

Conexión de flujos, zona de descarga y parámetros físicos de dos manantiales de la zona centro de Xalapa, Veracruz, México

Connection of flows, discharge zone and physical parameters of two springs in the central area of Xalapa, Veracruz, Mexico

Carlos Manuel Lezama-Alcocer ^a | Itzel Yolotzin Hernández-Portilla ^b

Recibido: 2 de agosto de 2024.

Aceptado: 25 de febrero de 2025.

^a Universidad Veracruzana. Xalapa, México. Contacto: lezamacarlos22@gmail.com | ORCID: 0000-0002-6852-2855 *Autor para correspondencia.

^b Amigos del Río Pixquiac – Global Water Watch México. Xalapa, México. Contacto: yolotzinportilla@gmail.com | ORCID: 0000-0003-4447-3080

Cómo citar:

Lezama-Alcocer, C. M., Hernández-Portilla, I. Y. (2025). Conexión de flujos, zona de descarga y parámetros físicos de dos manantiales de la zona centro de Xalapa, Veracruz. *UVserva*, (19), 166-177. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi19.3046>

Resumen: En el municipio de Xalapa, Veracruz, se padecen serios problemas para satisfacer la demanda actual de agua, sin embargo existen múltiples manantiales abandonados, entre estos el Tecuanapan y el Casa del Lago. Ubicados en la zona urbana central del municipio han sufrido modificaciones irreversibles en su entorno, lo que impiden conocer si tienen conexión directa entre sí, identificar sus zonas de descarga o determinar parámetros físicos. Abordar lo mencionado abona a resolver de mejor manera problemas que los aquejan, ante lo expuesto se emplea el método de trazador por dilución de sales, inspección en campo y determinación de parámetros físicos. Los resultados demuestran que no existe conexión directa entre sus flujos; la zona de descarga del Tecuanapan (~471 m de su afloramiento) se encuentra en la parte superior del túnel de confinamiento del río Carneros, y la del Casa del Lago (~40 m de su afloramiento) en una fuente ornamental y en un tubo cercano a esta. Al final ambos flujos terminan en los embalses artificiales de Los Lagos del Dique. El Tecuanapan (12.70 L/s) mostró un caudal cinco veces mayor al de Casa del Lago (2.67 L/s), en tanto este último valores de conductividad eléctrica y sólidos disueltos más altos, así como temperatura ligeramente más baja. La información obtenida ayuda a conocer aspectos hidrológicos básicos pero de suma importancia, es un primer paso en la búsqueda de considerarlos fuentes complementarias ante la demanda actual de agua en el municipio.

Palabras clave: Manantiales; aprovechamiento; gestión del agua; crisis hídrica.

Abstract: *In the municipality of Xalapa, Veracruz, there are serious problems in meeting the current demand for water, however there are multiple abandoned springs, including Tecuanapan and Casa del Lago. Located in the central urban area of the municipality, they have suffered irreversible changes in their surroundings, which prevent knowing if they have a direct connection between them, identifying their discharge areas or determining physical parameters. Addressing the above contributes to better solving problems that afflict them, in light of the above, the tracer method by salt dilution, field inspection and determination of physical parameters is used. The results show that there is no direct connection between their flows; the discharge zone of Tecuanapan (~471 m from its outcrop) is located in the upper part of the Carneros River confinement tunnel, and that of Casa del Lago (~40 m from its outcrop) in an ornamental fountain and in a tube near it. In the end, both flows end in the artificial reservoirs of Los Lagos del Dique. The Tecuanapan (12.70 L/s) showed a flow rate five times greater than that of Casa del Lago (2.67 L/s), while the latter had higher values of electrical conductivity and dissolved solids, as well as slightly lower temperature. The information obtained helps to understand basic but extremely important hydrological aspects, and is a first step in the search to consider them as complementary sources in light of the current demand for water in the municipality.*

Keywords: *Exploration; use; water management; water crisis.*

Introducción

El municipio de Xalapa, ubicado en la zona montañosa central del estado de Veracruz, México, producto del agotamiento de sus fuentes de provisión padece serios problemas para satisfacer la demanda actual de agua. No obstante lo mencionado cuenta con múltiples manantiales que se encuentran en el olvido, entubados bajo toneladas de cemento, acaparados o conectados al drenaje de la ciudad; perdiendo la oportunidad de aprovechar su flujo. En efecto, la etimología del nombre del municipio derivada del vocablo náhuatl Xallapan: manantiales en la arena (Castillo-Hernández, 2008).

