

EVALUACIÓN DE CALIZAS PARA LA OBTENCIÓN DE UNA CAL PARA EL SUAVIZAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS A NIVEL DE LABORATORIO, UTILIZADAS PARA CONSUMO HUMANO EN EL MUNICIPIO DE VILLA DEL ROSARIO, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER

Por:

Pedro Saúl Rivera Carvajal¹, José Enrique Asela Moros², Silvia Yohana Suárez Acevedo³ y Carlos Alberto Zúñiga Rojas⁴.

RESUMEN

Las aguas subterráneas se han convertido en la actualidad en un recurso hídrico alternativo en el municipio de Villa del Rosario, departamento Norte de Santander. No obstante, estas aguas presentan un alto contenido de sustancias minerales, ricas en calcio y magnesio, lo que hace que ésta sea excesivamente dura. El recurso hídrico utilizado en su mayoría por las urbanizaciones de este municipio, presenta valores de dureza que oscilan de 250 a 800 ppm de CaCO_3 y alcalinidades que van de 180 a 400 ppm como CaCO_3 ; siendo calificadas como no aptas para consumo humano, según parámetros establecidos por el Decreto 475 de 1998 que define las Normas Técnicas de Calidad del Agua Potable. Esta investigación a nivel de laboratorio busca la obtención de una cal procesada a partir de la roca caliza que se da en el departamento, que combinada con una serie de aditivos controle el nivel de dureza en las aguas subterráneas utilizadas para consumo humano en el municipio de Villa del Rosario; aprovechando así los recursos minerales de la región y dando una alternativa para el ablandamiento de aguas.

Palabras Claves: Dureza, agua subterránea, cal y ablandamiento.

ABSTRACT

Underground waters have become at the present time in an alternative hydric resource in the municipality of Villa del Rosario (Norte de Santander). However these waters are high in dissolved minerals, specifically calcium and magnesium, which make water very hard. This hydric resource is used mostly by the urbanizations of this municipality and its degree of hardness oscillates between 250 and 800 ppm of CaCO_3 and alkalinities from 180 to 400 ppm as CaCO_3 , being described as no apt for human consumption, accor-

ding to boundaries established in the Decree 475 of 1998, which defines the Quality Technical Norm of Potable Water. The objective of this investigation at laboratory level is to create a product base on lime obtain from limestone rock of Norte de Santander, which in combination with several additives, controls the degree of hardness in underground waters used for human consumption in Villa del Rosario, making good use of the department mineral resources and so that introducing an alternative for water softening.

Keywords: Hardness, Underground water, Lime, Softening.

INTRODUCCIÓN

La calidad de las aguas subterráneas depende de las grandes cargas de materia arrastrada del suelo en épocas de lluvia y la infiltración a través de las capas permeables del subsuelo, reteniendo de manera natural parte de la materia en suspensión, materia orgánica y bacterias. Por las anteriores razones, las aguas subterráneas son más claras y presentan un alto contenido de calcio y magnesio, haciéndolas no aptas para consumo humano.

Ante la disminución de la oferta hídrica superficial, el acelerado crecimiento urbanístico y la ausencia de cobertura de acueductos, el uso de las aguas subterráneas se viene presentando como alternativa para cubrir los requerimientos primarios y de desarrollo de la población, conllevando en lo posible, la explotación de los acuíferos. (5).

Se presenta el caso del municipio de Villa del Rosario en el cual se encuentra el mayor número de urbanizaciones que utilizan el agua subterránea para el abastecimiento del consumo humano y doméstico; en total son 34, que abarcan aproximadamente 3800 viviendas, con una población estimada de 13.000 habitantes.

