

CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA Y RIESGO SANITARIO DE DOS ACUEDUCTOS RURALES EN EL ESTADO VARGAS, VENEZUELA

Yolanda Barrientos (darwin@cantv.net);
Carlos Suárez (carturo1782@yahoo.com); **Henry Pacheco**;
Simón Ruiz; **Belkys Devia**; **Ysley Perdomo**
(UPEL-IPC)

Recibido: 10/11/2004

Aprobado: 15/03/2005

RESUMEN

El evento hidrometeorológico de 1999 colapsó el suministro de agua potable del Estado Vargas, y esta situación condujo a los habitantes de los centros poblados asentados en las cuencas bajas de los ríos Osorio y Piedra Azul, a una dependencia total de los cursos de agua superficiales, por medio de acueductos rurales sin potabilización, con las consecuentes repercusiones en la salud de las personas. La presente investigación tuvo como objetivos: determinar la calidad microbiológica del agua e identificar las posibles fuentes de contaminación antrópica; caracterizar los acueductos rurales presentes en ambos ríos; y determinar los niveles de riesgos sanitarios. Los indicadores microbiológicos de potabilidad del agua se obtuvieron por el método de filtro de membrana APHA (1985). Los niveles de riesgos de los acueductos rurales se determinaron mediante los formularios de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 1998). La identificación y ubicación de las fuentes de contaminación se realizó por análisis aerofotográfico y cartográfico. Se revisó el informe epidemiológico para enfermedades de transmisión hídrica: síndrome diarreico correspondiente a los años 1998, 1999, 2000, y 2001. La concentración de coliformes fecales y totales cla-



sifica las aguas como 2B y 2A (MARNR, 1995) respectivamente, no aptas para el consumo humano (MSAS, 1998) y requieren potabilización. Los acueductos rurales poseen alto riesgo de contaminación. Los asentamientos agropecuarios se han duplicado desde 1984 hasta 2002 en las cuencas altas. Se incrementó en 300 % la morbilidad del síndrome diarreico por contaminación del agua y/o alimentos, durante el primer semestre del 2000. Por ello, debe promoverse la Educación Sanitaria y Ambiental en la población, la vigilancia, el control y el monitoreo permanente de estos cursos de agua.

Palabras clave: ciencias de la tierra; educación ambiental; riesgo sanitario; hidrología.

MICROBIOLOGIC WATER QUALITY AND SANITARY RISK IN TWO RURAL AQUEDUCTS IN THE VARGAS STATE, VENEZUELA

Summary

The hidrometeorological event of 1999 brought to a collapse the water supply for the Vargas State. Such situation forced the inhabitants of the region, the basin of the rivers Osorio and Piedra Azul, to a total dependence on the non purified superficial waters carried by rural aqueducts. The present research had three objectives: to determine the microbiological quality of the water and identify possible sources of anthropic contamination; to describe the aqueducts place on both rivers; and to determine the levels of sanitary risks. To obtain the indexes of water purity the Filtering Membrane method was used. The risk levels of the rural aqueducts were determined using the formulas published by the World Health Organization. The physical location of the contamination sources was established by aero-photographic and cartographic analysis. The epidemiological report was consulted to gather information on

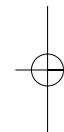
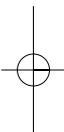




*Yolanda Barrientos, Carlos Suárez, Henry Pacheco, Simón Ruiz, Belkys Devia,
Ysley Perdomo*

diseases transmitted through water: diarrheic syndrome in the years 1998, 1999, 2000, y 2001. The concentration of fecal and total coliforms classifies the water as 2B y 2A (MARNR, 1995), respectively, not apt for human consumption (MSAS,1998) and therefore requiring purification. Rural aqueducts have a high contamination risk. Rural settlements have doubled from 1984 to 2002 in the high basin area. The mortality rate due to the diarrheic syndrome through water or food contamination has increased 300% during the first semester of 2000. As a result actions must be taken in three areas: promoting Environmental and Sanitary Education in the population, constant vigilance and control of the water quality, and permanent monitoring of the water courses.

Key words: earth sciences, environmental education, sanitary risk, hydrology.





Introducción

Los desastres naturales (hidrometeorológicos y geológicos) causaron más de 656.598 muertes entre los años 1991-2000, lo cual representa el 88 % de mortalidad causada por desastres a nivel mundial. En el caso de Venezuela el total de fallecidos y afectados por esta causa fue de 69.597 como promedio para la década indicada. El evento que afectó la zona centro-norte-costera de Venezuela en diciembre de 1999, causó 30.000 muertes y entre 80.000 -100.000 personas afectadas en el estado Vargas. (International Federation of Red Cross, 2001).

Esta situación condujo a algunos sectores de la población del estado Vargas, en especial a los emplazados en las partes altas de las unidades del abanico aluvial, a la utilización de los cursos de agua superficiales como fuentes de abastecimiento, independientemente de las condiciones de potabilidad de las mismas.

El Decenio Internacional del Agua Potable y de Saneamiento Ambiental (1981-1990) declarado por la UNESCO, centró sus acciones en la vigilancia y mejoramiento de los sistemas de abastecimiento de agua para pequeñas comunidades (OMS,1998). Sin embargo, todavía la gestión de los recursos hídricos ha sido precaria por parte de las comunidades, a través de instalaciones como son los acueductos rurales y los tanques de almacenamiento de agua.

Se han convertido así los cursos de aguas superficiales, ríos o quebradas, en una de las principales fuentes de alimentación de los acueductos comunitarios. Por esta razón, son susceptibles de una mayor exposición a niveles de contaminación fecal, entre otras, con detrimento de calidad de las aguas que ameritan tratamiento y desinfección, limitados muchas veces, por razones técnicas, en la vigilancia y el mantenimiento de los sistemas de abastecimiento local.





