

# Remoción de hierro en agua con alta concentración

## Iron removal from high-concentration water

JAIRO ALBERTO ROMERO ROJAS<sup>1</sup> - LEIDY KATHERINE CÁRDENAS REAL<sup>2</sup> - AMPARO CAROLINA CASTAÑEDA JIMÉNEZ<sup>3</sup>

1. Ingeniero civil. MEEE. Profesor titular de la Escuela Colombiana de Ingeniería.
2. Ingeniera civil de la Escuela Colombiana de Ingeniería.
3. Ingeniera civil de la Escuela Colombiana de Ingeniería.

jairo.romero@escuelaing.edu.co - ing.katherine.cardenas@gmail.com - caroccj@gmail.com

Recibido: 02/02/2014 Aceptado: 12/02/2014

Disponible en <http://www.escuelaing.edu.co/revista.htm>

### Resumen

Uno de los mayores problemas para obtener agua potable es la remoción de hierro en aguas de aljibes y pozos de agua subterránea. En este artículo se presentan los resultados del tratamiento del agua de un manantial con un contenido de hierro de 7,27 mg/L. Se encontró que la combinación óptima de tratamiento para hierro fue la de coprecipitación con cloruro férrico y cal, aunque el tratamiento con alumbre y cal, con cloruro férrico, con permanganato de potasio y cal, y con cloro, también permiten la remoción requerida<sup>(1)</sup>.

**Palabras claves:** agua subterránea, remoción de hierro, coagulación de agua.

### Abstract

One of the main problems for obtaining drinking water is the removal of iron in springs and wells of groundwater. This article presents the results of the treatment of the water from a spring with a content of 7,27 mg Fe/L. It was observed that the best combination of treatment for iron was the coprecipitation with ferric chloride and lime, although the treatment with alum and lime, with ferric chloride, with potassium permanganate and lime, and with chlorine, also achieves the required removal<sup>(1)</sup>.

**Keywords:** groundwater, iron removal, water coagulation.

## INTRODUCCIÓN

El agua subterránea constituye alrededor del 97 % del agua dulce disponible en el planeta. El contacto prolongado del agua subterránea con los minerales de la corteza terrestre y su exposición a la actividad biológica introducen elementos en solución que, como el hierro, son comunes y hacen necesario su tratamiento. El hierro ferroso,  $Fe^{++}$ , es soluble en el agua; el hierro férrico,  $Fe^{+++}$ , es insoluble. El hierro ferroso del agua subterránea, cuando se pone en contacto con el oxígeno del aire, es oxidado en hierro férrico, formando hierro coloidal y produciendo color y turbiedad. El hierro, además, favorece el crecimiento de bacterias del hierro que producen depósitos y problemas de aguas rojas en el abastecimiento. El límite para hierro en agua potable es de 0,3 mg/L para prevenir problemas de tinciones en los accesorios de plomería, coloración de la ropa, aguas rojas y sabores indeseables.

La gran variedad de procesos disponibles para remoción de hierro hacen necesaria la realización de ensayos de tratabilidad para proveer el método más conveniente. El principio teórico del tratamiento es hacer insoluble el hierro mediante oxidación del hierro ferroso en hierro férrico, con ajuste de pH, usando oxidantes como oxígeno, cloro, dióxido de cloro, permanganato de potasio, con precipitación y filtración, así como coagulación y precipitación con coagulantes o con cal<sup>(2,5)</sup>.

## METODOLOGÍA

Las muestras de agua se tomaron del manantial de la finca La Margarita y se transportaron al Laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Escuela Colombiana de Ingeniería en garrafas de cinco galones cada una. Las muestras se almacenaron y analizaron de acuerdo con las especificaciones de los métodos estándar<sup>(3)</sup>.

El ensayo de tratabilidad se realizó mediante ensayos de jarras (figura 1), con soluciones de cloruro férrico y alumbre en una concentración de 10 mg/mL, de permanganato de potasio en concentración de 2 mg/mL, de cloro en una concentración de 0,4 mg/mL y de cal en una concentración de 1 mg/mL. Se ensayaron 42 jarras, seis por cada método, con los siguientes métodos de tratamiento: alumbre, alumbre y cal; cloruro férrico; cloruro férrico y cal; permanganato; permanganato y cal; y cloro.



Figura 1. Ensayo de jarras.

## RESULTADOS

En la tabla 1 se muestran los resultados de la caracterización del agua cruda y se compara su calidad con la norma colombiana para agua potable<sup>(4)</sup>. Los resultados obtenidos, en las jarras de mejor calidad de cada uno de los procesos de tratamiento con resultados satisfactorios de remoción de hierro, se incluyen en la tabla 2. En la figura 2 se ilustran los residuales obtenidos de hierro según el método.

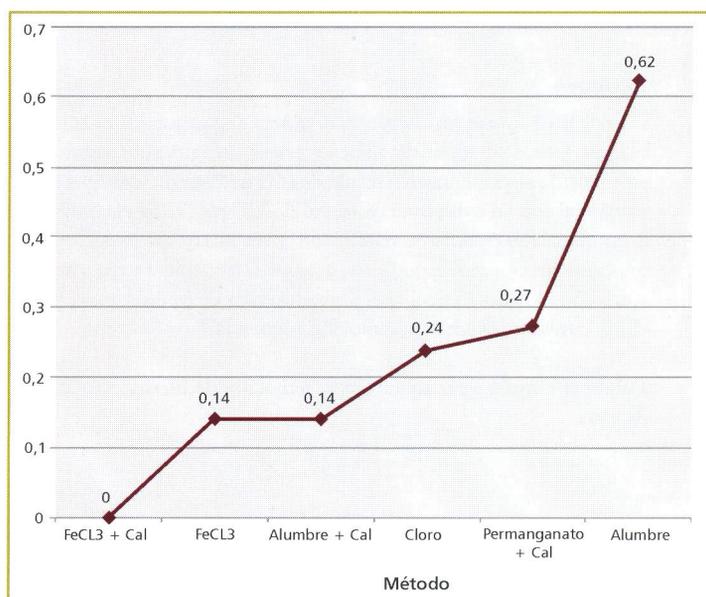


Figura 2. Concentración de Fe, según el método.