Actualmente, algunas de estas urbanizaciones tienen plantas de suavizamiento con resinas catiónicas de ci-

¹ Licenciado en Biología y Química U. del Valle, Esp en Química, Tratamiento y Control de Aguas UIS. Docente UFPS Director Grupo de Investigación GIDCA – UFPS. pedrosaul23@hotmail.com

² Docente UFPS, Coinvestigador Grupo de Investigación GIDCA – UFPS. jasela@hotmail.com

³ Ingeniero de Producción Industrial. UFPS – silvita1403@hotmail.com

⁴ Ingeniero de Producción Industrial. UFPS – caber21@hotmail.com

EVALUACIÓN DE CALIZAS PARA LA OBTENCIÓN DE UNA CAL PARA EL SUAVIZAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS A NIVEL DE LABORATORIO, UTILIZADAS PARA CONSUMO HUMANO EN EL MUNICIPIO DE VILLA DEL ROSARIO, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER

clo sodio, pero debido a la falta de personal técnico y desorganización administrativa, no se le está realizando el adecuado mantenimiento a las mismas. El método iónico requiere paradas continuas del equipo y grandes cantidades de NaCl, agua y energía eléctrica, para la regeneración del medio de intercambio iónico. Por tales motivos, es un tipo de ablandamiento muy costoso que además requiere de un control permanente para asegurar que el agua a la salida del sistema se mantenga blanda. (4).

Esta investigación tiene como principal fin aportar una alternativa en el tratamiento de aguas duras, obteniendo una cal, que justifique la inversión en términos de eficiencia en la remoción de dureza y alcalinidad del agua, que sea económico, de relativa facilidad de operación y mantenimiento de planta; el cual controle el nivel de dureza en las aguas subterráneas haciéndolas aptas para el consumo humano, según parámetros establecidos por el decreto 475 de 1998.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la selección de las calizas objeto de estudio se tomó como base la información suministrada por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural del Norte de Santander, Sección de Minería, en el Censo Minero y Evaluación de Yacimientos. Las muestras de roca caliza fueron extraídas de seis municipios de Norte de Santander, Chinácota, Sardinata, Gramalote, Bochalema, Pamplonita y Mutiscua (7), y posteriormente enviadas a los Laboratorios Industriales de la Universidad Industrial de Santander UIS con el fin de obtener el análisis químico correspondiente.

En cuanto a los pozos subterráneos, se escogieron diez urbanizaciones de las de treinta y cuatro que utilizan aguas subterráneas para consumo humano (Urbanización Tamarindo, Altos del Tamarindo, Quintas del Tamarindo II, Villas de Santa Ana, Villas de Santander, Villas de Sevilla, Campo Verde, El Cují, Los Trapiches y Santa María del Rosario). Seis se eligieron de acuerdo a la densidad de población; según datos suministrados por la oficina de Planeación Municipal de Villa del Rosario; y las cuatro restantes, de acuerdo a la ubicación geográfica, dividiendo el mapa de pozos subterráneos existentes en el municipio de Villa del Rosario en cuatro cuadrantes, el cual fue facilitado por CORPONOR. Los análisis fisicoquímicos de

las muestras obtenidas fueron realizados en San José de Cúcuta por Prolab del Norte Ltda.

Los métodos actuales en el tratamiento de dureza y demás análisis requeridos para el logro del objetivo principal planteado en esta investigación, se desarrollaron en los Laboratorios de Química de la Universidad Francisco de Paula Santander, por parte de los autores del proyecto.

Procedimiento para la extracción de muestras de aguas de pozo

El método de muestreo de las aguas subterráneas utilizado en este proyecto fue a profundidad, el cual consistió en hacer bajar un dispositivo de muestreo por el interior del pozo, dejando que se llenara con agua a una profundidad conocida, y recuperando la muestra para luego transferirla a un recipiente apropiado, cuando sea necesario.

La toma de muestras para análisis fisicoquímico ordinario no requiere otras precauciones que recogerla en un recipiente limpio con capacidad de 1 a 5 galones, y estos se deben enjuagar varias veces con el agua que se va muestrear antes de llenarlo, estos a su vez no se deben llenarse completamente sino hasta dos centímetros abajo del cuello del recipiente con el fin de permitir la expansión de la muestra durante el manejo y transporte.

Después de ser tomada la muestra se procede a medir el pH y el cloro existente en el agua, ésta se lleva inmediatamente al laboratorio, con un registro completo de localización del pozo, fecha, análisis a realizar, nombre de la persona que tomó la muestra y clase de muestra.

El agua de los pozos es en general poco variable en calidad y tanto menos, cuanto más profundos son. En pozos muy superficiales directamente generados por ríos o regadíos se puede precisar una muestra semanal, pero en general una muestra mensual o trimestral puede ser suficientemente indicativa. (1).