*Yolanda Barrientos, Carlos Suárez, Henry Pacheco, Simón Ruiz, Belkys Devia,
Ysley Perdomo*

La vigilancia y el control de la calidad del agua deben ser parte de un programa de investigación y de inspección sanitaria que abarque desde el análisis periódico de muestras de las fuentes de agua, la conducción, las plantas de tratamiento, los depósitos de almacenamiento, la distribución y la toma de decisiones para implementar las medidas correctivas oportunas (OMS, 1998).

Venezuela es un país en vías de desarrollo que no escapa al problema del abastecimiento de agua potable a comunidades muy puntuales. Desde la colonia, la población de Caracas consumía agua de ríos y quebradas provenientes del Cerro El Ávila. En aquellos tiempos la principal surtidora era la quebrada Catuche y luego Macarao. Al aumentar la población, la producción natural de agua en el valle de Caracas (1.000 L/seg) fue insuficiente y se comenzó a traer de ríos distantes como el Tuy y Guárico (Guevara 1998).

En el estado Vargas, tradicionalmente el aprovechamiento de los cursos de agua superficial de mayor rendimiento han sido los ríos Macuto, San Julián, Cerro Grande, Naiguatá y Camurí (Amend, 1991). Los ríos Osorio y Piedra Azul han servido también como fuente de abastecimiento aunque en menor escala, a las poblaciones ubicadas en las zonas altas de la Parroquia Maiquetía (Barrio El Rincón - Quebrada Seca) y La Guaira (Barrios La Toma, Pueblo Nuevo, Cabrería, Caja de Agua y Guamacho), conformando acueductos de tipo rural, según el criterio establecido en la Ley Orgánica para la Protección de Agua Potable y Saneamiento (Gaceta Oficial N° 5568 2001). En el Título V, Capítulo de los Acueductos Rurales, Artículo 40, se establece que un acueducto rural es el que atiende entre 200 y 2.500 habitantes.

En diciembre de 1999 se paralizó totalmente el sistema de distribución de agua potable Puerto Maya-Picure, que cubre las zonas centro y este del estado Vargas, desde Arrecife hasta La Guaira, y el





CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA Y RIESGO SANITARIO DE DOS ACUEDUCTOS RURALES EN EL ESTADO VARGAS, VENEZUELA

sistema Naiguatá que surte las zonas centro y oeste, desde La Guaira hasta Naiguatá; igualmente el sistema de aducción Caracas-Litoral fue altamente afectado a lo largo de su recorrido por los movimientos en masa. Todos los sistemas de distribución colapsaron, de 1.300 L/seg antes de la tragedia, el suministro quedó reducido a 0 L/seg. (Grases et al., 1999; Urso, 2000)

Según el CENSO 2000, entre los servicios básicos afectados por parroquia en el estado Vargas, se identifica al agua potable como el que alcanzó el mayor porcentaje total (44,5%) de inoperancia por parroquia. Situación ésta que se hizo crítica en la parroquia Maiquetía con un 56 % de interrupción del servicio con respecto a electricidad, teléfono, gas y cloacas (OCEI, 2000). Como medida remedial fue necesaria la intervención de organismos internacionales como la Oficina de Asistencia para Desastres del Gobierno de los Estados Unidos USAID (OFDA) y la Cruz Roja, ésta última aportó hasta octubre de 2000 más de 2.000.000 L de agua dulce diariamente en los estados Vargas, Miranda y Falcón; igualmente reconstruyeron acueductos e instalaron plantas potabilizadoras y desalinizadoras. Esto refleja un cambio en las políticas de la Cruz Roja, al considerar el agua potable y el saneamiento ambiental como prioridades postdesastres. (IFRC-RCS 2001)

Pocos estudios han sido realizados en el estado Vargas sobre la hidroquímica de sus cursos de agua; entre algunos de ellos cabe mencionar los llevados a cabo en río Caruao (Urbani, 1969); río Chichiriviche (Urbani, 1969; 1981) y manantiales de los ríos: Ocumarito y Anare (Urbani 2000), pero sin consideraciones sobre análisis bacteriológicos. Adicionalmente, Castro *et al.*, (1996), y Castro y Pérez (1997) analizaron las concentraciones del gas radón disuelto en el agua de varios ríos, acueductos y grifos caseros del estado Vargas.





*Yolanda Barrientos, Carlos Suárez, Henry Pacheco, Simón Ruiz, Belkys Devia,
Ysley Perdomo*

La presente investigación tiene como objetivo general caracterizar la calidad microbiológica del recurso agua para el consumo y la gestión del mismo, en dos localidades rurales del estado Vargas, ubicadas en las partes bajas de las cuencas de los ríos Piedra Azul y Osorio; y como objetivos específicos:

- Determinar la calidad del agua en función de los indicadores microbiológicos de potabilidad en los puntos de captación de los acueductos rurales.
- Caracterizar las instalaciones de los acueductos rurales de los ríos Osorio y Piedra Azul, que surten de agua para el consumo humano a un sector no menor de 5.000 habitantes en el estado Vargas.
- Estimar el nivel de riesgo de las instalaciones de los acueductos rurales y la calidad sanitaria del agua, mediante el uso de formularios diseñados por la OMS (1998).
- Analizar el uso actual del espacio en las cuencas altas de los ríos Osorio y Piedra Azul, estado Vargas y su posible influencia en la calidad de las aguas de consumo humano.
- Analizar la data epidemiológica relacionada con enfermedades de transmisión hídrica: síndrome diarréico en las parroquias La Guaira y Maiquetía.

Características físico-geográficas del área de estudio

El área de estudio comprende las cuencas de los ríos Osorio y Piedra Azul, ubicadas en la vertiente norte del Macizo del Ávila, y bajo la jurisdicción político-administrativa del Área Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE) conocida como “Parque Nacional El Ávila” (Figura 1).

La cuenca del río Piedra Azul esta definida por las coordenadas: 66°54'05” de longitud oeste, 10°32'16” y 10°35'55” de latitud





norte. La cuenca del río Osorio se ubica en las coordenadas: 66°55'46" longitud oeste y 10°35'59" latitud norte.