El Tecuanapan y el Casa del Lago, ubicados en pleno centro urbano del municipio, son un par de estos manantiales olvidados. Antes del parcial abandono sus flujos fueron aprovechados de diversas maneras: uso y consumo humano, industria textil, recreación, turismo u ornamentalmente (Contreras-Gutiérrez, *et al.*, 2007; Urbina-Soto, 2022). En la actualidad se emplean en menor medida para abastecer de agua a oficinas gubernamentales o al centro cultural Casa del Lago. Sin embargo, la gran mayoría del flujo es entubado inmediatamente después de su afloramiento y redireccionado con rumbo incierto.

El constante proceso de urbanización de la zona centro del municipio de Xalapa ocasionó que estos cuerpos de agua sufrieran modificaciones irreversibles en su entorno, impidiendo conocer aspectos hidrológicos básicos. Incluso, diversos testimonios indican una conexión directa entre ambos, asumiendo que el flujo del Casa del Lago es producto del flujo del Tecuanapan (Iván, 2023; Juárez, 2024; Quiroz, 2024). En contraste, otros testimonios afirman que no se encuentran asociados de manera directa (Urbina-Soto, 2022; Contreras-Gutiérrez, *et al.*, 2007; Hernández-Ibarra, 1990).

Averiguar aspectos hidrológicos básicos como si existe conexión directa entre ambos, identificar sus zonas de descarga o determinar parámetros físicos; es fundamental en la solución de los problemas que los aquejan y en la búsqueda de aprovecharlos para abonar a satisfacer la demanda actual de agua. Es por ello que el presente trabajo tiene como objetivos: conocer la posible conexión entre los flujos de los manantiales Tecuanapan y Casa del Lago, identificar sus zonas de descarga y determinar parámetros físicos de caudal, conductividad eléctrica, temperatura y sólidos disueltos. Todo esto en el marco de un ejercicio exploratorio experimental realizado el día 8 de julio del 2024.

1. Objetivos

- Conocer la conexión entre los flujos de los manantiales Tecuanapan y Casa del Lago.
- Identificar las zonas de descarga de sus flujos.
- Determinar los parámetros físicos de caudal, conductividad eléctrica, temperatura y sólidos disueltos, en los afloramientos y zonas de descarga.