Procedimiento para la extracción de muestras de roca caliza

Se aplicó el procedimiento de canal, el cual se obtuvo

EVALUACIÓN DE CALIZAS PARA LA OBTENCIÓN DE UNA CAL PARA EL SUAVIZAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS A NIVEL DE LABORATORIO, UTILIZADAS PARA CONSUMO HUMANO EN EL MUNICIPIO DE VILLA DEL ROSARIO, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER

mediante un corte uniforme y continuo, perpendicular a la estratificación. Para esto se limpió la superficie picando el frente hasta una profundidad de 5 centímetros como mínimo, seguidamente se procedió a limpiar el sitio de muestreo, con el fin de evitar la posibilidad de contaminación con otro tipo de roca ajena al yacimiento. La muestra se tomó con un pico de arriba a abajo hasta obtener una muestra de 10 kilogramos con tamaño máximo de fragmento de 15 centímetros. Una vez terminado el muestreo se procedió a realizar el cuarteo el cual se hizo de la siguiente forma:

Se homogenizó la muestra completamente, se mezcló, se apiló y cuarteó la caliza, se redujo el tamaño de la muestra a 5 kilogramos rechazando cuartos opuestos. Se repitió el proceso de mezclado y cuarteo hasta que la muestra se redujo al volumen adecuado. (2).

RESULTADOS

Análisis fisicoquímicos de aguas subterráneas

En el cuadro 1 se muestran los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados a las aguas subterráneas provenientes de diez urbanizaciones del municipio de Villa del Rosario, en ellas se puede observar en que medida la calidad del agua está cumpliendo con los niveles exigidos por el decreto 475 de 1998. (3).

Cuadros 1. Resultados análisis fisicoquímicos de aguas subterráneas

URBANIZACIONES DE VILLA DEL ROSARIO							
PARAMETROS	UNIDADES EXPRESADAS EN	Villas de Santa Ana	Quintas del Tamarindo II	Campo Verde	Los Trapiches	Altos del Tamarindo	VALORES ADMISIBLES (SEGÚN DECRETO 475/98)
PH		7.20	7.40	7.20	7.20	7.20	6.5-9.0
TURBIEDAD	UNT	1.00	0.90	1.20	0.94	1.00	5
COLOR	UPC	5.00	5.00	8.00	5.00	8.00	≤ 15
ALCANILIDAD TOTAL	Mg/l CaCO ₃	272	320	346	348	320	100
DUREZA TOTAL	Mg/l CaCO ₃	410	410	440	455	430	160
DUREZA AL CALCIO	Mg/l CaCO ₃	350	300	400	410	400	La suma de estos dos parámetros no debe superar el valor de la Dureza Total
DUREZA AL MAGNESIO	Mg/l CaCO ₃	60	110	40	45	30	
CLORUROS	Mg/l Cl	13.20	33.94	44.32	46.21	35.83	250
SULFATOS	Mg/l SO ₄	274	214	244	250	272	250
ALUMINIO RESIDUAL	Mg/l Al	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.2
HIERRO TOTAL	Mg/l Fe	0.11	0.11	0.09	0.08	0.11	0.3
CLORO RESIDUAL	Mg/l Cl	0.00	0.79	0.00	0.00	0.00	0.2-1.0
NITRITOS	Mg/l NO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.1

URBANIZACIONES DE VILLA DEL ROSARIO							
PARAMETROS	UNIDADES EXPRESADAS EN	Villas de Santander	Santa María del Rosario	El Cují	Villas de Sevilla	Tamarindo	Valores Admisibles (según Decreto 475/98)
PH		7.20	7.20	7.20	7.40	7.40	6.5-9.0
TURBIEDAD	UNT	1.28	0.90	1.58	1.00	1.25	5
COLOR	UPC	10.0	5.00	10.0	5.00	10.0	≤ 15
ALCANILIDAD TOTAL	mg/l CaCO ₃	296	234	290	330	270	100
DUREZA TOTAL	mg/l CaCO ₃	340	255	355	400	325	160
DUREZA AL CALCIO	mg/l CaCO ₃	300	200	300	370	300	La suma de estos dos parámetros no debe superar el valor de la Dureza Total
DUREZA AL MAGNESIO	mg/l CaCO ₃	40	55	55	30	25	
CLORUROS	mg/l Cl	19.80	14.15	28.3	34.89	14.15	250
SULFATOS	mg/l SO ₄	198	202	344	280	268	250
ALUMINIO RESIDUAL	mg/l Al	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.2
HIERRO TOTAL	mg/l Fe	0.11	0.12	0.14	0.11	0.14	0.3
CLORO RESIDUAL	mg/l Cl	0.00	0.00	0.00	0.68	0.00	0.2-1.0
NITRITOS	mg/l NO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.1