En las cuencas afloran rocas metamórficas e ígneas correspondientes a las fajas geológico-tectónicas Asociación Metamórfica La Costa (conformada por las unidades litodémicas Esquisto de Tacagua, Serpentinita y Anfibolita de Nirgua) y Asociación Metamórfica Ávila (compuesta por las unidades litodémicas Complejo San Julián y Augengneis de Peña de Mora) (Urbani *et al.*, 2000).

Los ríos Osorio y Piedra Azul discurren en la mayor parte de su recorrido por cañones rocosos o lechos profundos encajados en la topografía montañosa, para luego escurrir finalmente, en la parte baja de las cuencas, sobre los aluviones de los abanicos.

La condensación y las precipitaciones en las cumbres de El Ávila proporcionan el caudal de los ríos, el cual tiende a disminuir, e incluso a desaparecer por flujo subterráneo, cuando entran en el relleno aluvional de las llanuras de inundación y abanicos. Los caudales máximos estimados para los ríos Osorio y Piedra Azul son 76 y 187 m³/seg respectivamente (Grases *et al.*, 2000). Las aguas de estos ríos han sido utilizadas para el consumo humano por los pobladores de las parroquias La Guaira y Maiquetía, especialmente de los sectores más distantes de la costa.

Las cuencas de los ríos Osorio y Piedra Azul presentan un clima modificado por los efectos de la altitud, desde semi-árido en las franjas costeras septentrionales, hasta un clima con presencia de niebla en los topes orográficos cerca de los 2.000 m (Suárez e Iztúriz, 2002). Según la clasificación de Koeppen la zona de estudio posee un clima tipo Bs (semiárido). El régimen pluviométrico es de carácter unimodal con sus máximas en los meses noviembre y diciembre y otras de menor magnitud en junio y julio (Estación FAV





*Yolanda Barrientos, Carlos Suárez, Henry Pacheco, Simón Ruiz, Belkys Devia,
Ysley Perdomo*

Aeropuerto Maiquetía). Los promedios anuales de precipitación fluctúan entre 555 mm y 961 mm. La temperatura promedio anual es de 26°C (González, 2001).

En cuanto a la vegetación dominante, en el flanco norte de la serranía del litoral, es heterogénea conformada por formaciones herbáceas, arbustivas y árboles. Particularmente se localiza vegetación litoral entre 0 y 150 m.s.n.m., cardonales y espinares entre los 150 y 600 m.s.n.m., bosques deciduos a 600 y 1050 m.s.n.m., bosques semideciduos a los 1050 y 1500 m.s.n.m y bosques siempreverdes entre 1500 y 2400 m.s.n.m (Atlas Polar, 1996).

Los suelos presentes en el área de estudio son del orden Entisol e Inceptisol, poco evolucionados, con espesores mínimos debido a la dominancia de pendientes pronunciadas, según datos proporcionados por la Dirección de Geografía y Cartografía de las Fuerzas Armadas (DIGECAFA, 2000).

Estudios previos realizados por Amend (1991), Monedero y Gutiérrez (2001) reportan varios niveles de antropogenización para uso urbano, recreativo y agrícola dentro del Parque Nacional “El Ávila”, particularmente en las cabeceras de los cursos de agua, cubriendo estas actividades unas **1.243 Ha** en todo el parque, de las cuales unas **135 Ha** se ubican en la cuenca alta del río Piedra Azul; existiendo altos niveles de vulnerabilidad a regímenes de perturbación derivados de su morfología y contexto geográfico, influenciados por sostenidos procesos de intervención a las áreas con cobertura de bosques medios, matorrales y sabanas.

Los desarrollos agropecuarios a los cuales nos referiremos se identifican como El Peñón, El Palmar, Los Flores, Gato Negro, Castillo Blanco y Castillo Negro, así como otras haciendas que drenan sus aguas servidas a la cuenca media del río a través de la quebrada





Santa Rita y Dos Ríos tributarios del río Grande y éste a su vez del río Piedra Azul, ocasionando un problema de salud pública, si tomamos en cuenta que estas aguas son consumidas crudas sin tratamiento convencional alguno, por la población ubicada en zonas altas de la parroquia Maiquetía.

Materiales y Métodos

- **Recolección y análisis de las muestras de agua:**

El muestreo se realizó mensualmente en el período agosto 2001-Julio 2002. Las muestras de agua para el estudio microbiológico sobre indicadores de potabilidad, se colectaron en botellas de vidrio estériles, de 300 mL de capacidad. Para el río Piedra Azul se tomaron las muestras de agua directamente en la base de una cascada a 142 msnm, donde el agua es almacenada por un pequeño dique. En el caso del Río Osorio las muestras de agua se recolectaron de la manguera de aducción, a 182 msnm. Las muestras de agua se refrigeraron y se transportaron hasta el Laboratorio La Mariposa - HIDROCAPITAL sector Las Mayas, estado Miranda para su análisis. Se utilizó la técnica de filtración por membrana según APHA (1985), para la determinación de los organismos indicadores de potabilidad y calidad sanitaria del agua.

- **Evaluación de riesgos en los acueductos rurales:**

Para los fines de esta investigación se consideran acueductos rurales, las tomas y distribución de aguas superficiales sin tratamiento de potabilización adecuado y administrados por la comunidad. Se emplearon los formularios WHO96585 y WHO96586-S, para la inspección sanitaria de los abastecimientos de agua, elaborados por la OMS (1998). Estos formularios, fueron reproducidos y dis-





*Yolanda Barrientos, Carlos Suárez, Henry Pacheco, Simón Ruiz, Belkys Devia,
Ysley Perdomo*

tribuidos de la siguiente manera: (2) por los cuidadores de ambos acueductos rurales, (4) entre los miembros de las asociaciones de vecinos y (2) en los investigadores.

