

SUSTANCIAS HUMICAS EN EL AGUA DEL PROYECTO OROSI

Róger Ruiz Zapata*
Bernardo Chacón Solano**

Se determinó la presencia de sustancias húmicas en el agua utilizada en el Proyecto Orosi, construido por Acueductos y Alcantarillados para abastecer de agua potable el Área Metropolitana, Cartago y Paraíso. Además se encontró que el contenido de hierro y manganeso, metales que le imparten coloración al agua, es despreciable y, por lo tanto, el color que se observa en el agua proveniente del Embalse El Llano es debido a la presencia de sustancias húmicas.

INTRODUCCION

Las aguas coloreadas por sustancias no minerales, sean éstas superficiales o subterráneas, están ampliamente distribuidas en la naturaleza y presentan problemas cuando son usadas como fuentes de agua cruda para propósitos municipales o industriales. Se encuentran principalmente en embalses o en ríos que drenan áreas donde abunda la materia orgánica tales como pantanos y ciénagas. La intensidad del color varía ampliamente, dependiendo de muchos factores que incluyen el tipo de superficie en el área de desagüe y la cantidad de lluvia. La coloración de un suministro de agua dado puede variar drásticamente, siendo nula cuando el tiempo es seco o de un color muy elevado después de una fuerte lluvia.

El color en estas aguas ha sido atribuido a la presencia de sustancias

húmicas, llamadas así por su analogía con los productos húmicos de la degradación de la madera y el suelo. Muchos estudios han demostrado que existen características físicas y químicas comunes entre los compuestos húmicos del suelo y del agua¹.

Los compuestos húmicos son estructuralmente complejos, polielectrolíticos, ácidos orgánicos con coloración oscura que se encuentran en suelos, sedimentos y aguas naturales, tanto en las aguas subterráneas como en las superficiales.

Estas sustancias se dividen en tres grandes grupos:

- a. Ácidos húmicos, los cuales son solubles en medio básico y precipitan en medio ácido.
- b. Ácidos fúlvicos, los cuales son solubles tanto en medio ácido como en medio básico.
- c. Humina, es una sustancia similar a un polímero, es insoluble en medio ácido o básico.

En las aguas naturales, los ácidos fúlvicos y húmicos son los más comunes, encontrándose principalmente los primeros, los cuales son la fracción menos polimerizada pero más oxigenada e hidrofílica de los materiales húmicos. Su estructura química exacta no ha sido bien dilucidada pero los grupos funcionales principales son generalmente carboxilos y fenoles o enoles, los más abundantes son los carboxilos (Figura 1). Otros grupos

* Laboratorio Central, Acueductos y Alcantarillados.

