

Flujo, calidad de agua y uso potencial de los manantiales de la microcuenca Atécuaro, Morelia, Michoacán, México.

Juan Carlos González Cortés, Arcelia Cabrera González, Juan Manuel Ayala Gómez

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Laboratorio de Edafología, Edif. B4.

RESUMEN

En la microcuenca de Atécuaro se asientan localidades que dependen en gran medida de los recursos maderables, lo cual reduce de manera significativa este recurso, ocasionando problemas de erosión y disminución de escurrimientos en épocas críticas de estiaje. El objetivo del presente trabajo es realizar el inventario y analizar el comportamiento hidráulico y calidad del agua de los manantiales disponibles en la cuenca. Se localizaron 14 manantiales, a los que se determinó el gasto mensual durante un año y se estimó el índice de calidad del agua (ICA). Los resultados muestran que sólo 5 de ellos mantienen su gasto hidráulico estable hasta la época de estiaje, en tanto que en 9 el escurrimiento depende total o parcialmente de la época de lluvias. Los suelos secundarios (arcillosos) actúan como confinantes que permiten el afloramiento de manantiales en las partes altas de la cuenca en donde predominan los suelos derivados de cenizas volcánicas (andosoles). La calidad del agua de los manantiales es considerada como aceptable para todos los usos, incluyendo agua potable con una desinfección previa debido a la presencia de coliformes totales y fecales. Las concentraciones de fosfatos, grasas y aceites contribuyen al deterioro de su calidad.

Palabras clave: microcuenca, recursos hídricos, calidad del agua.

ABSTRACT

In Atecuaro microbasin there are settled some localities that depend on a great extent of the providing useful wood resources, which reduce in a significant way these resources, causing problems of erosion and decrease of runoffs in critical seasons of low water. The objective of the present work is to present an inventory and to analyze the behavior and quality of springs available in the basin. There were located 14 springs, to which the monthly

hydraulic flow decided for one year and estimated the quality index of the water (ICA). The results show that 5 of them support his hydraulic flow stable expense up to the low water season, while in 9 the runoff depends whole or partially of the rains. The secondary (clayey) soils confine the infiltration permitting the appearance of springs in the high parts of the basin where there soils derived from volcanic ashes (Andosoles). The water quality of the springs is considered to be acceptable for all uses, including drinking water previously disinfected due to the presence of fecal and total coliforms. The concentration of phosphates and oils contribute to the deterioration of its quality.

Key words: microbasin, hydric resources, water quality.

INTRODUCCIÓN

Una cuenca hidrográfica es un área topográficamente delineada que es drenada por un sistema de corrientes, lo que hace especialmente importante el conocimiento de sus características hidráulicas, entre estas la disponibilidad y calidad del agua. En una cuenca en equilibrio estas dependen únicamente de las características naturales del área, pero cuando existen poblaciones asentadas en su superficie, sus condiciones están supeditadas al manejo integral de los recursos naturales. El agua puede ser considerada como el elemento en el cual se manifiestan las afectaciones a los demás recursos naturales, así pues el deterioro del bosque ocasionará la exposición del suelo a la erosión y lavado de nutrientes, el uso inadecuado del suelo en agricultura incrementará la concentración de sólidos suspendidos y sólidos disueltos (sales nitrogenadas y fosfatadas) en el agua y las actividades domésticas, agropecuarias e industriales podrían reflejarse en el incremento de grasas y aceites,

detergentes y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

Los alcances del presente estudio son conocer las características hidrológicas de la microcuenca, inventariando los manantiales existentes en la zona forestal de la porción oriente, su potencial y calidad del agua, para vislumbrar el uso más adecuado en actividades productivas.

Caracterización del área de estudio

La microcuenca Atécuaro se localiza en la zona centro norte del Estado de Michoacán, en el municipio de Morelia, 15 km al sureste de la ciudad del mismo nombre, formando parte del Cinturón Volcánico Mexicano. Geográficamente se localiza entre los paralelos 19° 33' 05'' y los 19° 37' 08'' de latitud norte y entre los meridianos 101° 09' y los 101° 15' 07'' de longitud oeste (Figura 1). Ocupa un área aproximada de 44 km² y un perímetro de 30 km, es una cuenca pequeña de tipo exorreica y de forma oblonga, con una topografía muy accidentada. Las rocas son:

ignimbritas(Tigo), tobas riolíticas (Ttr), Andesitas (Mpca), Basalto(Tpb) y Aluvión (Qal). La microcuenca Atécuaro está constituida básicamente por dos unidades de suelo: luvisol y andosol, aunque también se pueden encontrar como suelos secundarios al leptosol y cambisol. Las altitudes van de los 2000 a los 2700 m, con una altura media de 2275 msnm. Las pendientes son desde planas a mayores de 45%. Un alto porcentaje de la superficie de la microcuenca (15.3%) presenta un suelo caracterizado por la presencia de fenómenos erosivos que van desde los moderados hasta los severos, la mayoría sobre luvisoles de textura fina en altitudes de 2200 a los 2300 m. y en pendientes del 15 al 42%; en su mayoría se trata de áreas deforestadas que son utilizadas en actividades agrícolas y de agostadero. Hidrológicamente la microcuenca forma parte de la Subcuenca Presa de Cointzio. Los patrones de drenaje dominantes son 3: dendrítico que se presenta en lomeríos, paralelo en zonas de fuerte elevación y fuertes pendientes y el asimétrico incipiente que se presenta en donde hay cambios de pendientes elevadas a zonas de valle; todos los tributarios son de tipo intermitente. El clima, de acuerdo con el sistema de clasificación de Köppen es del tipo Cwbg que corresponde a templado subhúmedo, con lluvias en verano, temperatura media anual entre 15.7°C y 17.7°C, la precipitación media anual oscila de los 750 mm a 1100 mm, con heladas durante los meses secos de invierno. La superficie arbolada representa el 31.4% del total del área, con las siguientes