- **Evaluación sanitaria del agua presente en los acueductos:**

Se utilizó la metodología sugerida por la OMS (1998) en una matriz de doble entrada (WHO96547/S) con los valores de riesgos de los acueductos rurales en una escala de 1 – 10 y los conteos de coliformes fecales (NMP/100 mL.) en cinco categorías, tipificadas en letras y colores (A/azul, B/verde, C/amarillo, D/anaranjado, E/rojo), donde el azul representa el mínimo riesgo y el rojo el máximo. De esta manera el resultado de cada análisis microbiológico se clasificó en una categoría identificada por colores, niveles de riesgo y prioridad de atención sobre el acueducto.

- **Análisis Cartográfico:**

Se revisaron los materiales cartográficos, que cubren el área de estudio, según se detalla a continuación, en orden cronológico : Mapa 6847 a escala 1:100.000 del año 1969, mapa 6847-IV-SO a escala 1:25.000 del año 1979, mapa D-43 a escala 1:5.000 del año 1984, ortofotomapa 6847-IV-SO a escala 1:25.000 del año 1994 y las aerofotos 3225, 3226, 3227 de marzo de 1999 y las 800, 801 y 802 de diciembre del mismo año a escala 1:5000 de la misión 030602 y las 676, y 678 de febrero de 2002 a escala 1:25.000 de la misión 0304193 del Instituto Geográfico de Venezuela “Simón Bolívar”

Para el análisis y tratamiento cuantitativo de la superficie intervenida en los distintos años de la cobertura cartográfica, se recurrió a



la aplicación de un Sistema de Información Geográfica (SIG), siendo necesario en primer lugar, convertir la información de formato analógico a formato digital a través del escaneado, y luego con el software ARCVIEW 3.2 se georeferenciaron y editaron los polígonos de intervención para el posterior análisis estadístico. Hay que destacar que para el caso del ortofotomapa del año 1994, se utilizó la versión en formato digital adquirida en el Instituto Geográfico de Venezuela “Simón Bolívar”.

- Análisis epidemiológico relacionado con enfermedades de transmisión hídrica síndrome diarreico: la permanente utilización de aguas superficiales de baja calidad sanitaria, para fines de consumo humano en las zonas altas de las Parroquias Maiquetía y La Guaira, planteó la necesidad de revisar el Informe Mensual de Epidemiología EPI-15 (Ministerio Salud y Desarrollo Social - Dirección General de Epidemiología y Análisis Estratégico), para los años 1998, 1999, 2000 y 2001 en lo relacionado a enfermedades de transmisión hídrica. Se seleccionó el síndrome diarreico en varios grupos etarios (menor de 1, 1-4, y mayores de 5 años), con la finalidad de poder compararlos con reportes elaborados por el MSDS-Vargas-OMS. Se tomaron en cuenta el número absoluto de casos mensuales y totales anuales.

Resultados y discusión

1. Organismos indicadores de calidad sanitaria:

El análisis microbiológico realizado a las 18 muestras, recolectadas 9 en cada río, resultó 100% positivo con relación a la presencia de coliformes fecales y totales.

En ambos ríos, las zonas de captación identifican aguas del Subtipo 2A según el límite o rango máximo de organismos coliformes tota-



*Yolanda Barrientos, Carlos Suárez, Henry Pacheco, Simón Ruiz, Belkys Devia,
Ysley Perdomo*

les y del Subtipo 2B según el límite o rango máximo de organismos coliformes fecales, y organismos heterotróficos. Estos subtipos definen aguas que pueden ser acondicionadas por medio de tratamientos convencionales de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y cloración (MARNR, 1995; MSAS, 1998). A su vez las tipifican como no aptas para el consumo humano y que deben ser sometidas a tratamiento de potabilización, si van a ser destinadas para tal fin.

Los resultados presentados evidencian que los acueductos rurales ubicados en los ríos Osorio y Piedra Azul del estado. Vargas, distribuyen agua para el consumo humano con cargas de coliformes totales que superan el valor establecido en las Normas de Calidad del Agua Potable en Venezuela, y la presencia permanente de coliformes fecales y totales y organismos heterotróficos en todas las muestras consecutivas analizadas (ver Cuadro 1). Por lo tanto se determinó un nivel alto de intervención humana y animal por contaminación fecal en las cuencas alta y media de ambos ríos.

En la Figura 2, se presentan las fluctuaciones mensuales en las densidades de los organismos indicadores de calidad sanitaria, conjuntamente con los valores de precipitación total mensual para los años 2001-2002. Se observa una evidente correlación entre los montos pluviométricos y la distribución estacional de los coliformes fecales en particular. Este hecho evidencia la existencia de factores de dispersión para estos patógenos relacionados con los incrementos de caudales, producto de las precipitaciones y la escorrentía. La distribución y el transporte de agentes patógenos a lo largo de la cuenca del río Piedra Azul podrían representar incrementos en la morbilidad por enfermedades de transmisión hídrica. Los patrones de dispersión de patógenos en distintas cuencas hidrográficas australianas han sido reportados por Ferguson *et. al.*, (2003).





La descarga directa de excretas en la parte alta de la cuenca del Parque Nacional El Ávila-Vertiente Norte, no parece estar aliviada por los mecanismos autorreguladores del flujo de agua, y se requiere de la implementación de un programa de saneamiento ambiental para poder abastecer de agua potable a estas comunidades, por lo tanto debería prohibirse la utilización de agua cruda para el consumo humano y otras actividades domésticas.

Estudios realizados en la cuenca alta del río Tuy (estado Miranda) por Mogollón *et al.* (1993) y Barrientos *et al.* (2000), demuestran como se han incrementado las influencias antrópicas con efectos directos, medidos en la calidad del agua de numerosos afluentes primarios de esta cuenca.