** Escuela de Química, Universidad de Costa Rica.

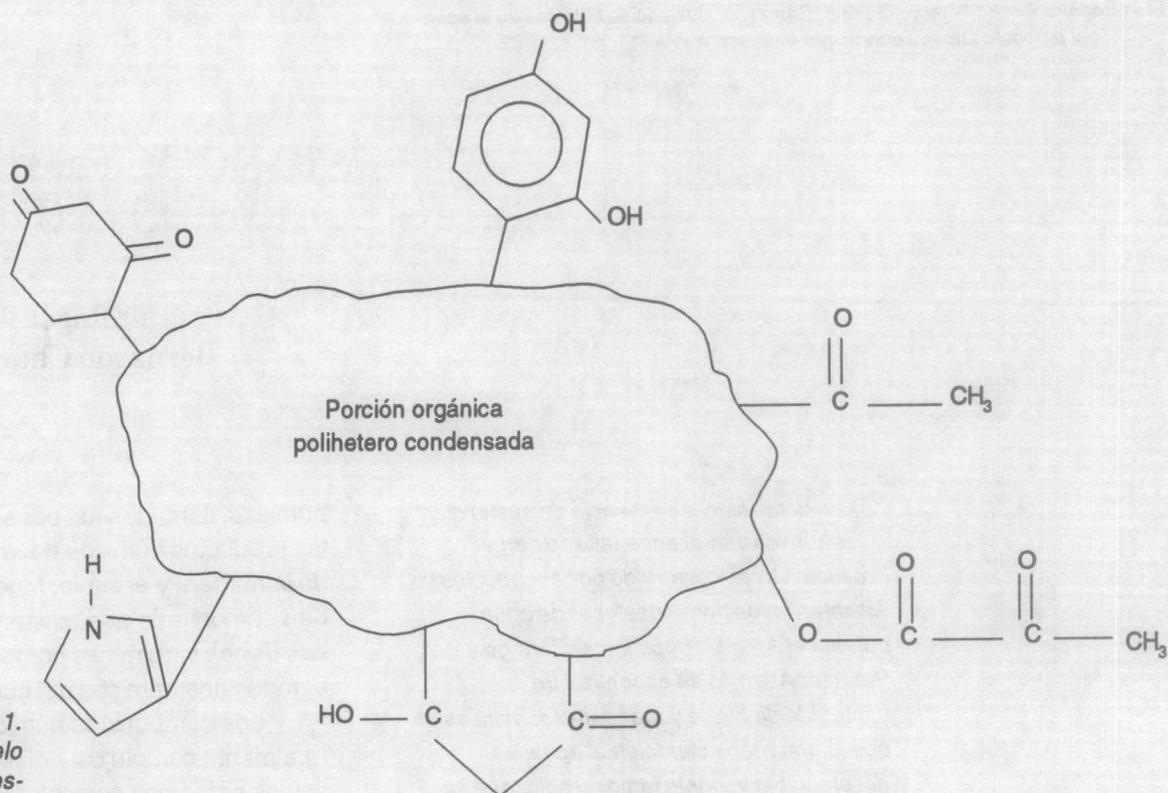


FIGURA 1.
Molécula modelo
de los compues-
tos húmicos.

funcionales incluyen alcoholes, carbonilos y metoxilos, los cuales se encuentran en menos cantidad que los mencionados anteriormente².

Los materiales húmicos corresponden a un porcentaje del 40 al 80 % de la materia orgánica disuelta en el agua. En general, las aguas subterráneas contienen menos cantidad de materia orgánica en comparación con las aguas superficiales.

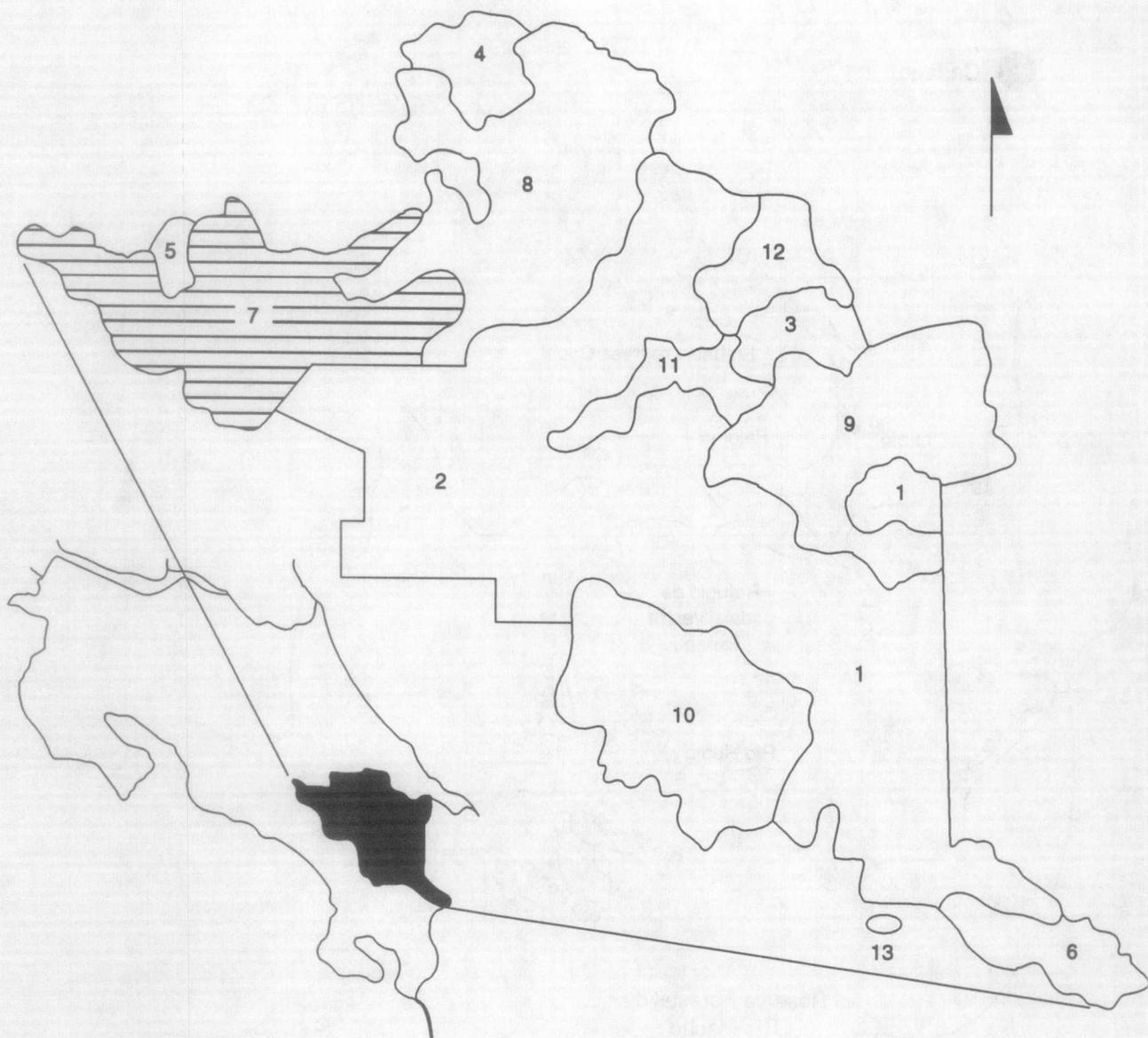
El color de estas sustancias se ha correlacionado con el porcentaje de grupos aromáticos presentes en ellas; ya que el cromóforo se asocia con dichos grupos. La literatura señala que los ácidos fúlvicos acuáticos poseen la menor intensidad de color, amarillo, y son 16% aromáticos aproximadamente. Los ácidos húmicos acuáticos son alrededor de 30% aromáticos y presentan la mayor intensidad de color, carmelito oscuro³.