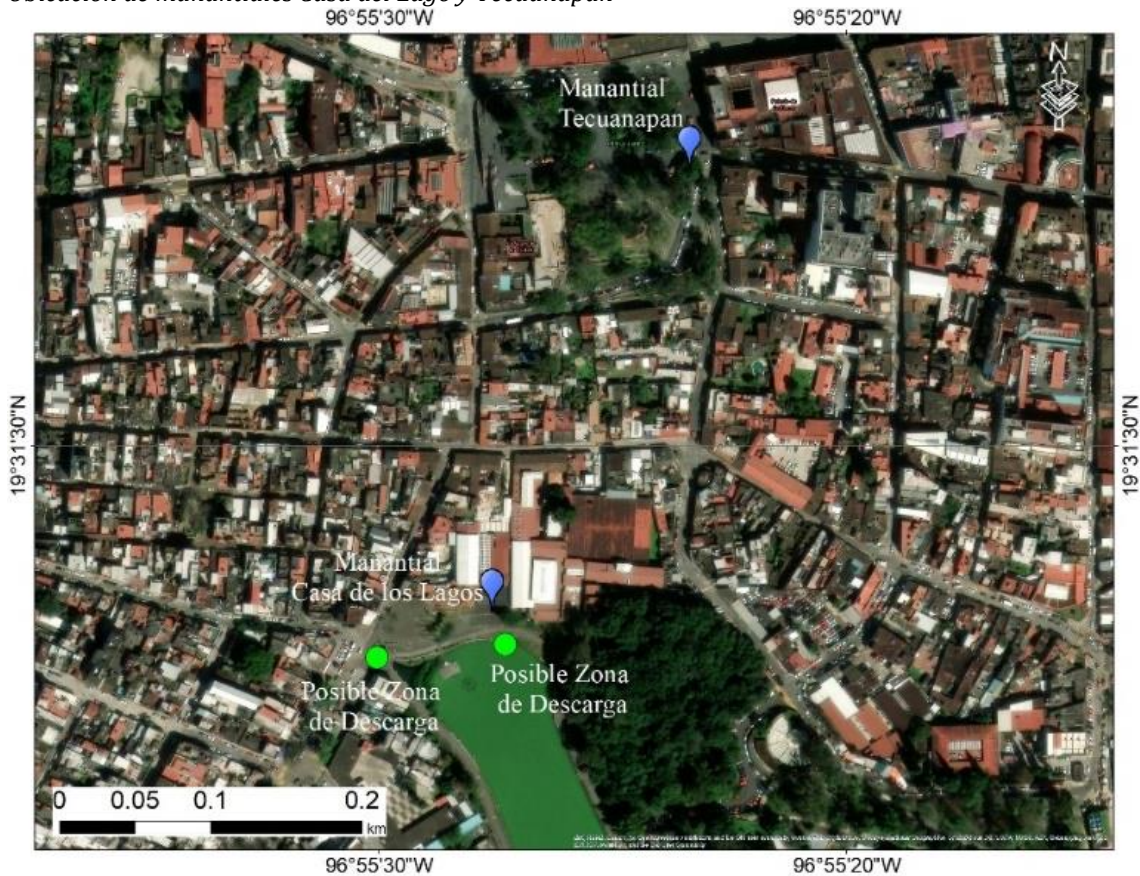
2. Método

2.1. Sitio de estudio

Tanto el manantial Tecuanapan como el Casa del Lago, se encuentran en una zona altamente urbanizada en pleno centro del municipio de Xalapa, Veracruz, México (**Figura 1**). El Tecuanapan (lat 19°31'36.38"N, lon 96°55'23.37"O, 1385 m s. n. m.) se observa en la parte inferior de las escaleras que descienden a la salida del túnel vehicular que pasa por debajo del parque Juárez. A su vez el Casa del Lago (lat 19°31'26.89"N, lon 96°55'27.58"O, 1364 m s. n. m.) se ubica detrás del escenario abierto del centro cultural Casa de Lago, perteneciente a la Universidad Veracruzana.

Figura 1

Ubicación de manantiales Casa del Lago y Tecuanapan



Fuente: Elaboración propia a partir de datos tomados en campo.

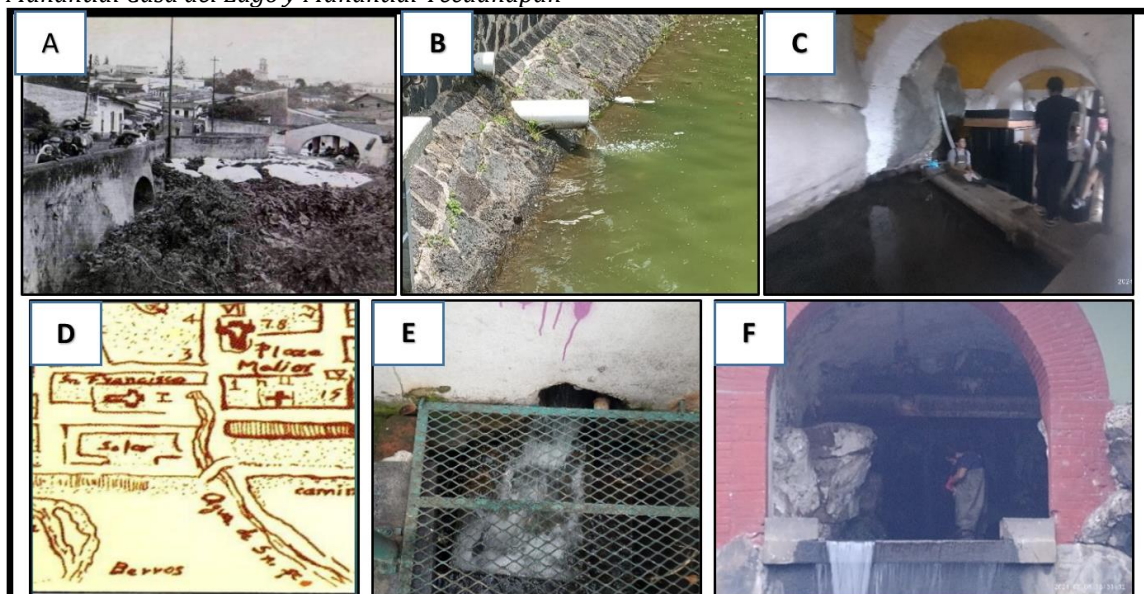
Debido a las continuas modificaciones irreversibles del entorno actualmente ambos se encuentran confinados en bodegas, entubando su flujo con rumbo desconocido casi inmediatamente después de su afloramiento (**Figura 2**).