2. Características de las instalaciones de los acueductos rurales:

- **Zona de Captación:** la captación de las aguas superficiales en ambos casos se realiza directamente del río, aprovechando el desnivel o caída de las aguas en forma de cascadas. Se utilizan mangueras plásticas negras de PVC de 6 pulgadas de diámetro (15 cm), colocadas en el fondo de pequeños diques de represamiento construidos con rocas y bolsas de arena. Poseen mallas protectoras en la parte proximal de las mangueras para retener sedimentos y cualquier otro tipo de sólidos.
- **Almacenamiento para tratamiento y desinfección:** las aguas superficiales del río Osorio captadas son almacenadas en un tanque encementado y sin techo protector. Las aguas son tratadas con hipoclorito de calcio, dos veces por semana, donado por HIDRO-CAPITAL (Vargas). Un cuidador permanente realiza un mantenimiento diario de las instalaciones. En el caso del río Piedra Azul se cuenta con un cuidador que realiza solamente el mantenimiento de las instalaciones, no se almacena el agua ni se desinfecta, y sus servicios son pagados por la comunidad.





*Yolanda Barrientos, Carlos Suárez, Henry Pacheco, Simón Ruiz, Belkys Devia,
Ysley Perdomo*

- **Distribución:** la manguera de aducción transporta el agua a cada una de las zonas pobladas; en el caso del río Piedra Azul recorre una distancia de 1,5 Km hasta el barrio El Rincón en Maiquetía, y presenta numerosos escapes de agua en su trayectoria. Para el río Osorio el recorrido es menor a 1 Km, sigue la ruta de antiguas acequias coloniales y a partir del tanque de desinfección, se conecta la tubería plástica a una metálica del mismo diámetro.

3. Evaluación de riesgo de los acueductos rurales:

- Las respuestas suministradas por las personas seleccionadas para realizar la evaluación y la inspección sanitaria de estos acueductos rurales determinaron un valor de 8 puntos que corresponde a un riesgo muy alto de contaminación de las instalaciones según la escala de puntuación de la OMS (1998). Es importante señalar que los criterios de evaluación especificados en los formularios para el tipo de instalación canalizada y fuente de superficie-extracción, resultaron de difícil respuesta en muchos de sus aspectos debido a las características particulares de estos acueductos rurales, en cuanto al diseño rústico de los mismos. A pesar de los cambios estacionales en el flujo de agua, ambos ríos son de régimen permanente por lo menos hasta las zonas de captación ya que a partir de éstas, las aguas se infiltran en la cuenca baja hasta su desembocadura en el mar, como es el caso del río Piedra Azul. Ambas instalaciones cumplen con el criterio de ser sistemas de aguas públicas por suministrar agua a más de 25 individuos o tener más de 15 conexiones (McGhee, 1999).
- **Evaluación sanitaria del agua presente en los acueductos:** el análisis de la matriz de doble entrada, en cuanto a calidad sanitaria del agua de los acueductos rurales, ubican a los mismos en los niveles de riesgo muy alto y de acción urgente. Simultáneamente la carga microbiológica por coliformes fecales es muy alta duran-





te todo el año con fluctuaciones entre las categorías E-D-C, con un 50% de las muestras de agua ubicadas en la categoría D, y con contenidos de coliformes fecales entre 100 -1000 NMP/100 mL. Por lo tanto ambos acueductos poseen altos niveles de contaminación fecal y grados de riesgo. En el caso del río Osorio la contaminación fecal es similar a la del río Piedra Azul, donde ningún contenido de coliformes fecales se ubicó en la categoría C.

- **Análisis epidemiológico relacionado con enfermedades de transmisión hídrica:** los deslizamientos ocurridos en diciembre de 1999 destruyeron más del 70% de los sistemas de aguas residuales y causaron graves daños al sistema de abastecimiento y distribución de agua potable. La falta de saneamiento ambiental y agua potable se constituyeron en las principales fuentes de riesgo para la salud por enfermedades transmisibles desde el punto de vista hídrico, tanto por vía oral como por vectores (IFRC-RCS 2001).
- Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS, 2003) en el estado Vargas para la semana 52 del año 1999 en diciembre y para la semana 1 del año 2000, el mayor número de consultas médicas correspondió al síndrome respiratorio, dermatitis, síndrome viral y conjuntivitis. Sin embargo, para la semana 2 del año 2000 el síndrome diarréico fue la primera causa de morbilidad, seguida por el síndrome dermatológico y viral.
- Con la finalidad de conocer la influencia del desastre de Vargas 1999 en las cifras de morbilidad preexistente para las enfermedades de transmisión hídrica seleccionadas, se analizó el número total de casos durante los años 1998, 1999, 2000 y 2001. El análisis de la parroquia Maiquetía indica que anterior al desastre (años 1998 y 1999), existía una condición de morbilidad traducida en 1.477 casos de enfermedades de transmisión hídrica, específicamente el síndrome diarréico; en contraste para el año 2000



*Yolanda Barrientos, Carlos Suárez, Henry Pacheco, Simón Ruiz, Belkys Devia,
Ysley Perdomo*

las enfermedades referidas presentaron un total de 4.310 casos, lo cual significa un incremento cercano al 300%; esta situación se mantuvo relativamente constante en los primeros siete meses del año, para luego disminuir progresivamente. Para los años 2001 y 2002 la morbilidad por estas enfermedades hídricas presentó una tendencia similar a la de los años 1998 y 1999. En el caso de la parroquia La Guaira el síndrome diarréico registró 366 casos entre 1998-1999, 1.403 casos en el año 2000 y 1.104 en el 2001, lo que indica un incremento del 400% en la morbilidad preexistente.