asociaciones vegetales: bosque de pino-encino (14.55%), bosque de pino (9.3%), bosque de encino (4.7%), bosque de encino-pino (2.89%) y vegetación de tipo arbustivo con algunos elementos de matorral subtropical (13.16%). Las corrientes perennes e intermitentes se ubican sobre la parte sur y oriente de la cuenca, estando relacionadas con las zonas más boscosas, los suelos más permeables y las rocas más impermeables de la cuenca. En el aspecto socioeconómico, la microcuenca Atécuaro, alberga una población total de 1328 habitantes, se encuentra integrada por 7 comunidades pertenecientes al municipio de Morelia: Atécuaro, La Cofradía, Zimpanio Sur, Torrecillas y la Ciénega II que pertenecen a la tenencia de Atécuaro; Huertitas y El Taray que corresponden a la tenencia de Santiago Undameo. El total de la población se dedica a actividades agrosilvopecuarias pero además, en un porcentaje mayor al 50% realizan actividades de comercio. La superficie destinada a la práctica de la agricultura (principalmente de temporal) corresponde al 25.35% del área, con cultivos de maíz, frijol, calabaza y haba; la superficie ocupada por las áreas de pastizales representa el 14.4%. La agricultura tiene un grado bajo de tecnificación, utilizándose en primera instancia la yunta y el tronco, se utilizan abonos en andosoles y fertilizantes en luvisoles con escasa asesoría técnica (González *et al.*, 2000).

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó bajo el criterio de cuenca hidrográfica, delimitando el área por parteaguas en el plano topográfico E14A23 escala 1:50 000 (INEGI, 1996). Con el uso de fotografías aéreas se establecieron las zonas potenciales de afloramientos, realizándose un recorrido por las áreas seleccionadas en compañía de habitantes de la región, quienes aportaron información valiosa para la ubicación de manantiales.

Muestreo, aforo y análisis de muestras.

Se realizaron campañas de aforo y muestreo en forma mensual. La toma de muestras y su preservación se realizaron de acuerdo con los procedimientos establecidos por Gómez y Portillo (1993). Los parámetros analizados fueron: color, nitratos, nitrógeno amoniacal, detergentes, pH, turbiedad, conductividad eléctrica, sólidos suspendidos totales (SST), sólidos disueltos totales (SDT), DBO₅, DQO, fosfatos totales, grasas y aceites (G y A); dureza total, alcalinidad total, cloruros, coliformes totales y fecales. En campo oxígeno disuelto (Winckler modificado) y temperatura del agua. Los resultados de laboratorio se capturaron en el paquete Excel y se utilizó la hoja electrónica establecida por la Comisión Nacional del Agua (CNA, 2002), para determinar el índice de calidad del agua (ICA). Los valores promedio de cada parámetro se compararon con los valores máximos permisibles establecidos en la Norma Oficial Mexicana 127-SSA1-1994

(DOF, 2000) o en los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (DOF, 1989). Los aforos se realizaron por método volumétrico, en 13 de los manantiales, y el manantial El Salto el cual conduce mayor caudal se aforó mediante el uso de molinete tipo Price No. serie 9819 de la CNA, calibrado en el laboratorio de hidráulica del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua y de acuerdo con el instructivo elaborado por Herrera y Peña (1999).

RESULTADOS Y DISCUSION

Inventario de afloramientos.

Se identificaron 14 manantiales durante los recorridos de campo (Figura 2), ubicados principalmente en la porción oriente de la cuenca. De acuerdo con la revisión cartográfica de fotografías aéreas y geología de campo, se encontró una relación directa entre las áreas de cobertura vegetal primaria (bosque) y la presencia de manantiales. Las características permeables del suelo (Andosol) y la impermeabilidad de la roca subyacente (Ignimbritas y Andesitas), así como del comportamiento de los manantiales ante el periodo de secas y lluvias, nos permite considerar a los manantiales como de contacto (relación observada en todo el Eje Neovolcanico) y no de fractura ya que en este último caso no habría relación entre las épocas de lluvias y estiaje con el comportamiento hidráulico registrado.

Sin embargo también se pudo constatar que suelos sepultados ricos en arcillas (acrisoles o luvisoles) pueden cumplir la función de

confinantes, observándose en los contactos la formación de verdaderos conductos en el suelo por los que brota el agua.

La presencia de manantiales, limitada a las zonas con cubierta forestal, los hace muy vulnerables a cualquier perturbación natural o antropogénica.

Análisis de los hidrogramas.

Considerando los gastos medios de lluvias y estiaje, los manantiales de la cuenca se subdividieron de la siguiente forma:

Grupo I. *Manantiales dependientes del régimen de lluvias con gasto mínimo siempre mayor a los 5 Ls⁻¹.*

En este grupo se considera al manantial el salto el cual presentó un gasto máximo en época de lluvias de 31.87 y un mínimo de 5.7 Ls⁻¹, con un abatimiento del 70% (Figura 3).