En Costa Rica el Proyecto Orosi, construido por Acueductos y Alcantarillados (A y A), toma las aguas de la Reserva

Forestal de Río Macho. Con más de noventa y cinco mil hectáreas, la reserva se encuentra ubicada al sureste de la ciudad de San José, está enclavada en la Cordillera de Talamanca y forma parte de lo que se conoce actualmente como Reserva de la Biosfera La Amistad, (Figura 2), la cual incluye otras categorías bajo protección.

La reserva abarca en su totalidad la cuenca superior del Río Grande de Orosi y de sus afluentes los ríos Porras, Villegas, Humo y Macho, (Figura 3), cuya agua es de muy buena calidad.

La zona presenta una topografía muy irregular, está totalmente cubierta de bosques y se caracteriza por la presencia de una gran cantidad de ríos, quebradas y cascadas que son el resultado de la alta precipitación y constante nubosidad. Es una de las regiones más lluviosas del país, ya que alcanzan a caer cerca de 8000 mm por año. La densa masa de bosque cumple aquí su función hidrológica, al captar esa



- | | |
|-------------------------------------|--|
| 1. Parque Internacional La Amistad. | 8. Reserva Indígena Chirripó |
| 2. Parque Nacional Chirripó. | 9. Reserva Indígena Talamanca |
| 3. Reserva Biológica Hitoy-Cerere. | 10. Reserva Indígena Ujarrás - Salitre - Cabagra |
| 4. Reserva Biológica Barbilla | 11. Reserva Indígena Teure |
| 5. Refugio vida silvestre Tapantí | 12. Reserva Indígena Tayni. |
| 6. Zona Protectora Las Tablas | 13. Jardín Botánico Catherine y Robert Wilson. |
| 7. Reserva forestal Río Macho | |

FIGURA 2. Areas que conforman la Reserva de la Biosfera "La Amistad".