- Los cambios detectados en los porcentajes del síndrome diarréico en ambas parroquias están asociados a la desarticulación e interrupción de los servicios públicos, desplazamientos poblacionales (OPS/OMS, 2003) y la utilización mayoritaria de fuentes de abastecimiento superficiales de aguas no tratadas, como es el caso de los acueductos rurales de los ríos Osorio y Piedra Azul. En relación con el último aspecto discutido, esta investigación demuestra que los cursos de agua superficiales presentan contaminación microbiológica por descargas puntuales y no puntuales de materia fecal proveniente de animales y humanos, en las cuales están presentes microorganismos patógenos causantes de muchos tipos de enfermedades, tal como lo reportan Quintero y Botero de Ledesma (1998) y León et al., (2002) para las aguas que surten a la ciudad de Maracaibo (Venezuela), e Isaac y Lezama (2000) en el sistema de distribución del agua de Bécal (México), y Puerto et al. (1999) en ocho puntos críticos de la red de distribución y cisternas de transporte en las localidades de Puente Grande y Plaza (Cuba).

4. Causas probables de la contaminación microbiológica en las cuencas estudiadas:

El análisis cartográfico de la cuenca alta del río Piedra Azul muestra intervención antrópica, dedicada a actividades agropecuarias. Las



mediciones de las áreas intervenidas permiten detectar cambios de 70, 135, y 150 Ha para los años 1984, 1994, y 2002 respectivamente (ver Cuadro 2). Esto indica que a pesar de ser la cuenca alta parte del ABRAE “Parque Nacional El Ávila”, las actividades antrópicas se han incrementado considerablemente y actualmente representan más del 10% de las **1.243 Ha** intervenidas dentro de todo el parque reportadas por Monedero y Gutiérrez (2001), acotando que existen varios niveles de intervención distribuidos en usos urbano, recreativo y agrícola, lo cual genera elevados índices de vulnerabilidad a regímenes de perturbación derivados de su morfología y contexto geográfico, influenciados por los sostenidos y crecientes procesos de intervención en las áreas de cobertura de bosques medios, matorrales y sabanas como es el caso de los asentamientos: El Peñón, El Palmar, Los Flores, Gato Negro, Castillo Blanco y Castillo Negro, así como otras haciendas que drenan sus aguas servidas a la cuenca media del río a través de las quebrada Santa Rita y Dos Ríos tributarios del río Grande, afluente del Río Piedra Azul.

Sin lugar a dudas, estos resultados evidencian las descargas de excretas animales y humanas en el agua del río Piedra Azul a lo largo de su cuenca alta y media, debido fundamentalmente a desarrollos pecuarios de ganado vacuno y porcino en los asentamientos reportados en este estudio, ubicados entre los 1.200 y 1.800 msn con el agravante que esta fuente de agua superficial está siendo utilizada cruda sin ningún tipo de procedimiento convencional de potabilización para el consumo humano, sin menoscabo del problema sanitario y calidad de vida que esto representa para las comunidades involucradas.

Conclusiones

- Las aguas de los ríos Osorio y Piedra Azul han sido utilizadas, antes y después del evento hidrometeorológico de 1999, por los



*Yolanda Barrientos, Carlos Suárez, Henry Pacheco, Simón Ruiz, Belkys Devia,
Ysley Perdomo*

habitantes en las partes altas de las parroquias La Guaira y Maiquetía, sin tratamiento de potabilización (Río Piedra Azul) o deficientemente tratadas (Río Osorio).

- La evaluación de riesgo de estos acueductos rurales resultó negativa por lo precario y deficiente de las instalaciones, lo que determina problemas de salud pública y calidad de vida de los habitantes.
- Las aguas de los ríos Osorio y Piedra Azul no son aptas para el consumo humano, debido a que los valores medios obtenidos de los organismos indicadores de potabilidad, superaron los estándares establecidos por la normativa legal venezolana e internacional.
- Las superficies intervenidas por asentamientos agrícolas, en las partes altas de las cuencas estudiadas, se han duplicado durante el período 1969-2002, constituyendo una de las causas de contaminación fecal de las aguas superficiales.
- La contaminación fecal de estas aguas incide en la ocurrencia de enfermedades hídricas, incrementándose la morbilidad preexistente del síndrome diarreico, hasta un 400 % en los primeros 6 meses del año 2000, como consecuencia del colapso del servicio de agua potable, la ausencia de saneamiento ambiental y la dependencia de aguas superficiales para el abastecimiento humano en los sectores altos de ambas parroquias.

Recomendaciones

- Desarrollar programas de control y vigilancia para los cursos de aguas superficiales de estas cuencas hidrográficas por parte del gobierno local y grupos comunitarios, a fin de frenar el deterioro actual de la calidad del recurso hídrico, considerando su demanda por una población que supera los 3.000 habitantes.

- Implementar barreras múltiples para el tratamiento de estas aguas si continúan utilizándose para el consumo humano.
- Reforzar la vigilancia y el control del Área Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE) “Parque Nacional El Ávila”, para adecuar su uso a lo establecido en la normativa legal vigente.
- Diseñar y ejecutar campañas educativas relacionadas con la problemática de salud y el consumo de agua no potable en estas parroquias.

Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración prestada, en los trabajos de campo realizados, a Carlos Parra, Ernesto Rada, José Eraso, Nora de Díaz, Régulo Díaz y Gustavo González; igualmente el apoyo logístico brindado por la Unidad de Transporte del Instituto Pedagógico de Caracas y al Dr. Jesús Oviedo, Director de Epidemiología, La Guaira, Estado Vargas. La presente investigación fue financiada por el proyecto UPEL-FONACIT S1:2000000648.

Referencias

- Amend, S. (1991). *Parque Nacional El Ávila. Parques Nacionales y Conservación Ambiental (2)*. Caracas: Torino.
- APHA – American Public Health Association. (1985), *Standard Methods of Water and Waste Water*. 15th Edition: Washington.
- Allaby, A. y Allaby, M. (1991). *The concise Oxford dictionary of earth sciences*. England: Oxford Press.
- Atlas Polar. (1996). *Imágenes de Venezuela*. Caracas: Fundación Polar.