Grupo II. *Manantiales dependientes del régimen de lluvias con gasto máximo inferior a 5 Ls⁻¹.*

Dentro de este grupo se encuentran los manantiales Agua Zarca, Chorro I y Plan del Agua. Estos manantiales, tienen un gasto inicial en julio en el rango de 1.5 a 2.5 Ls⁻¹ disminuyendo significativamente al transcurrir los meses, hasta llegar a un gasto inferior a los 0.5 Ls⁻¹, con abatimientos del 89, 81 y 76% respectivamente (Figura 4).

Grupo III. *Manantiales no dependientes del régimen de lluvias.*

Los manantiales El Saltito, Chorro II, Los Ailes, El Topuri y Zimpanio, presentan oscilaciones en el gasto hidráulico a través del tiempo (0.5 a 2

Ls⁻¹) pero su tendencia es a mantenerse (Figura 5), reflejándose en valores de abatimiento mínimos o nulos Cuadro 1.

Grupo IV. *Manantiales dependientes parcialmente del régimen de lluvias con gastos iguales o inferiores a 0.5 Ls⁻¹.*

En este se agruparon los manantiales menos productivos por sus gastos: Trino, Chorro III, El Arenal y El Plan (Figura 6), cuyos abatimientos varían del 30 al 50%, excepto para el manantial El Plan, el cual presenta un abatimiento del 82% (ver Cuadro 1).

Aún cuando aparentemente se registró un buen número de manantiales, solamente cinco (G-III) no son influenciados de manera importante por el régimen de lluvias: Zimpanio, Los Ailes, El Topuri, Chorro II y el Saltito; los 4 primeros con gastos medios en época de estiaje mayores a 1 Ls⁻¹ y el último de 0.43 Ls⁻¹. Lo anterior nos permite inferir que el mantenimiento del gasto hidráulico en estos manantiales obedece a que drenan un área mayor de captación que el resto, los cuales se abatieron de manera significativa reflejando que son alimentados por el movimiento del agua superficial y subsuperficial durante la época de lluvias, debido a la permeabilidad del suelo del tipo andosol (Aparicio, 1993). El uso actual que tienen estos cinco manantiales es agrícola-acuacultura y agua, pero no existe un aprovechamiento óptimo del recurso, puesto que la mayor parte del gasto drena hacia pequeños arroyos.

Calidad del agua.

Los parámetros que más inciden negativamente en la calidad del agua de los manantiales de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana 127 (DOF, 2000) y Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (DOF, 1989) fueron:

Oxígeno disuelto. El manantial Trino fue el que tuvo un valor promedio menor a 4 mgL^{-1} , lo cual denota actividad biológica, que se refleja en una DBO_5 promedio también mayor que en el resto de los manantiales, excepto para el manantial Chorro III en el cual también fue ligeramente mayor (Cuadro 3).

Coliformes Totales. Los valores promedio para este parámetro fueron superiores al límite máximo permisible en la NOM-127-SSA1-1994, en todos los casos.

Coliformes fecales. El valor promedio esta por encima del límite establecido en la norma para los 14 manantiales.

Fosfatos. Los valores promedio encontrados en todos los manantiales son superiores al máximo permisible establecido por los criterios de la CNA.

Grasas y Aceites. La concentración de estas es superior a lo establecido en el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas (SARH, 1973), en los manantiales Agua Zarca, El Salto, El Plan, Chorro I, Chorro II, Chorro III, Los Ailes y El Topuri. La presencia de grasas y aceites puede ser atribuida a contaminaciones puntuales de desechos antropogénicos cerca de los manantiales así como al arrastre de grasas y aceites productos de la

descomposición de materia orgánica y secreciones de organismos.

Índices de Calidad del agua.

Los índices de calidad del agua (ICA) varían de 61 en el manantial El Chorro III a 82 en El Plan del Agua, (el incremento en el índice denota una mejor calidad del agua). Se determinaron los índices de calidad parciales, para época de lluvias y época de estiaje, disminuyendo o incrementando dependiendo de la época, por lo que se agruparon en 2 categorías:

a) Manantiales con tendencia a mejorar su calidad en la época de estiaje.

En este se agrupan los manantiales Plan del Agua, El Arenal, Zimpanio, El Topuri, Trino, Chorro I, El Plan y Chorro III (Cuadro 2).

b) Manantiales con tendencia a disminuir su calidad en época de Estiaje.

Corresponden a este grupo el manantial Agua Zarca, El Salto, El Saltito, Los Ailes, Rogelio y Chorro II.

Es posible que la causa de la mejoría del ICA sea el decremento en el arrastre de materiales suspendidos y disueltos al término de la época de lluvias. En el segundo caso la disminución del ICA puede ser atribuida a un mayor acceso a los manantiales o a las áreas que drenan contaminando o alterando las condiciones naturales.