EVALUACIÓN DE CALIZAS PARA LA OBTENCIÓN DE UNA CAL PARA EL SUAVIZAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS A NIVEL DE LABORATORIO, UTILIZADAS PARA CONSUMO HUMANO EN EL MUNICIPIO DE VILLA DEL ROSARIO, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER

Análisis químico de la caliza

De acuerdo al análisis químico realizado por Cemex de Colombia S.A., a la roca caliza procedentes de los municipios de Bochalema, Chinácota, Sardinata, Mutiscua, Pamplinita y Gramalote, se concluyó que la roca caliza con mayor porcentaje de óxido de calcio (CaO) aprovechable fue la de Mutiscua, lo cual se puede observar en la cuadro 2.

En el municipio de Mutiscua se halla una caliza con un excelente porcentaje de CaO aprovechable de 82.4 y el mínimo de material insoluble de 3.6, valores esenciales para obtener una cal con las características exigidas por la Norma Icontec 1398 que son de 80% y 5%, respectivamente. Aplicado el proceso de obtención de la cal viva, se le realizó un análisis del porcentaje de óxido de calcio aprovechable, el cual demostró que realmente la cal si cumplía con lo establecido por dicha norma.

Cuadro 2. Análisis químico de roca caliza

CALIZAS DEL NORTE DE SANTANDER									
MUNICIPIO	MATERIAL INSOLUBLE	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	PERDIDAS POR CALCINACION	SO ₃ %	CaCO ₃ %
PAMPLONITA	12.5	4.20	2.05	2.14	48.90	0.57	39.00	0.03	88.51
CHINACOTA	4.3	5.43	2.50	0.69	48.39	0.58	38.61	0.03	87.62
GRAMALOTE	12.6	16.61	2.38	0.56	44.06	0.41	35.03	0.03	79.54
SARDINATA	5.6	11.42	2.67	0.59	46.52	0.53	37.09	0.03	84.18
BOCHALEMA	4.6	9.88	0.66	2.24	48.36	0.30	38.28	0.04	86.98
MUTISCUA	3.6	2.27	0.80	0.29	50.55	2.50	42.40	0.04	95.49

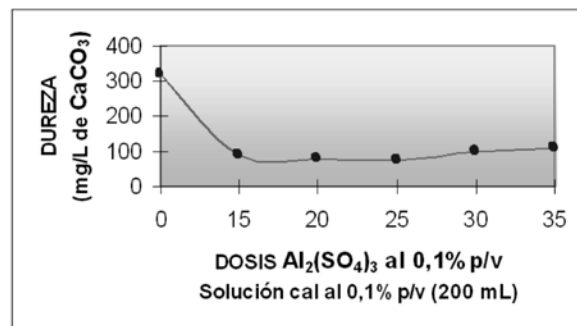
Dosificación con cal hidratada y sulfato de aluminio. La dosificación de sulfato de aluminio se estableció seleccionando el punto óptimo en cuanto a dureza, alcalinidad y pH, siendo este de 25 mL de solución. Los resultados de esta prueba se muestran en el cuadro 3.