● Cartago

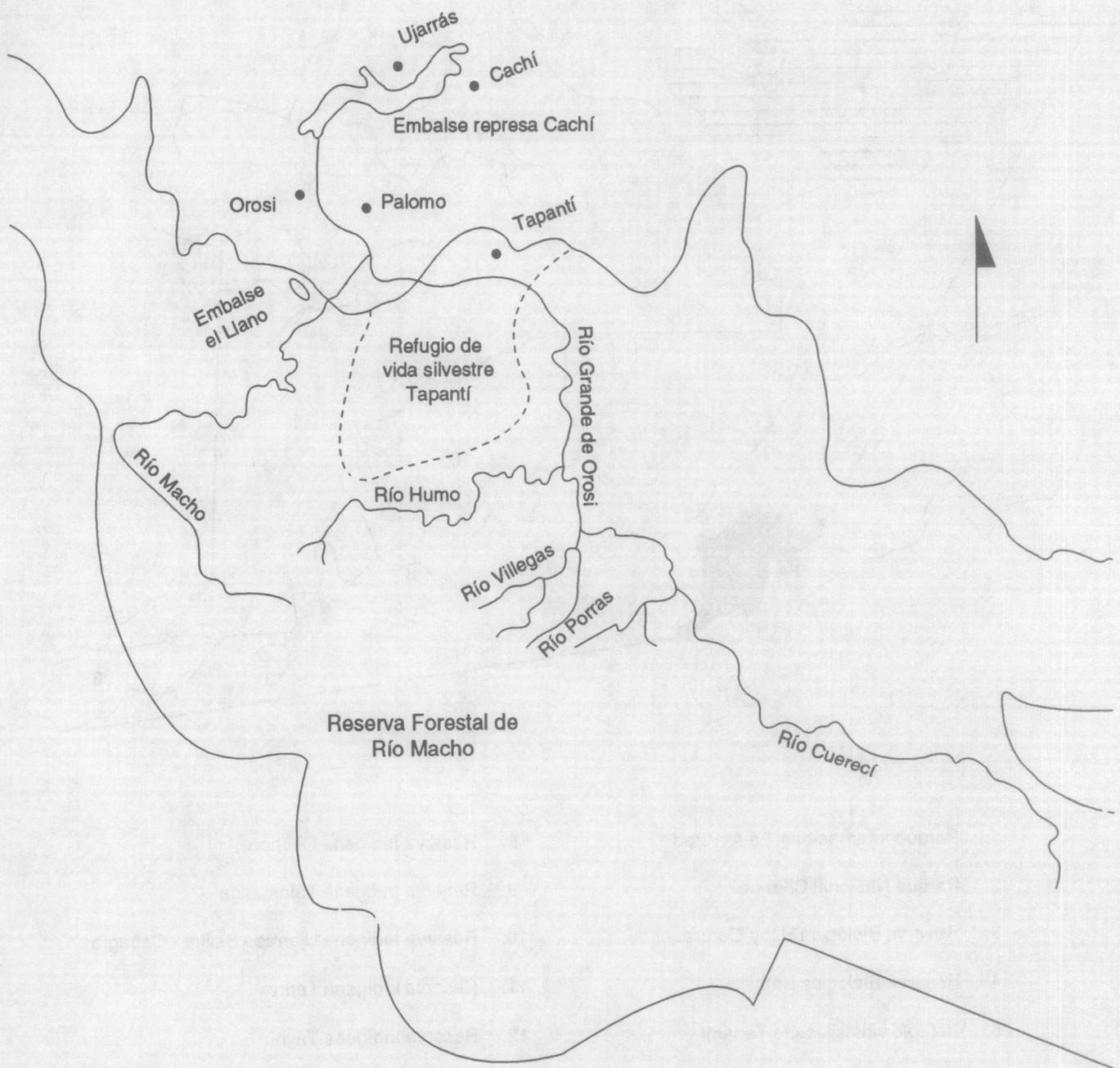


FIGURA 3. Cuenca del Río Grande de Orosi.

Las aguas coloreadas por sustancias no minerales, sean éstas superficiales o subterráneas, están ampliamente distribuidas en la naturaleza y presentan problemas cuando son usadas como fuentes de agua cruda para propósitos municipales o industriales.

gran cantidad de agua y luego liberarla, lentamente. Además, esa masa boscosa aporta gran cantidad de materia orgánica que, al descomponerse, genera los componentes del humus que son solubles en agua y que le imparten a ésta un color característico⁴.

METODOLOGIA

Para realizar la presente investigación se analizaron muestras puntuales recolectadas en el Río Humo y en la Planta Alta de Tres Ríos. También se realizó un muestreo continuo, con una duración de cinco días, tomando las muestras una cada tres horas en la cámara de entrada a la Planta. Este sistema de muestreo continuo permite evaluar el comportamiento de la fuente de suministro de acuerdo con factores climatológicos, ya que debido al alto grado de precipitación pluvial que se presenta en la zona de captación, se pueden provocar variaciones en el color del agua utilizada en el Proyecto Orosi. Además, conviene señalar que la zona es muy rica en materia vegetal y por consiguiente se ve afectada por los factores de descomposición de ésta y su posterior arrastre.

Las muestras puntuales fueron dejadas en reposo para eliminar el material suspendido mediante una simple sedimentación y se almacenaron a 4°C hasta ser usadas. Luego se procedió a concentrar las mismas (25 L de cada una fueron concentrados a 500 mL) con un evaporador rotatorio, utilizando como fuente de vacío un aspirador de agua ordinario. La destilación se llevó a cabo entre 48,0°C y 53,0°C con el fin de evitar cualquier posibilidad de descomposición o combinación de especies químicas por oxidación u otros medios⁵. Después se procedió a filtrar el concentrado de cada muestra con papel de filtro con 0,45 µm de poro.

Para la extracción de las sustancias húmicas, a cada muestra se agregó ácido clorhídrico hasta un pH de 2,0 y luego fue

pasada por una columna que contenía una resina de intercambio (BARNSTEAD D0809). La elución de las sustancias se hizo con una mezcla de acetona-agua-ácido clorhídrico (95:4:1). El eluato fue parcialmente evaporado en baño maría para remover la acetona y secado totalmente en una estufa a 50,0 + 0,5 °C. El sólido se disolvió en acetona y se pasó por sulfato de sodio para eliminar las trazas de agua y se secó nuevamente a 50,0°C. Por último se obtuvo el espectro infrarrojo de las sustancias obtenidas.

Por otro lado se filtró (papel de filtro de 0,45µm) un litro de cada muestra original, se determinó el color y se tomó una porción para obtener un espectro ultravioleta-visible. Además una alícuota de 250 mL fue puesta en un erlenmeyer y acidificada con ácido nítrico concentrado. Se hizo la digestión y se aforó finalmente a 25,00 mL, a este concentrado se le determinó el contenido de hierro y manganeso mediante la técnica de absorción atómica.

Las muestras continuas fueron filtradas con papel de 0,45 µm; se les determinó el color y se tomó una alícuota de 100 mL, la cual fue acidificada con ácido nítrico concentrado. Se hizo la digestión de la muestra y se trasvasó a un balón aforado de 25 mL. Por absorción atómica se determinó la concentración de hierro y manganeso.