La calidad del agua para los cuatro manantiales que se destinan para uso de agua potable no es adecuada, siendo afectada por la presencia de coliformes totales y

fecales. Se recomienda en primera instancia la protección física y sanitaria de estos manantiales, para evitar la contaminación de coliformes por la entrada de animales domésticos (ganado, perros, gatos etc.) y el hombre. Geldrich (1996) indica que en zonas altas de las cuencas la contaminación fecal se da principalmente por fauna silvestre (ratas, aves, castores, coyotes, etc.). El manantial El Salto (G-I) debe considerarse de manera particular puesto que aún cuando presenta un abatimiento importante ligeramente superior al 70%, es el más productivo, con un gasto medio en época de estiaje de 7.2 L s^{-1} . En este caso el hidrograma (Figura 3) revela de manera clara la influencia del escurrimiento superficial sobre el gasto. Una parte del gasto (2 a 2.5 L s^{-1}) de este manantial es utilizado para el riego de cultivo de zarzamora pero el resto fluye en forma natural aguas abajo en donde se utiliza en otras zonas para riego. Considerando que en general es agua de buena calidad (ICA = 80.2) puede ser una fuente potencial de agua potable, siempre y cuando se regulen las actividades domésticas y agropecuarias de la parte alta de la cuenca para detener la contaminación fecal, la concentración de fosfatos y la presencia de grasas y aceites. El manantial Plan del Agua (G-II) es la fuente de abastecimiento de agua potable para las comunidades de Zimpanio, La Ciénaga, La Cofradía, Huertitas y El Taray, siendo esta fuente la que está más alejada de las localidades y en la parte más alta de la cuenca, lo cual influye positivamente en la conservación de su calidad

teniendo un ICA de 82.8 que fue el más alto, su uso sólo se ve limitado por la presencia de coliformes totales y fecales. El gasto medio en época de estiaje limita otro posible uso, ya que este volumen llega a ser apenas suficiente para el abastecimiento de las poblaciones citadas. El manantial Agua Zarca (G-II) se utiliza para agua potable con un abatimiento del 89%, lo cual limita un uso potencial adicional, aunado a que se ubica cerca del camino a la población de Palomas, lo que lo hace vulnerable al deterioro en época de lluvia por la influencia del agua superficial que arrastra contaminantes, en particular sólidos suspendidos que dan color al agua y presencia de coliformes totales y fecales así como grasas y aceites, a pesar de ello tiene un ICA= 80.5. Chorro I (G-II), también es utilizado para agua potable pero su abatimiento es importante (81.5%), observándose claramente en los meses de estiaje la disminución casi total del caudal, desde el punto de vista de su calidad tiene un ICA= 74.6 siendo afectado por la presencia de coliformes y grasas y aceites. Su cercanía al camino lo hace muy vulnerable a la influencia de animales y personas. Chorro III (G-IV) es un manantial que no tiene uso aparente, su gasto es limitado por lo que un posible uso potencial deberá calcularse con el gasto crítico de estiaje, está muy expuesto a la influencia de animales con un ICA de 60.90 el más bajo de todos los obtenidos, debido a bajos niveles de oxígeno disuelto, DBO_5 , coliformes, dureza, alcalinidad, conductividad eléctrica, grasas y aceites. El Arenal

(G-IV), es un manantial que es suficiente para el abastecimiento a la población del mismo nombre. El agua conserva una calidad aceptable por estar protegido físicamente y con caja de captación lo cual evita contaminación externa, pero no la presencia de coliformes. Los Manantiales Trino y Rogelio (H-IV), son utilizados para acuicultura y riego-abrevadero respectivamente, con gastos inferiores a 0.5 L s^{-1} lo cual determina un uso potencial limitado, siendo suficientes para las actividades que se realizan pero en pequeña escala. Sus ICAs fueron 75.8 y 73.4 respectivamente, los parámetros que reducen el índice son la presencia de coliformes, grasas y aceites, dureza, alcalinidad, conductividad, oxígeno disuelto y DBO_5 (Cuadro 3). Asimismo, la presencia de fosfatos fue común en todos los manantiales, y su concentración puede ser atribuida al uso de fertilizantes y abonos ricos en fósforo en las parcelas de uso agrícola dispersas en la zona forestal. Todos los manantiales tienen fácil acceso para personas y animales lo cual los hace vulnerables a la contaminación, siendo constatado por la presencia de éstos o por sus huellas visibles en la orilla de los afloramientos. En algunos casos se pudo detectar la disposición de basura cercana a los manantiales, lo que hace urgente la implementación de prácticas adecuadas para su manejo.

CONCLUSIONES

1. El número de manantiales inventariados (14) refleja la presencia de un basamento o materiales confinantes poco

permeables que favorecen su afloramiento y un suelo superficial con alta porosidad.

2. Los índices de calidad del agua (ICA) para la mayoría de los manantiales son aceptables con valores entre 70 y 82%.
3. Sólo seis manantiales del grupo I y III son los que pueden ser considerados para actividades productivas permanentes debido a que su gasto es importante (G-I) o a que no son dependientes de la época de lluvias (G-III).
4. El agua aún cuando es agradable a la vista y al gusto, presenta indicios de deterioro en su calidad por la presencia de coliformes totales, fecales, fosfatos, grasas y aceites.
5. Los manantiales cuya agua es utilizada para uso y consumo humano requieren de protección física y sanitaria, así como desinfección.

RECOMENDACIONES

Los resultados del presente estudio deberán considerarse cuando se pretenda llevar a cabo cualquier proyecto de índole productivo, o de bienestar social, que dependa de la disponibilidad y calidad del recurso hídrico, así como para la elaboración de un plan de manejo y desarrollo futuro de la cuenca.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio fue apoyado por el Centro de Investigación y Desarrollo del Estado de Michoacán (CIDEM).