Cuadro 3. Resultados dosificación de cal hidratada y sulfato de aluminio

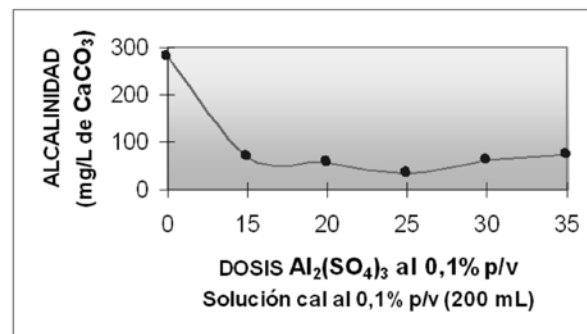
No. de vaso	Agua a tratar (mL)	Dosis de solución de cal al 0,1% p/v (mL)	Dosis de solución de Al ₂ (SO ₄) ₃ al 0,1% p/v (mL)	Dureza (mg/L de CaCO ₃)	Alcalinidad (mg/L de CaCO ₃)	pH	Turbiedad (UNT)
1	500	200	15	90	68	8.74	2
2	500	200	20	80	58	9.62	1
3	500	200	25	75	34	9.45	2
4	500	200	30	100	62	10.32	0
5	500	200	35	110	72	10.56	1

Las curvas de dureza, alcalinidad y pH, se observan en las gráficas 1, 2 y 3 respectivamente.

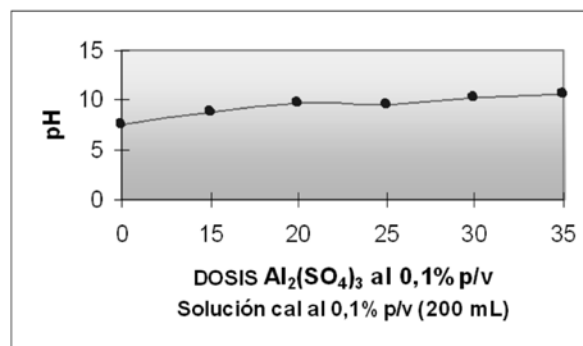
Gráfica 1. Dosis óptima de cal hidratada y sulfato de aluminio contra dureza



Gráfica 2. Dosis óptima de cal hidratada y sulfato de aluminio contra alcalinidad



Gráfica 3. Dosis óptima de cal hidratada y sulfato de aluminio contra pH



De acuerdo con los análisis anteriores, se puede concluir que la combinación más eficiente teniendo en cuenta los resultados de dureza, alcalinidad y pH, es la de cal y sulfato de aluminio. La dosis, en la que los

EVALUACIÓN DE CALIZAS PARA LA OBTENCIÓN DE UNA CAL PARA EL SUAVIZAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS A NIVEL DE LABORATORIO, UTILIZADAS PARA CONSUMO HUMANO EN EL MUNICIPIO DE VILLA DEL ROSARIO, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER

tres parámetros fundamentales se mantuvieron dentro de lo exigido por la norma, fue de 200 mL de solución de cal Mutiscua y 15 mL de solución de sulfato de aluminio tipo A, ambas a una concentración del 0.1% p/v, dosificadas a 500 mL de agua a tratar. Actualmente, algunas urbanizaciones del municipio de Villa del Rosario no aplican ningún tipo de tratamiento para el ablandamiento de las aguas de pozo, para la cual se plantea esta alternativa, como es la dosificación de cal hidratada en combinación con sulfato de aluminio.

MODELOS DE ABLANDAMIENTO

Estos modelos de ablandamiento se diseñaron con el ánimo de visualizar tanto el método de resinas catiónicas (Ver figura 1), el cual es el más utilizado en las urbanizaciones, y el método químico con cal y sulfato de aluminio (Ver figura 2), el cual fue el objetivo principal de este proyecto.

Figura 1. Modelo de ablandamiento por resinas catiónicas



Figura 2. Modelo de ablandamiento con cal y sulfato de aluminio



Modelo de ablandamiento por resinas catiónicas.

Para evaluar el buen funcionamiento de este equipo, se realizaron pruebas con agua procedente de la Urbanización Tamarindo, la cual presentaba los siguientes parámetros iniciales:

Dureza: 300 mg/l de CaCO₃
 Alcalinidad: 272 mg/l de CaCO₃
 pH: 7.25

En el proceso de ablandamiento se utilizaron 10 litros de agua subterránea, seguidamente se realizaron los análisis de dureza, alcalinidad y pH a las muestras tomadas en intervalos de 10 minutos. Los resultados se muestran en el cuadro 4.