DISCUSION DE RESULTADOS

En la Figura 4 (a y b) se observan los espectros infrarrojos de las sustancias extraídas del agua proveniente del Río Humo y de la Planta Alta de Tres Ríos, respectivamente. El espectro a presenta bandas de absorción a 3450, 3000, 1700, 1630, 1360 y 1230 cm, que según Yummen y Randtke² son características de los compuestos húmicos.

El espectro b muestra bandas más anchas pero en una posición muy similar a

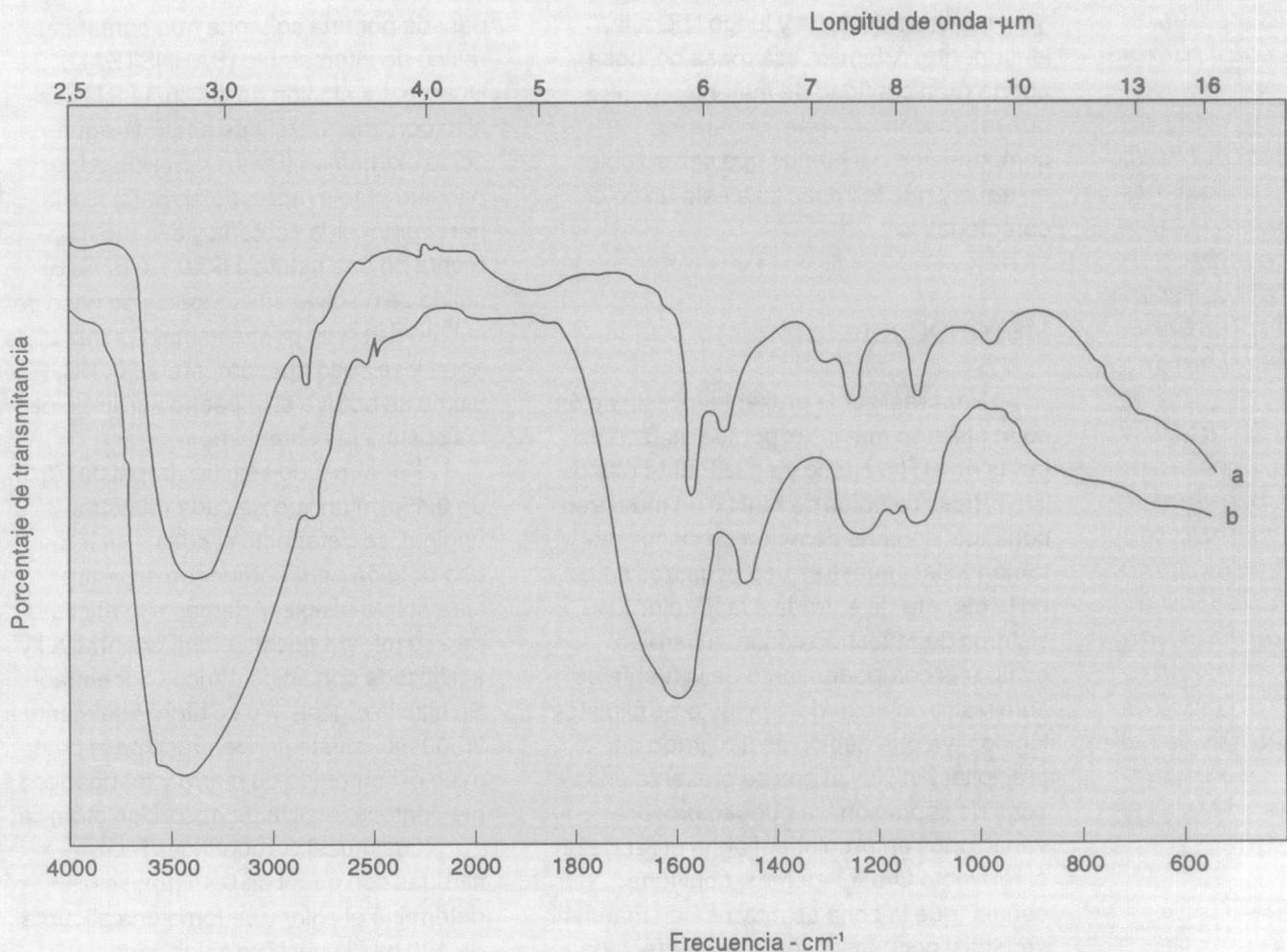


FIGURA 4. Espectros infrarrojos de las sustancias húmicas extraídas del agua de: a) Río Humo, b) Planta Alta de Tres Ríos.

la del espectro a, por lo que se puede suponer que los compuestos son similares.