REFERENCIAS

- Aparicio M.F.J. 1993. **Fundamentos de hidrología de superficie**. Limusa Méx. 303 pp.
- Calderas M. M. 1998. **Balance hidrológico y medición del gasto de manantiales en la microcuenca Atécuaro, municipio de Morelia, Mich., Méx.** Proyecto de tesis.
- Ceja G. R. 1998. **Diagnostico socioeconómico y ambiental de la microcuenca Atécuaro**. Tesis de Licenciatura, Facultad de Biología, UMSNH.
- CNA. 2002. **Índice de Calidad del Agua. Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua. Subgerencia de Estudios de Calidad del Agua e Impacto Ambiental., México D.F.**
- DOF. 1989. **Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001-1989** p 7-23.
- DOF. 2000. **Modificación a la NOM-127-SSA1-1994, Salud Ambiental, Agua para Uso y Consumo Humano. Límites máximos permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización** p. 73-79.
- García G.I.C. 1999. **Evaluación de la capacidad de uso del suelo de la microcuenca hidrográfica Atécuaro, municipio de Morelia, Michoacán, México.** Tesis de Licenciatura, Facultad de Biología HMSNH.
- Geldreich E.E. 1996. **La amenaza mundial de los agentes patógenos transmitidos por el agua**. En: *La calidad del agua potable en América Latina*. OPS. p. 21-49.
- Gómez R. B. y Portillo L. 1993. **Manual de procedimientos para muestreo, mediciones de campo y vistas de inspección en aguas y descargas de aguas residuales**. CNA. 32 pp.
- González C. J., I.C. García G. y A. Cabrera G. 2000. **Características del sistema de producción agrícola en la microcuenca Atécuaro, municipio de Morelia, Michoacán, México**. En: R. Quintero-Lizaola, T. Reyna-Trujillo, L. Corlay Chee, A. Ibáñez-Huerta y N.E. García-Calderón (Eds.). *La edafología y sus perspectivas al siglo XXI*. Tomo II. Colegio de Postgraduados, Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Autónoma de Chapingo. México. p. 811-815.
- Herrera P. J. C. y Peña E. P. 1999. **Instructivo para aforo con molinete**. 2ª. Ed. IMTA. 59 pp.
- INEGI. 1996. **Carta Topográfica E14-A23. Morelia**. Escala 1:50,000.
- SARH. 1973. **Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas**. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos 43 pp.
- SEMARNAP. 1996. **Programa hidráulico 1995-2000**. Dir. General de Comunicación Social. 54 pp.