Cuadro 4. Resultados análisis del modelo de ablandamiento por resinas catiónicas

PARAMETRO	MUESTRAS					
	10 min.	20 min.	30 min.	40 min.	50 min.	60 min.
Dureza (mg/L de CaCO ₃)	0	0	0	0	0	0
Alcalinidad (mg/L de CaCO ₃)	12	10	8	6	4	6
pH	7,94	4,86	4,87	4,68	4,67	4,68

Modelo de ablandamiento con cal y sulfato de aluminio.

Para el funcionamiento de este equipo se utilizó la misma muestra de agua que en el modelo anterior, por lo tanto se mantienen los parámetros iniciales. Se utilizó la cal obtenida de la caliza de Mutiscua y sulfato de aluminio tipo A en la preparación de las soluciones a dosificar.

En este tratamiento se suavizaron diez litros de agua subterránea, para lo cual se calculó la cantidad de solución de cal y sulfato de aluminio necesaria para este volumen de agua teniendo en cuenta la dosis óptima determinada anteriormente.

Volumen de agua a tratar: 10000 ml
 Volumen de solución de cal 0.1 %: 4000 ml
 Volumen de solución de sulfato de aluminio 0.1 %: 300 ml

Las muestras de agua tratada se tomaron cada 10 minutos, los valores de dureza, alcalinidad y pH se observan en el cuadro 5.

EVALUACIÓN DE CALIZAS PARA LA OBTENCIÓN DE UNA CAL PARA EL SUAVIZAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS A NIVEL DE LABORATORIO, UTILIZADAS PARA CONSUMO HUMANO EN EL MUNICIPIO DE VILLA DEL ROSARIO, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER

Cuadro 5. Resultados del análisis del modelo de ablandamiento con cal y sulfato de aluminio

PARAMETRO	MUESTRAS					
	10 min.	20 min.	30 min.	40 min.	50 min.	60 min.
Dureza (mg/L de CaCO ₃)	200	110	100	80	70	70
Alcalinidad (mg/L de CaCO ₃)	112	66	60	26	20	18
pH	7,90	8,02	7,91	7,90	7,82	7,81

De acuerdo a los resultados anteriores, se puede concluir que el modelo funciona de manera eficiente en la remoción de dureza, manteniendo dentro de lo permitido los valores de alcalinidad y pH.

CONCLUSIONES

El agua subterránea disponible para las urbanizaciones presentes en el municipio de Villa del Rosario, es una fuente hídrica apreciable que contribuye a satisfacer las necesidades domésticas y de consumo de esta población, sin embargo la calidad de la misma en cuanto a la cantidad de iones calcio y magnesio presente no es la más favorable, ya que presentan durezas que van de 255 hasta 455 mg/L de CaCO₃ y alcalinidades de 234 hasta 348 mg/L de CaCO₃. Algunas de estas urbanizaciones no poseen la solvencia económica para adquirir una planta de tratamiento, sea de resinas catiónicas u otro tipo de ablandamiento y, aquellas que la poseen, no están dando el rendimiento deseado pues el costo de mantenimiento es elevado.

El análisis químico de las calizas presentes en algunos municipios del Norte de Santander dio a conocer que en el municipio de Mutiscua se halla una caliza con un excelente porcentaje de CaO aprovechable de 82.4 y el mínimo de material insoluble de 3.6, valores esenciales para obtener una cal con las características exigidas por la Norma Icontec 1398 que son de 80% y 5%, respectivamente. Aplicado el proceso de obtención de la cal viva, se le realizó un análisis del porcentaje de óxido de calcio aprovechable, el cual demostró que realmente la cal si cumplía con lo establecido por dicha norma.

La cal hidratada obtenida fue aplicada en solución, sola y en combinación con otros aditivos. De estas pruebas se escogió la mejor mezcla teniendo en cuenta los valores de dureza, alcalinidad y pH. Los tratamientos que sobresalieron fueron el de cal, cal-carbonato de sodio y cal-sulfato de aluminio.

No obstante los que cumplieron con los tres parámetros fueron el de cal con dureza de 70 mg/L de CaCO₃, alcalinidad de 38 mg/L de CaCO₃ y pH de 8.20, para una dosis de cal de 200 mL al 0.1% p/v, en 500 mL de agua a tratar y, mezcla cal-sulfato de aluminio con valores de dureza de 90 mg/L de CaCO₃, alcalinidad de 68 mg/L de CaCO₃ y pH de 8.74, para una dosis de 200 mL de cal y 15 mL de sulfato de aluminio, ambas al 0.1% p/v, a 500 mL de agua a tratar. Se seleccionó la mezcla de cal y sulfato de aluminio ya que esta no presentaba turbidez en el agua, contrario a la dosis de cal únicamente.