La Figura 5 (a y b) muestra los espectros ultravioleta-visible de las muestras de agua provenientes del Río Humo y de la Planta Alta respectivamente. Ambos espectros presentan un traslape de absorciones una de las cuales tiene su máximo entre 250 y 260 nm; ésto es una fuerte evidencia de la presencia de compuestos orgánicos insaturados que presentan enlaces C=C y C=O. A estas longitudes de onda, de acuerdo con Michail e Idelovitch⁶, la única interferencia que se presenta es por parte del ion nitrato, pero el contenido del mismo en estas aguas es muy bajo, no supera 1,0 mg/L (ver Cuadro

1). Esto nos reafirma el hecho de que las sustancias presentes en el agua son de origen húmico.

En el Cuadro 1 aparecen también los resultados de hierro y manganeso obtenidos en las muestras analizadas. Como se observa, los niveles de los mismos son prácticamente despreciables, si se comparan con los niveles de color de cada muestra; por lo tanto, se elimina la posibilidad de que estos metales sean los causantes del color presente en el agua del Proyecto Orosi.

Las Figuras 6 y 7 muestran respectivamente, la variación de color y de hierro con el tiempo, de ellas se deduce que no existe relación entre el nivel de color y de

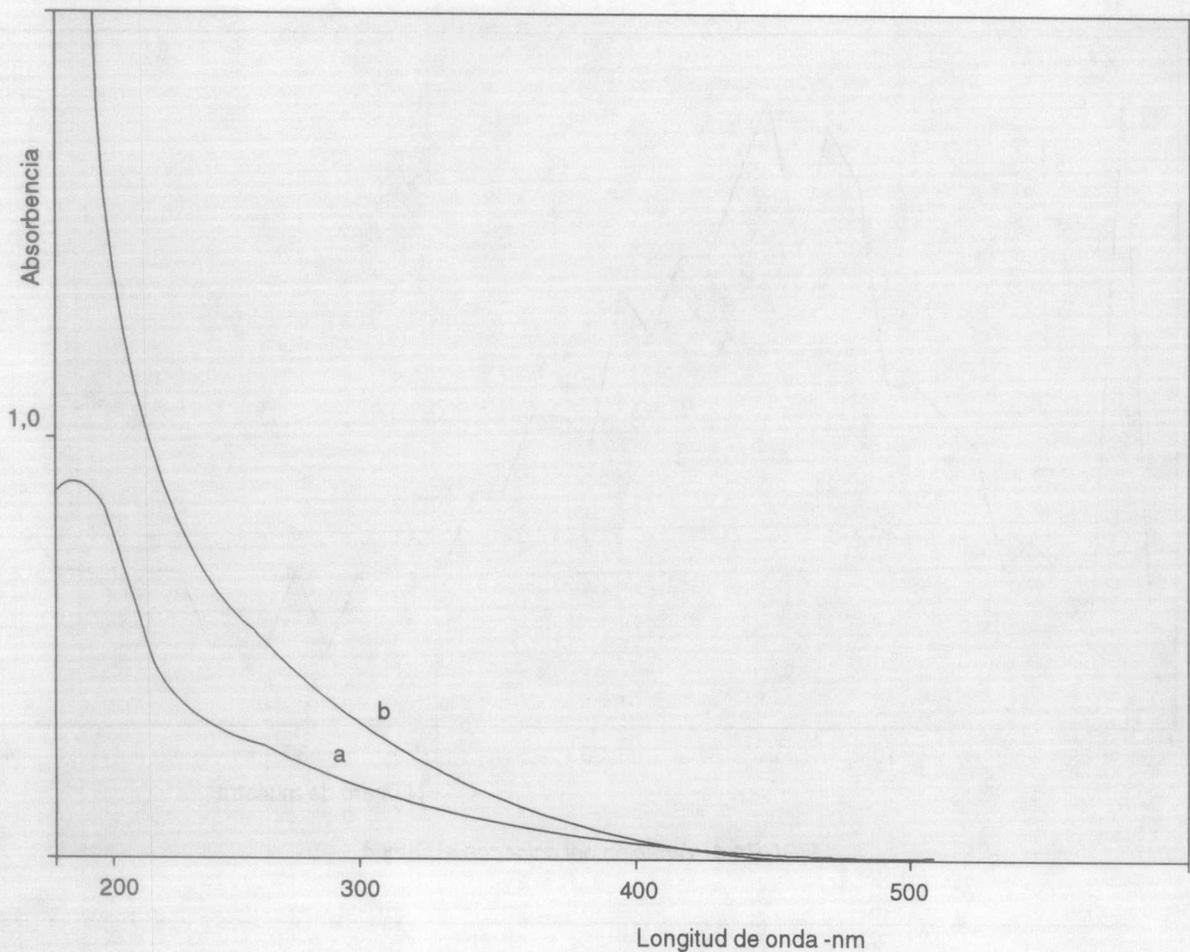


FIGURA 5. Espectros ultravioleta-visible de agua de: a) Río Humo, b) Planta Alta de Tres Ríos.