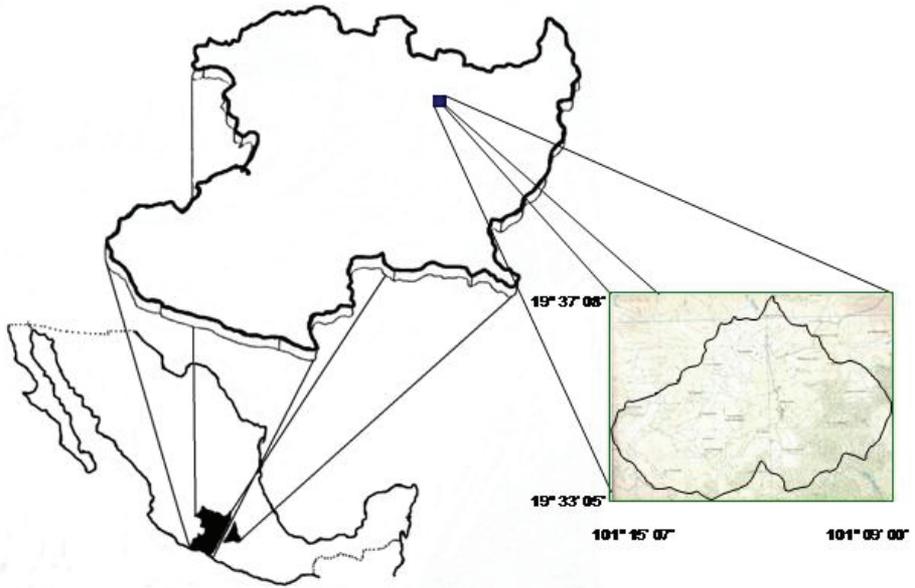


Figura 1. Localización del área de estudio

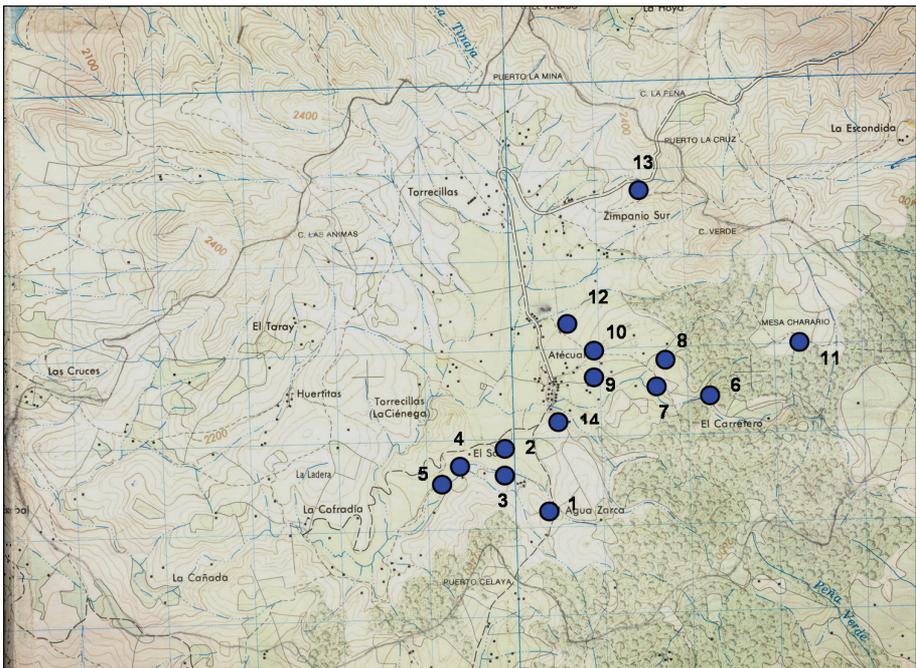


Figura 2. Localización de los manantiales en la microcuenca Atécuaro.

Flujo, calidad de agua y uso potencial de los manantiales

Cuadro No. 1. Gastos promedio por época y porcentaje de abatimiento QmLLV= gasto medio en época de lluvias (julio-diciembre). QmET= gasto medio en época de estiaje (febrero-junio).

	NOMBRE DE LOS MANANTIALES	INDICES DE CALIDAD (%)		
		LLUVIA	ESTIAJE	ANUAL
1	AGUA ZARCA	85.3	80.3	80.5
2	EL SALTO	82.7	80.4	80.2
3	EL SALTITO	84.7	79.2	79.5
4	EL PLAN	69.3	81.0	70.2
5	TRINO	76.5	77.7	75.8
6	CHORRO I	71.1	87.5	74.6
7	CHORRO II	73.1	71.6	72.0
8	CHORRO III	59.0	65.3	60.9
9	LOS AILES	81.8	80.1	78.5
10	EL TOPURI	77.5	79.3	77.8
11	PLAN DEL AGUA	79.1	83.2	82.8
12	ZIMPANIO	72.9	86.7	80.1
13	EL ARENAL	81.4	87.2	81.1
14	ROGELIO	77.2	71.8	73.4

Cuadro No. 2. Índices de calidad (ICA) por época y anual.

	NOMBRE	QmLLV	QmET	DIFERENCIA	% ABATIMIENTO
1	AGUA ZARCA	1.493	0.164	1.329	89
2	EL SALTO	24.376	7.202	17.174	70
3	EL SALTITO	0.675	0.618	0.057	8
4	EL PLAN	0.403	0.074	0.329	82
5	TRINO	0.403	0.265	0.138	34
6	CHORRO I	0.972	0.180	0.793	81
7	CHORRO II	0.854	1.047	-0.193	-23
8	CHORRO III	0.379	0.243	0.136	36
9	LOS AILES	1.764	1.816	-0.052	-3
10	EL TOPURI	0.947	1.008	-0.061	-6
11	PLAN DEL AGUA	2.104	0.507	1.597	76
12	ZIMPANIO	1.452	1.611	-0.160	-11
13	EL ARENAL	0.122	0.071	0.051	42
14	ROGELIO	0.087	0.048	0.039	45

Cuadro No.3. Parámetros químicos del análisis del agua (promedio anual). CNA= CRITERIOS DE LA COMISION NACIONAL DEL AGUA NOM= NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994 CE= CRITERIOS ECOLOGICOS CE-CCA-001-1989.

Límites permisibles	CNA=4	CNA=8	CNA=4	CNA=40	NOM=4	NOM=2	NOM=0	CNA=0.	NOM=0	NOM=1	NOM=2	CE=0.7
	OD	DQO	DBO	ALCAL TOTAL	DUREZA TOTAL	COLIFORMES TOT. UFC	COLIFORMES SPECIALES UFC	PO4	SAAM	NO3	CL	GYA
1	5.96	0.82	0.48	19.83	17.60	122	30	0.69	0.04	1.24	3.26	1.50
2	6.38	2.66	1.23	60.18	44.73	121	69	0.68	0.05	0.36	0.73	1.95
3	5.37	1.17	0.73	79.21	56.41	109	5	0.82	0.00	0.38	0.86	0.50
4	5.20	9.20	4.93	38.51	29.69	335	37	0.34	0.07	0.18	1.18	5.25
5	3.40	4.05	1.50	38.78	31.66	129	31	1.06	0.08	0.21	1.27	0.67
6	4.62	3.60	2.10	45.41	35.46	191	2	0.42	0.08	0.25	1.06	3.54
7	4.95	4.87	3.07	78.92	60.25	216	2	0.73	0.06	0.15	0.89	1.15
8	6.42	11.04	5.56	81.89	60.94	976	563	0.33	0.09	0.21	0.36	3.18
9	5.44	3.15	1.14	78.25	59.84	106	10	0.81	0.06	0.23	0.40	2.26
10	5.42	6.09	3.18	83.13	62.55	53	7	0.72	0.05	0.25	0.61	3.71
11	6.20	3.66	2.23	16.01	15.39	91	6	0.54	0.06	0.19	0.93	0.30
12	5.37	1.76	0.32	18.24	13.97	190	48	0.45	0.00	0.20	1.18	0.09
13	5.55	2.03	1.28	81.89	64.90	174	3	0.91	0.00	0.13	1.96	0.50
14	4.40	3.37	2.33	81.73	58.67	277	14	1.10	0.00	1.06	0.98	0.75