Yolanda Barrientos, Carlos Suárez, Henry Pacheco, Simón Ruiz, Belkys Devia,
Ysley Perdomo

- Barrientos, Y., Ruiz, S., Iztúriz, A. y Devia, B. (2001). Análisis Hidroquímico del Río Piedra Azul. Edo. Vargas. IX Jornada Anual de Investigación. UPEL-IPC. (Resumen).
- Barrientos, Y., González, D. y Urbani, F. (2000). Estudio Hidroquímico de los manantiales Cumbotico y Cumbote. Colonia Tovar. Estado Aragua. *Ecotrópicos*, 13(2): 81-88.
- Castro, D., Palacios, D., Sajo-Bohus, L. y León, P. (1996). Radón en Fuentes de Agua Potable y Ríos del Litoral Central. *Atlántida*, 38, 95-100.
- Castro, D., Palacios, D. y Pérez, M. (1997). Monitoreo de radón en agua y sus relaciones con la salud en el Litoral Central. D.F. (Resumen) 118p Ponencia Presentada en la IV Congreso Interamericano sobre el Medio Ambiente. USB-CONICIT.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). (1985). *El agua potable envasada: requisitos* (1431) Caracas: Fondo Norma.
- Dirección de Geografía y Cartografía de las Fuerzas Armadas (DIGECAFA). (2000). *Vargas realidad de una tragedia*. Caracas: Autor.
- Ferguson, C., Husman, A., Altavilla, N., Deere, D. y Ashbolt, N. (2003). Fate and Transport of Surface Water Pathogens in Watersheds. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 33: 299-361.
- González, Z. y Rodríguez, R. (2001). *Estudio Morfométrico de la Cuenca de la Quebrada Piedra Azul, estado Vargas, Venezuela. Proyecto en ciencias de la tierra*. Trabajo no publicado, Instituto Pedagógico de Caracas, Caracas.
- Guevara, R. (1998). Cómo se produce el agua para Caracas. En *Agua para la vida*. Caracas: UCAB Fundación Ecológica Pampero.
- Grases, J., Amundaray, J., Malaver, A., Feliziani, P., Francesca, L. y Rodríguez, J. (2000). *Efectos de las lluvias caídas en Venezuela*. Caracas: PNUD-CAF-UCAB Publicaciones.

CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA Y RIESGO SANITARIO DE DOS ACUEDUCTOS RURALES EN EL ESTADO VARGAS, VENEZUELA

- International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies. (2001). *World Disasters Report 2001*. International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies. Geneva, Switzerland.
- Isaac, A. y Lezama, C. (2000). Calidad sanitaria del agua para el consumo humano en una comunidad rural de México. *Acta Científica Venezolana* 49, 187- 192.
- León, D., Botero, L. y Valero, N. (2002). Detección de enterovirus, colifagos y bacterias indicadoras de contaminación en aguas residuales y aguas tratadas de un sistema de lagunas de estabilización. *CIENCIA*, 10(3), 224-235.
- McGhee, T. (1999). *Abastecimiento de Agua y Alcantarillado*. sexta edi. Santa Fe de Bogotá, Colombia: McGhee Interamericana.
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). (1997). *Léxico Estratigráfico de Venezuela*. Publicación Especial N° 12. Dirección General Sectorial de Servigeomin. Dirección de Geología. Caracas: Autor.
- Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR). (1983). *Mapa de la Vegetación de la Actual Venezuela*, Caracas.
- Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. (MARNR). (1995). *Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Aguas y Vertidos o Efluentes Líquidos*. Gaceta Oficial. N° 5021, Caracas.
- Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARNR). (2001). *Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de agua Potable y Saneamiento*. Gaceta Oficial N° 5568 Extraordinario. 31.12.2001, Caracas.
- Ministerio de Sanidad y Asistencia Social. (1998). *Normas Sanitarias de Calidad de Agua Potable*. Gaceta Oficial N° 36.395: Caracas.
- Mogollón, J., Ramírez, A., García, B. y Bifano, C. (1993). *Uso de los parámetros físico-químicos de las aguas fluviales como*

Yolanda Barrientos, Carlos Suárez, Henry Pacheco, Simón Ruiz, Belkys Devia,
Ysley Perdomo

- indicadoras de influencias naturales y antrópicas. Interciencia, 18(5), 249-254.*
- Monedero, C. y Gutiérrez, M. (2001). Análisis cuantitativo de los patrones espaciales de la cobertura vegetal en el geosistema Montañoso Tropical El Ávila. *Ecotrópicos, 14(1)*.
- Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud. (2003). *Estado Vargas: situación de salud*. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.ops-oms.org.ve/desastres/vigilancia/Inf-especial2/>. Consultado: Abril, 2003.
- Organización Mundial de la Salud OCEI (2000). *Guía para la Calidad del Agua Potable*. N° 506.
- Organización Mundial de la Salud OCEI (2000). Guía para la calidad del agua potable. 2da Edición, Volumen 3: Ginebra.
- Puerto, A. del., Rojas, C. y Iglesias, A. (1999). Calidad del agua y enfermedades de transmisión digestiva. *Revista Cubana Medicina General Integral, 15(5): 495- 502.*
- Quintero, W. y Botero de Ledezma, L. (1998). Presencia de Protozoarios y Bacterias Indicadoras en el Agua de la Ciudad de Maracaibo. *CIENCIA 6(2): 100-111.*
- Servicio de Meteorología Fuerza Aérea Venezolana (SEME-FAV).(1995). *Almanaque Anual*. Caracas.
- Suárez, C. e Iztúriz, A. (s/a). Memoria (C.D.) Características del curso de los ríos Piedra Azul y Osorio, estado Vargas, Venezuela. II Seminario Latinoamericano de Geografía Física. Maracaibo, Venezuela.
- Urbani, F. (1969). Notas preliminares sobre algunas fuentes de aguas termales de la Cordillera de la Costa. *Boletín de la Sociedad de Geólogos IV (3): 21-44.*
- Urbani, F. (1981). Las fuentes termales de Chichiriviche, Distrito Federal. *Geos, 3: 55-57.*
- Urbani, F., Rodríguez, J., Barboza, L., Rodríguez, S., Cano, V., Melo, L., Castillo, A., Suárez, J., Vivas, V. y Fournier, H. (2000). Geología del Estado Vargas, Venezuela. En *Los*

Aludes Torrenciales de Diciembre 1999 en Venezuela.
Caracas: UCV/ Facultad de Ingeniería.