Teniendo en cuenta que esta investigación es un estudio preliminar de la posibilidad de aplicación de este método de ablandamiento en las urbanizaciones mencionadas, se plantea como un siguiente paso dentro de la misma, un estudio de factibilidad donde se determine si es viable para la comunidad teniendo en cuenta el aspecto económico y de infraestructura disponible para tal fin. Además estudiar la posibilidad de industrializar la producción de cal hidratada derivada de la roca caliza de Mutiscua.

RECOMENDACIONES

La piedra caliza procedente del municipio de Mutiscua presentó un excelente porcentaje de óxido de calcio aprovechable de 82.4, por lo cual se recomienda a la UFPS junto con el municipio, diseñar un proyecto donde se plantee su explotación y otros posibles usos que beneficien a la comunidad, con el fin de aprovechar este recurso y promover su industrialización. Se recomienda a la administración municipal de Villa del Rosario, en común acuerdo con las urbanizaciones que no aplican ningún tipo de tratamiento al agua, gestionar recursos económicos para la adecuación de plantas de tratamiento, que mejore la calidad de vida de las personas que consumen aguas de pozo. Al Grupo de Investigación para el Desarrollo y Control de Aguas GIDCA de la Universidad Francisco de Paula Santander, se le recomienda implementar de

EVALUACIÓN DE CALIZAS PARA LA OBTENCIÓN DE UNA CAL PARA EL SUAVIZAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS A NIVEL DE LABORATORIO, UTILIZADAS PARA CONSUMO HUMANO EN EL MUNICIPIO DE VILLA DEL ROSARIO, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER

nivel de laboratorio a nivel de planta, el proceso de suavizamiento de aguas subterráneas, teniendo en cuenta el uso de la nanofiltración, como un nuevo sistema de ablandamiento.

AGRADECIMIENTOS

Al fondo de Investigaciones Universitarias (FINU) - UFPS por el apoyo económico, al grupo de investigación GIDCA por su aporte intelectual, a los Laboratorios de Química de la Universidad Francisco de Paula Santander por permitirnos desarrollar los diferentes ensayos de laboratorio, a las urbanizaciones que nos permitieron el acceso a los pozos para la toma de muestras.

BIBLIOGRAFIA

[1] Cifuentes, D. & Molina, Y. (2002). Estudio de factibilidad técnico-económico de una planta convencional que produzca agua potable a partir del pozo artesiano de la urbanización Santa María del Rosario del municipio de Villa del Rosario. Memoria para optar el Título de Ingeniero de Producción Industrial, Programa de Ingeniería de Producción Industrial, Universidad Francisco de Paula Santander, San José de Cúcuta, Colombia.

[2] Contreras, L. & Castro W. (1998). Estudio técnico-económico para la expansión del yacimiento de roca caliza denominado San Jacinto, Municipio de Chinácota. Memoria para optar el Título de Tecnólogo de Minas, Programa de Tecnología de Minas, Universidad Francisco de Paula Santander, San José de Cúcuta, Colombia.

[3] Decreto 475 del 10 de Marzo de 1998. Normas Técnicas de Calidad del Agua Potable.

[4] Lizcano, A. (2003). Diagnostico para la planificación y manejo de las aguas subterráneas en las actividades de tipo industrial, comercial y agropecuario en los sectores de Cúcuta, Villa del Rosario y Los Patios. Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental, Corponor, San José de Cúcuta, Colombia.

[5] Plan Básico de Ordenamiento Territorial municipio de Villa del Rosario, POT, 2004.

[6] ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Calidad del agua. Santafé de Bogotá: Editorial Escuela Colombiana de Ingenieros, 2002. p. 257.

[7] Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural del Norte de Santander, sección de Minería. Censo minero y evaluación de yacimientos, 1994. p. 177.

[8] Tecnología para la purificación del agua. <http://www.aquasystem.com.mx>

Recibido: 25 - Octubre - 2006

Aprobado: 22 - Marzo - 2007