Resalta que desde épocas prehispánicas los reservorios de agua de la región han sido aprovechados por sus habitantes (Florescano-Mayet, 1989; Contreras-Ramírez *et al.*, 2022). En lo que respecta al Tecuanapan, es símbolo de los orígenes prehispánicos

de la ciudad de Xalapa. Para los invasores europeos fue un sitio estratégico en donde concentraron a los habitantes nativos, formando uno de los cuatro barrios que posteriormente dio origen al municipio de Xalapa. Además, en el año 1531 d. C., se inicia la construcción del monasterio San Francisco, el cual fue demolido en el año 1888 d.C. (Castillo-Hernández, 2008) pero durante su funcionamiento se benefició de las aguas que proveía el Tecuanapan. Actualmente es aprovechado en menor medida por oficinas gubernamentales cercanas.

Figura 2

Manantial Casa del Lago y Manantial Tecuanapan



Nota: Manantial Casa del Lago: (A) Antiguos lavaderos que alimentaba (B) flujo de descarga y (C) afloramiento en bodega de resguardo. Manantial Tecuanapan: (D) antiguo y actualmente inexistente curso de su flujo (E) afloramiento bajo reja metálica y (F) túnel de confinamiento

Fuente: (A) Tomada de Blog El Estridente; (B) (E) fotografías tomadas en campo; (C) (F) fotos tomadas por integrantes de GWW-México; y (D) tomada de Paulo Pages (2013) "Un historiador y sus viajes".

Cabe señalar que la industrial textil del siglo XIX, asentada en la ciudad, se benefició de los cuerpos de agua de la zona, entre los cuales se encuentra el manantial de Casa del Lago (Florescano-Mayet, 1989). Registros indican que su flujo fue ocupado desde el año 1838 d. C. por la fábrica textil La Industrial Xalapeña, la cual, bajo el nombre de la Fama Industrial, cierra sus puertas en el año 1963 D.C. Actualmente se encuentra en una bodega del centro cultural Casa del Lago, que en menor medida aprovecha su agua.

2.2. Explorando conexión hidrológica

En la búsqueda de verificar la posible conexión entre los flujos de los manantiales Tecuanapan y Casa del Lago, se emplea el método de trazador por dilución de sales. Dicho método consiste en verter en un sitio previamente seleccionado un volumen

controlado de solución salina con concentración de 1 kilo de sal de mesa (NaCl) por cada 5 litros de agua. Posteriormente, se identifica el paso de la solución salina en los posibles sitios de descarga a través del registro de un aumento súbito de la conductividad eléctrica del flujo.

Dado que el acceso al afloramiento del Tecuanapan está restringido por una bodega de resguardo, es seleccionado como sitio para verter la solución salina el punto más próximo al afloramiento. El sitio es contiguo a la parte exterior de la bodega, en donde a escasos par de metros del afloramiento, bajo una reja metálica, se logra observar el flujo previo a ser entubado.

En el sitio seleccionado se vierten 30 litros de solución salina, dicho volumen es empleado de acuerdo a estudios en los cuales se observa que con 15 litros de solución salina el paso de la nube de sal es detectado en flujos con magnitud de hasta 5 m³/s.

Con base en la literatura consultada se toma como un posible sitio de respuesta al vertido de la solución salina, el flujo que emana de un tubo de descarga ubicado en la parte superior de la salida del túnel de confinamiento del río Carneros, justo debajo de la intercepción entre las calles Francisco Gonzáles Bocanegra y El Dique.

El otro posible sitio de respuesta corresponde al afloramiento del flujo del manantial Casa del Lago. Este último sitio ubicado detrás del escenario abierto del centro cultural, y al igual que el afloramiento del Tecuanapan, se encuentra confinado dentro de una bodega de resguardo.

En los dos posibles sitios de respuesta al vertido de la solución salina se registran, a través de mediciones simultáneas y continuas a resolución de 5 segundos, las variaciones de conductividad eléctricas en los flujos.

Para ello, se emplean multiparamétricos automáticos con sonda de conductividad eléctrica pareadas previamente. Todo lo anterior con el objetivo de detectar el paso de la solución salina, la cual podrá ser detectada al registrarse súbitos aumentos en la conductividad eléctrica de cualquiera de los flujos en los dos posibles sitios de respuesta.

2.3. Identificando zonas de descarga

Para conocer la zona de descarga del manantial Casa del Lago se realizan recorridos en sitio. La finalidad es identificar señales superficiales del trayecto que sigue la estructura de entubamiento del flujo, desde el afloramiento y hasta la zona de su descarga.

En cuanto a identificar la zona de descarga del Tecuanapan, debido a continuas modificaciones estructurales del sitio es imposible observar a simple vista el trayecto de la estructura de entubamiento del flujo, el cual es entubado casi inmediatamente después de su afloramiento.