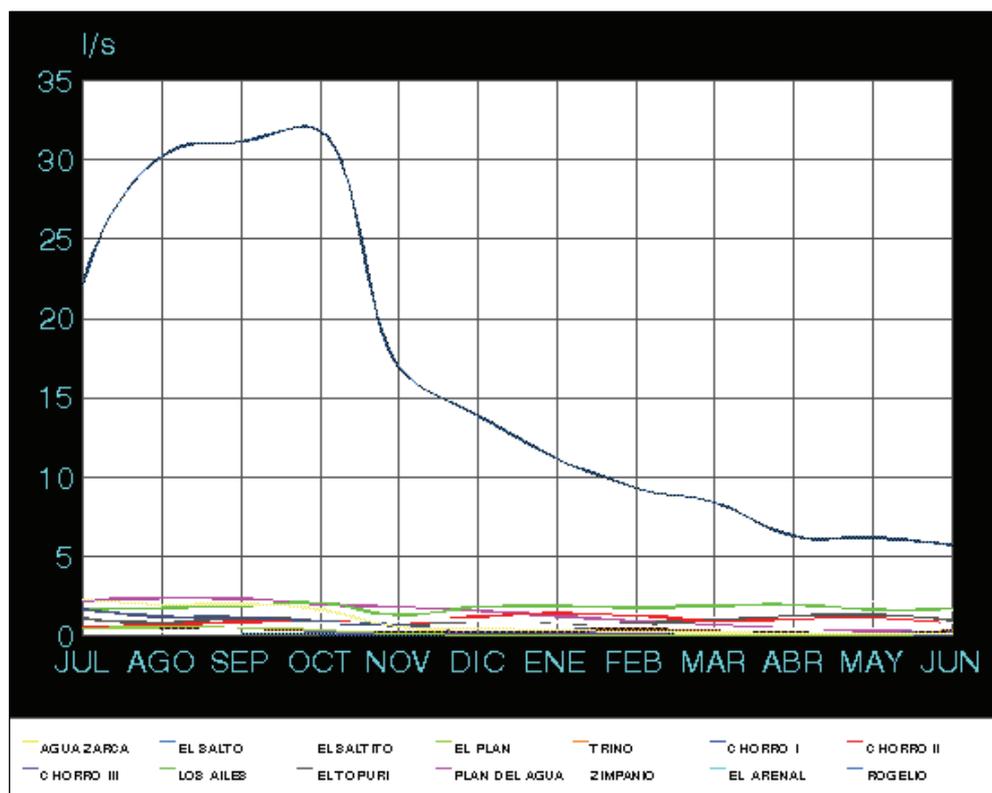


Figura 3. Hidrograma general de los manantiales que muestra que El Chorro I, es el de mayor potencial dependiente de la época de lluvia y estabilizándose con un gasto base mayor a 5 Ls^{-1} en la época de estiaje.

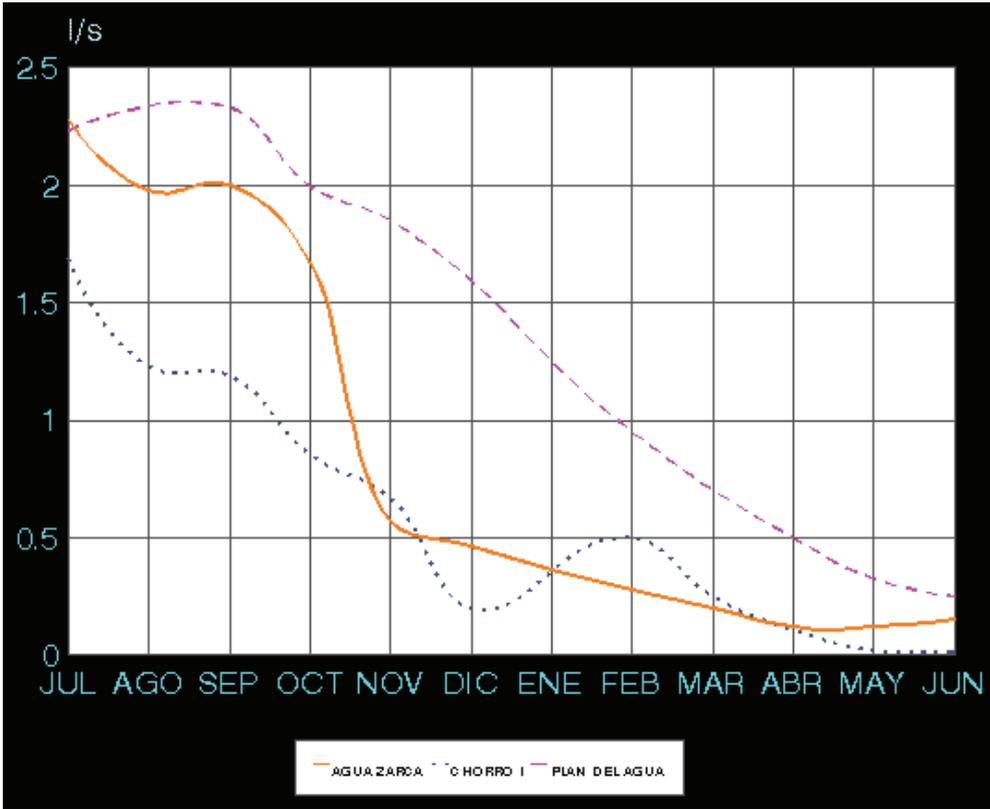


Figura 4. Hidrograma de manantiales que muestran una alta dependencia de la época de lluvia y un descenso considerable hacia la época seca (Grupoll).