Cuadro 1. Valor promedio de las variables analizadas.

Variable	Muestra		
	Río Humo (1)	Río Humo (2)	Planta Alta
Color (UPt/Co)	35	40	70
Hierro (mg/L)	0,078	0,047	0,055
Manganeso (mg/L)	0,019	0,008	0,014
Nitratos (mg/L)	0,40	0,45	0,38

hierro en el agua: además, la variación de uno es independiente de la del otro o sea no existe correlación entre los mismos.

Con respecto al contenido de manganeso se puede decir que los niveles no son detectables por la técnica de absorción atómica con llama.

CONCLUSIONES

El agua utilizada en el Proyecto Orosi construido por A y A, presenta problemas con el color. Este fenómeno no es continuo; lo que nos lleva a concluir que el mismo está influenciado por las variaciones climatológicas que se dan en la zona donde se ubican las captaciones.

De acuerdo con el resultado de los espectros infrarrojo y ultravioleta visible, se afirma la presencia de sustancias húmicas en las muestras analizadas.

Los niveles de hierro y manganeso, encontrados en las muestras analizadas nos indican que la presencia de estos metales pesados no tiene ninguna repercusión sobre el valor de color de las

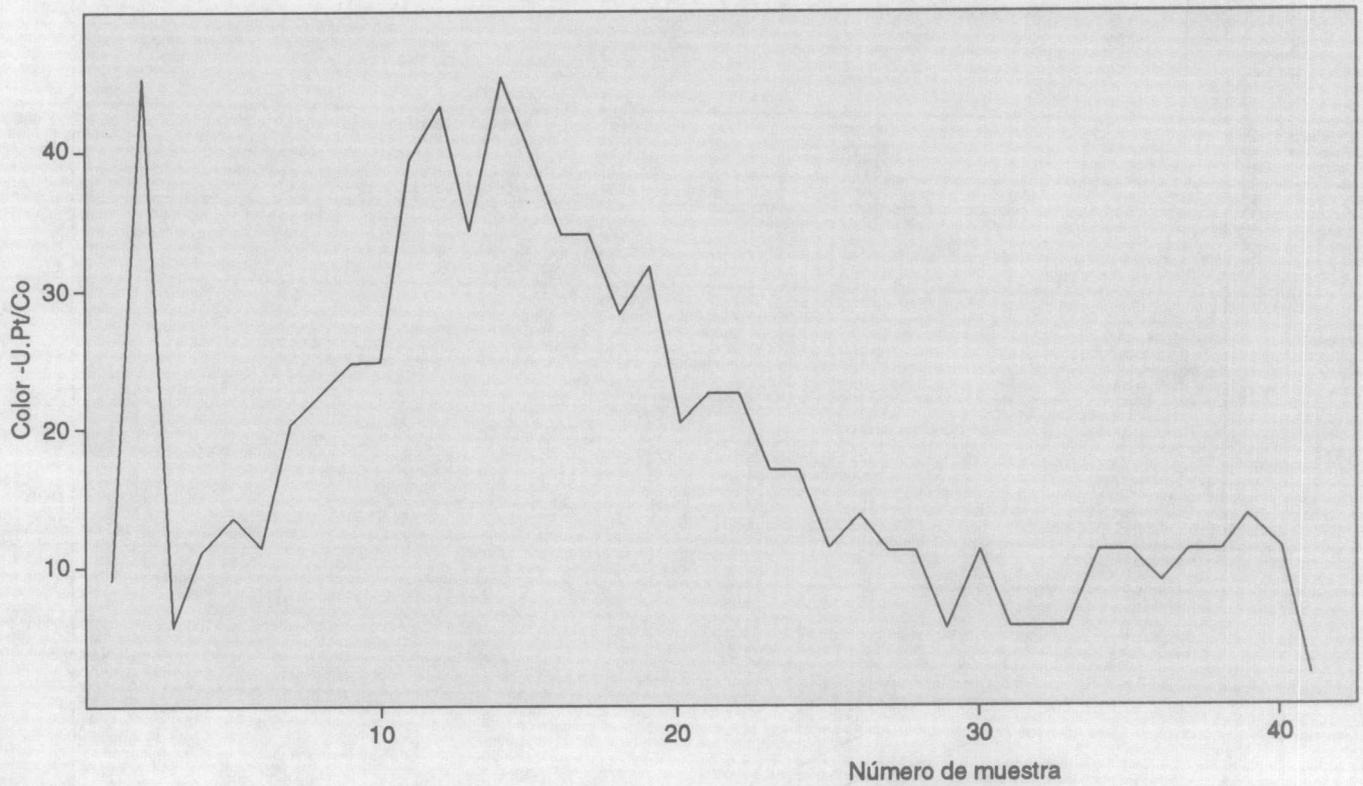


FIGURA 6. Variación del color con el tiempo.

