidad de que se asemejen disminuye; sin embargo las Formulaciones 2 y 1 con valores que oscilan entre 0,1238 y 0,1150 no representan variabilidades extremas de medias, por lo que se puede considerar sin mayor significancia estadística, comparadas con las demás.

Estas formulaciones y/o proporciones que evidencian mayor clarificación se logra en la proporción uno y dos entre 350 a 300 ppm, siendo ésta la proporción óptima del floculante natural de tuna en la clarificación de las aguas superficiales en estudio.

DISCUSIÓN

Durante los meses de enero a marzo, época de lluvia en la zona sierra, el poblado de Miraflores, distrito de Santa Rosa, provincia de Pallasca, hace uso de aguas superficiales “acequias” previo tratamiento empírico con cactáceas como la tuna en proporción de $\frac{1}{4}$ Kg por cada 100 litros de agua, en laboratorio se determinó por evaluación turbidimétrica preliminar que esta proporción es equivalente a 200 ppm, por lo que, en el Cuadro N° 01 se muestran diferentes proporciones comparadas con la referencial casera del poblado de Miraflores, siendo valores bajo, medio, alto y muy alto cuando las formulaciones van de 100 a 350 ppm de tuna; respectivamente los cuales no dejan de llamar la atención frente a la clarificación de las aguas superficiales; en tanto que, el Cuadro N° 02 corrobora estas diferencias significativas, lo que hace necesario la comparación entre formulaciones a fin de establecer la mejor floculación y por ende clarificación de tal forma que valores que oscilan entre 0,1150 hasta 1,7700 hacen notar no sólo una variabilidad creciente entre estas seis formulaciones, sino que estas formulaciones y/o proporciones evidencian que la mayor clarificación se logra en la formulación 1 y 2 entre 350 a 300 ppm, siendo ésta la óptima del floculante natural de tuna en la clarificación de las aguas superficiales en estudio, ello se corrobora con lo que sustentan los estudios internacionales que ubican a la *Opuntia sp*, como una cactácea de gran contribución en la clarificación de aguas superficiales; se podría inferir que la clarificación es lograda gracias al poder de la savia mucilaginoso de la penca; tal cual lo menciona (Vásquez, 1994), quien concluye en su investigación realizada que la *Opuntia ficus*, logra mejor eficiencia como coadyuvante en la coagulación que otras especies como *Opuntia microdasys* y *Opuntia lindheimeri* al ser aplicada en aguas residuales domésticas (CEPIS, 2000). Es interesante mencionar que son los polielectrolitos, componentes químicos naturales presentes en estas cactáceas los que logran clarificar las aguas superficiales, evidenciándose el paso de turbidez a clarificación de las aguas turbias en experimentación. Los polielectrolitos usados en unión de coagulantes metálicos comunes, producen un floc que sedimenta rápidamente, y a decir de los expertos con ciertos tipos de aguas (Campos, 1991); la dosificación de polielectrolitos en pequeñas cantidades reduce el gasto de coagulante. Todos los polielectrolitos no son igualmente efectivos con todas las aguas por ello deben añadirse en forma de solución diluida para asegurar una completa mezcla. (Arboleda, 1992), da un rango que varía desde 0,1 – 1 mg/l. La razón principal para usar estas dosis tan bajas es el elevado peso molecular de estas sustancias. Los polielectrolitos se emplean generalmente como ayudantes de floculación, es decir que primero se introduce el coagulante metálico y los microflocs tienen la oportunidad deformarse primero, entonces los polielectrolitos intervienen después para reforzar las uniones y aumentar el número de núcleos que integran cada floc. Por lo que podemos inferir que los polímeros naturales que han dado mejores rendimientos en la clarificación de las aguas superficiales del presente estudio han sido los polímeros presentes en la proporción 1 y 2 entre 350 a 300 ppm y vale la pena considerarlo para su uso en plantas de tratamiento de aguas superficiales.

CONCLUSIONES

1. La proporción óptima entre las seis formulaciones de floculante natural de tuna *Opuntia ficus indica* en la clarificación de las aguas superficiales de las acequias del poblado de Miraflores, distrito de Santa Rosa, provincia de Pallasca, se encontró entre la F1-350 ppm y F2-300 ppm, debido que los valores turbidimétricos oscilan entre 0,11 y 0,13 respectivamente, bajos en comparación con las demás formulaciones, demostrando al mismo tiempo traspase de turbidez franca a clarificación aceptable con un nivel de $< 0,05$.
2. Las proporciones empíricas (F4-200 ppm) de floculante natural tuna *Opuntia ficus indica* en la clarificación de las aguas superficiales de acequia, utilizadas por el poblado de Miraflores, distrito de Santa Rosa, provincia de Pallasca, mostraron valores turbidimétricos entre 0,52 y 0,54, lo que demuestra valor medio comparado con las demás formulaciones y Duncan muestra un valor de 0,2013; ello implica que a pesar de provocar floculación debe ajustarse la formulación a fin de alcanzar mejor clarificación.

RECOMENDACIONES

1. Considerar los resultados como línea base para la conservación, preservación y clarificación de las aguas de las acequias de las zonas rurales de los poblados alto andino.
2. La Universidad San Pedro coordine acciones transdisciplinarias con la Región Ancash para el pertinente monitoreo y liderazgo de un proyecto social de tecnologías limpias en las zonas rurales alto andinas.
3. Proponer la creación de un programa regional de prevención con tecnologías limpias medioambientales con participación de entidades públicas y privadas.
4. Continuar con estudios similares y multicéntricos del medio ambiente y las aguas de consumo humano, a nivel local, regional y nacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arboleda, J. A. (1992). *Teoría y práctica de la purificación del agua*. EUA: McGraw Hill Interamericana.
- Campos, J. (1991). *Uso de polímeros naturales en el tratamiento de agua para abastecimiento*. Cali – Colombia: CINARA.
- CEPIS (2010). *Uso apropiado de coagulantes naturales africanos para el abastecimiento de agua en el medio rural*. Pub. <http://cepis.org.pe/bvsacd/scan/003> - 2010
- MINSA-DIGESA–RSP (2010, 13 de agosto). Red de Salud Pacífico Norte-Problemas de salubridad. *Diario La Industria de Chimbote*, pag. 8. Perú.
- OMS-OPS (1985). Guía para la calidad de agua potable. *Publicación científica* N° 481, 18-21.
- MUEGGE, O. J. (1956) Physiological Effect of heavily chlorinated drinking water. *Journal of the American Water Works Association*, 48 (12), p.1507-1509.
- Vásquez, O. (1994). *Extracción de coagulantes naturales del nopal y aplicación en la clarificación de aguas superficiales*. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México.