Flujo, calidad de agua y uso potencial de los manantiales

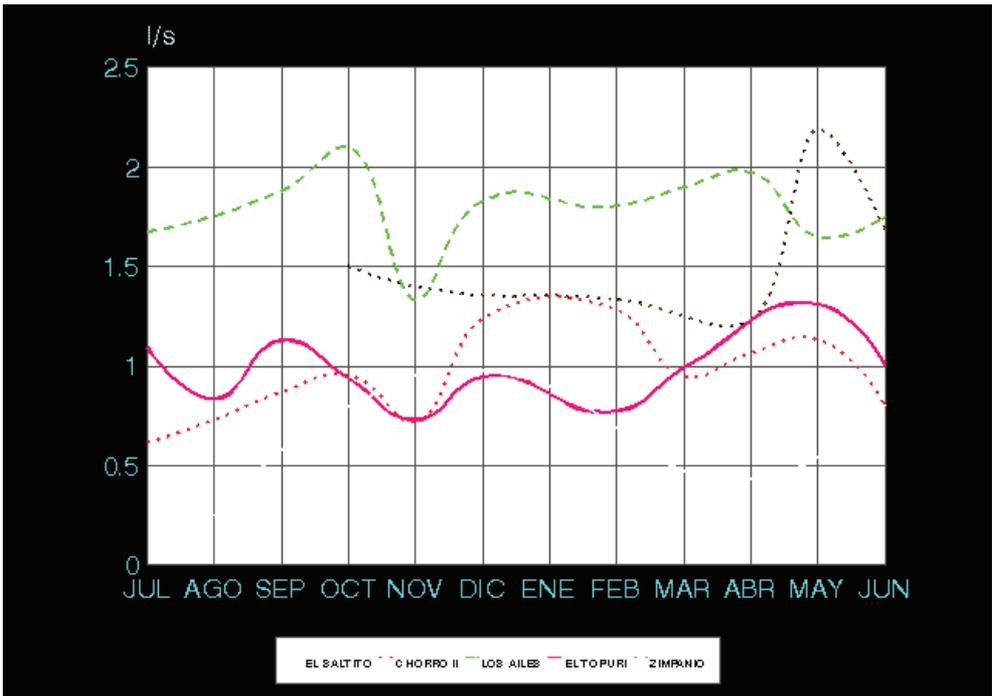


Figura 5. Hidrograma de manantiales no dependientes de la época de lluvia con gastos entre 0.5-2.0 Ls⁻¹ (Grupo III).

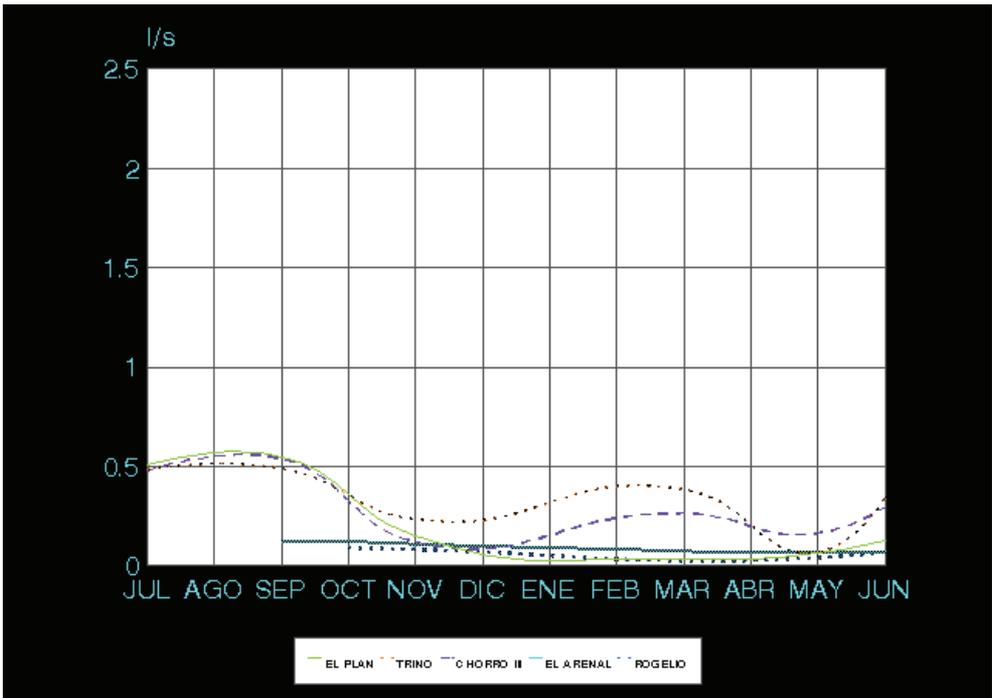


Figura 6. Comportamiento hidrológico de los manantiales parcialmente dependientes de la precipitación con gastos inferiores a 0.5 Ls^{-1} (Grupo IV)