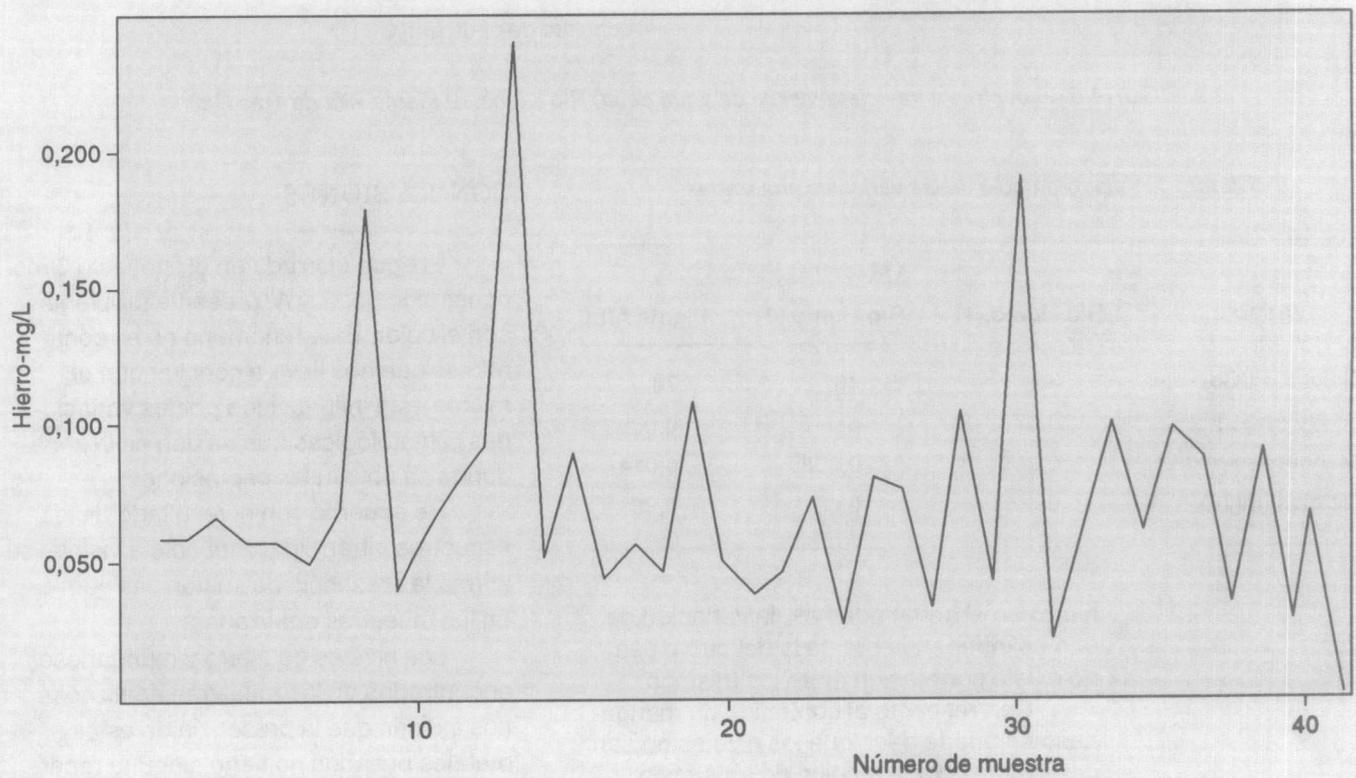


FIGURA 7. Variación de la concentración de hierro con el tiempo.

mismas. Esto confirma el que sea otro tipo de sustancias las causantes del problema.

Es necesario dar a estas aguas un tratamiento adecuado para remover las sustancias húmicas que provocan el color en ellas. Es importante recalcar que aunque el color es considerado como una variable estética sin significado para la salud, la presencia de sustancias húmicas durante el proceso de desinfección (cloración) genera trihalometanos, los cuales sí tienen un efecto nocivo sobre la salud pública por su carácter carcinogénico.

LITERATURA CITADA

1. Research Committee on Coagulation and Color Problems. *Coagulation and color problems*. Jour AWWA, 62 (5): 311-314, 1970.
2. Yunmen, M.; Randtke, S. *Removing fulvic acid by lime softening*. Jour. AWWA, 77 (8): 78-88, 1985.
3. Vargas, C.; Sánchez, E. *La naturaleza y significancia de sustancias húmicas en sistemas de abastecimiento de agua potable*. Revista AINSA, 5 (2): 69-74, 1985.
4. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. *Proyecto Orosi: Un capítulo en la historia*. San José, 1988.
5. Black, A.; Christman, R. *Chemical characteristics of fulvic acids*. Jour. AWWA, 55 (7): 897-912, 1963.
6. Michail, M.; Idelovitch, E. *Chemistry in water reuse*. Michigan, Ann Arbor Science publishers, Inc., 1981. Vol 1.