**Tabla 1**  
Caracterización del agua cruda

Parámetro	Unidad	Valor	Norma	Cumple/ No cumple
Acidez	mg/L- CaCO <sub>3</sub>	18,7	-	-
Alcalinidad	mg/L- CaCO <sub>3</sub>	21	200	Cumple
Calcio	mg/L- CaCO <sub>3</sub>	22,4	60	Cumple
Cloro residual	mg/L- Cl <sub>2</sub>	0	5	Cumple
Cloruros	mg/L- Cl	1,77	250	Cumple
CO <sub>2</sub>	mg/L	18,7	-	-
Color aparente	UPtCo	275	15	No cumple
Color verdadero	UPtCo	45	-	-
Conductividad	μS/cm	70	1000	Cumple
Dureza total	mg/L- CaCO <sub>3</sub>	42	300	Cumple
Fluoruros	mg/L- F	0	1	Cumple
Hierro total	mg/L- Fe	7,07	0,3	No cumple
Hierro soluble	mg/L- Fe	3	-	-
Magnesio	mg/L- CaCO <sub>3</sub>	19,6	36	Cumple
Manganeso	mg/L-Mn	0,4	0,1	No cumple
Nitratos	mg/ L-N	0,02	10	Cumple
Nitritos	mg/ L-N	0	0,1	Cumple
Nitrógeno amoniacal	mg/L-N	0,25	-	-
pH	Unidades	4,79	6,5-9,0	No cumple
Sólidos totales	mg/L	40	500	Cumple
Sulfatos	mg/L-SO <sub>4</sub>	4,1	250	Cumple
Turbiedad	UNT	168	2	No cumple

**Tabla 2**  
Resultados de ensayos de jarras

CALIDAD DEL AGUA CRUDA							
Fuente		Manantial La Vega					
Temperatura, °C		17,2					
Turbiedad, UNT		132					
Color, UPtCo		275					
Alcalinidad, mg/L		21					
pH		4,64					
Conductancia, μS/cm		70					
Hierro total, mg/L		7,27					
MEZCLA RÁPIDA							
RPM = 250		PERIODO = 1 minuto			G = 600 s <sup>-1</sup>		
MEZCLA LENTA							
RPM = 60		PERIODO = 15 minutos			G = 80 s <sup>-1</sup>		
CONDICIÓN		JARRA					
		1	2	3	4	5	6
COMPUESTO, mg/L	Alumbre	15	15	-	-	-	-
	Cloruro férrico	-	-	10	8	-	-
	Cal	-	8,4	-	8,3	3,4	-
	Permanganato	-	-	-	-	0,4	-
	Cloro	-	-	-	-	-	2
CARACTERÍSTICA	Floc	Regular	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
	Color	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
CALIDAD DEL AGUA FILTRADA	Turbiedad	-	0,34	0,2	0,3	1,7	1,8
	Color	-	5	5	5	15	15
	pH	-	8	4,6	7,9	6,5	6,8
	Conductancia	-	141	74	95	68	76
	Hierro	0,62	0,14	0,14	0	0,27	0,24

## CONCLUSIONES

- El agua cruda del manantial La Vega, de la finca La Margarita, es un agua no potable, con un contenido muy alto de hierro total de 7,27 mg/L; además, requiere para su potabilización remoción de manganeso, color, turbiedad y ajuste de pH.
- El tratamiento con alumbre y cal; con cloruro férrico; con cloruro férrico y cal; con permanganato de potasio y cal; y con cloro; permiten reducir hierro, color y turbiedad a los valores admisibles de la norma colombiana de agua para agua potable<sup>(4)</sup>.
- La coprecipitación del hierro con alumbre y cal, así como con cloruro férrico y cal, son métodos eficientes en la remoción del hierro. Se obtuvo una remoción de hierro mayor del 98 %.
- La oxidación y precipitación del hierro con permanganato y cal es, también, un método factible para remoción de hierro, ya que permitió una remoción del 96 %.
- La remoción de hierro por medio de oxidación con cloro fue del 97 %. Por facilidad de operación y

mantenimiento, el método más elemental es el de oxidación, con 2 mg/L de cloro.

- La combinación óptima de tratamiento fue la de 8 mg/L de cloruro férrico con 8 mg/L de cal, debido a que con ello se obtuvo una remoción de hierro del 100 % y la mejor combinación para hierro y pH en el agua tratada.
- Es necesario continuar el estudio de tratabilidad del agua del manantial La Vega, con el objeto de confirmar los resultados para remoción de manganeso.

## REFERENCIAS

1. Cárdenas R. L. K. & Castañeda, J. A. C. (2011, diciembre). Remoción de hierro en aguas con alta concentración. Trabajo dirigido. Centro de Estudios Ambientales. Escuela Colombiana de Ingeniería.
2. Hernández, Y. A. (2012, diciembre). Estado del arte en remoción de hierro en el agua. Tesis de grado. Centro de Estudios Ambientales. Escuela Colombiana de Ingeniería.
3. APHA. AWWA (2011). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 22.ª ed.
4. Ministerio de la Protección Social (2001). Resolución 2115 de 2007.
5. Romero Rojas, J. A. (2009). *Calidad del agua*. Bogotá: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.