Urbani, F. (2000). Informe preliminar de la visita al estado Vargas para estudiar las “presuntas aguas termales” surgidas a partir del evento catastrófico de los días 15 y 16 de diciembre de 1999. En J. Grases; J. Amundaray., A. Malaver., P. Feliziani., L. Franceschi. y J. Rodríguez (Comps.). *Efectos de las lluvias caídas en Venezuela” en Diciembre de 1999.* Caracas: PNUD–CAF–CAB Publicaciones.

Urso, C. (2000). Agua en tiempos de emergencia. *Vital*, 2(7), 27.

CUADROS Y GRÁFICOS

Cuadro 1.

Organismos indicadores de calidad sanitaria y del agua de los ríos Osorio y Piedra Azul, estado Vargas (n = 9).

	RIO OSORIO			RIO PIEDRA AZUL		
	Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	Coliformes Totales (NMP/100 mL)	Organismos Heterotróficos (NMP/100 mL)	Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	Coliformes Totales (NMP/100 mL)	Organismos Heterotróficos (NMP/100 mL)
Valor Máximo	1.700	8.000	2.500	1.300	5.000	2.500
Valor Mínimo	230	300	300	40	1700	390
Promedio	865	3.025	1.390,3	502,5	3.000	1.400



*Yolanda Barrientos, Carlos Suárez, Henry Pacheco, Simón Ruiz, Belkys Devia,
Ysley Perdomo*

Cuadro 2.

Áreas intervenidas en la parte alta de la cuenca del río Piedra Azul, estado Vargas, período 1969- 2002.

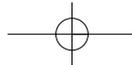
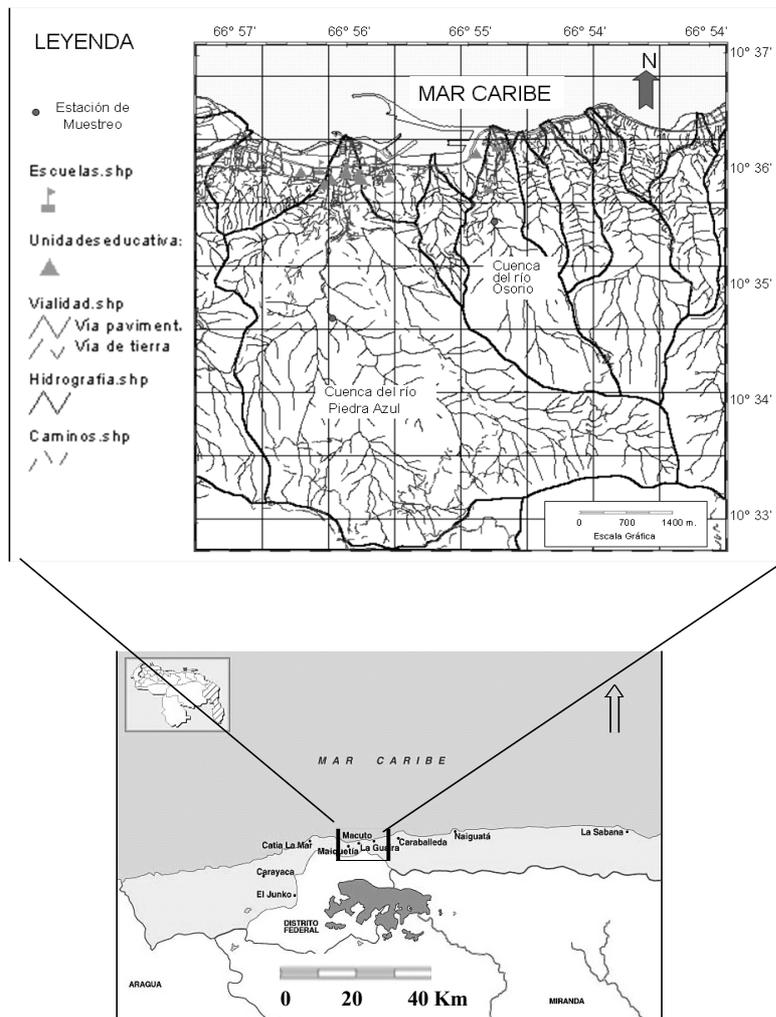
Hojas Y Misiones	Fuente	Evidencias	Hectáreas Cultivadas
6847	Mapa Topográfico Escala 1: 100.000 (1969)	Haciendas ubicadas en la parte media y alta de la cuenca	
6847-IV-SO	Mapa Topográfico Escala 1: 25.000 (1979)	Haciendas y áreas de cultivo en la parte media y alta de la cuenca	
D-43	Mapa Topográfico Escala 1: 5.000 (1984)		70
6847-IV-SO	Ortofotomapa Escala 1: 25.000 (1994)		135
030602	Aerofotos 3225, 3226, 3227 de mar. 1999 y 800, 801 y 802 de dic. 1999 a escala 1:5000	Sin intervención	
0304193	Aerofotos 676, y 678 de febrero 2002 a e escala 1: 25000		150





CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA Y RIESGO SANITARIO DE DOS ACUEDUCTOS RURALES EN EL ESTADO VARGAS, VENEZUELA

Figura 1. Localización del área de estudio.



Yolanda Barrientos, Carlos Suárez, Henry Pacheco, Simón Ruiz, Belkys Devia, Ysley Perdomo

Figura 2. Fluctuaciones anuales de los organismos indicadores de calidad sanitaria y la precipitación total en el río Piedra Azul, estado Vargas.