Dado lo expuesto se procede a identificar la zona de descarga a través de registrar o no, en el sitio ubicado a la salida del túnel del confinamiento del río Caneros, el aumento de la conductividad eléctrica del flujo asociado al paso de la solución salina.

2.4. Determinando conductividad eléctrica, temperatura, sólidos disueltos y caudal

La relación entre el sitio de afloramiento y descarga, tanto en el Tecuanapan como en el Casa del Lago, se reafirma a través de observar similitud entre los parámetros medidos de conductividad eléctrica, sólidos disueltos y temperatura en los respectivos sitios de afloramiento y descarga del flujo. Los parámetros de conductividad eléctrica (EC), sólidos disueltos (SD) y temperatura (T) del flujo, son medidos a través del uso de multiparamétricos automáticos con sonda electrónica.

En lo que respecta a medir el caudal en la zona de descarga del Tecuanapan, y dadas las características del sitio, se emplea la técnica velocidad - sección transversal (ecuación 1). Donde Q es el caudal en la zona de descarga; V la velocidad media del flujo, t el tiempo que tarda en llegar la solución salina al sitio de descarga, d la distancia entre donde se vierte la solución salina y el sitio de descarga, y A el área de la sección transversal de la parte final del tubo de descarga.

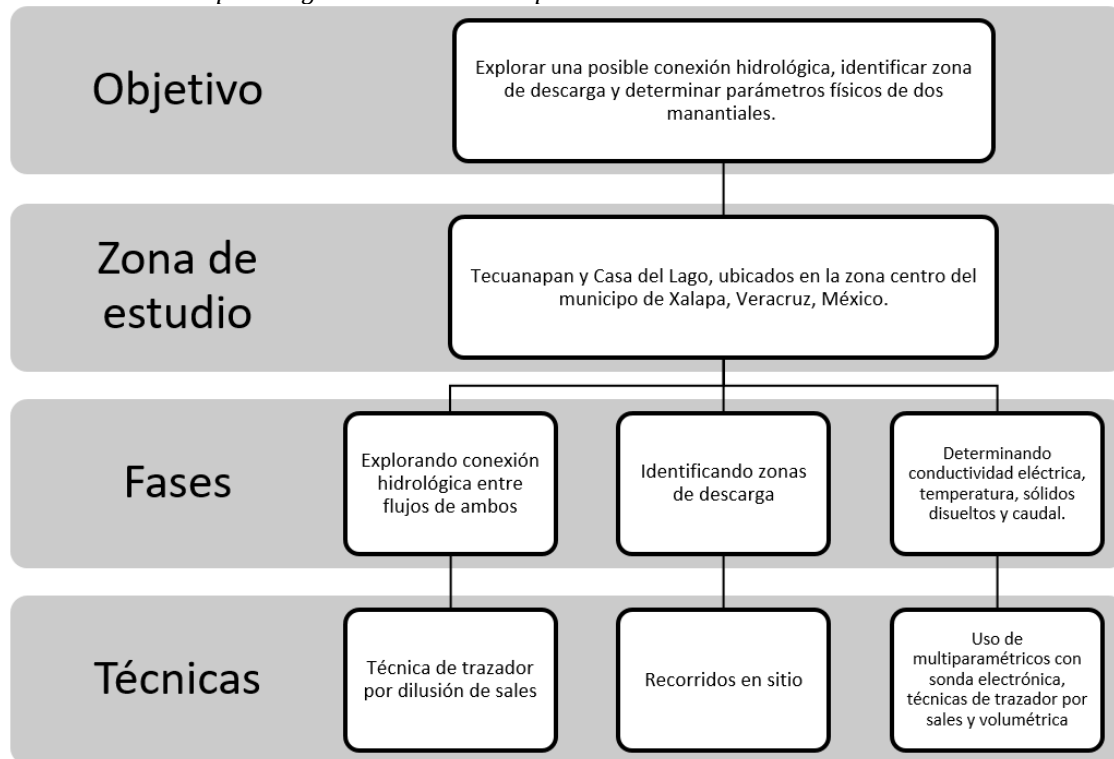
$$Q = A * V = A * \left(\frac{d}{t}\right) \dots\dots\dots \text{Ecuación 1}$$

Para determinar la velocidad media del flujo (V), se considera el tiempo (t) que tarda en llegar la solución salina desde el sitio de vertido hasta el sitio de descarga, este último ubicado a la salida del túnel de confinamiento del río Carneros.

La distancia (d) entre donde se vierte la solución salina y el sitio de descarga se obtiene asumiendo, como en otros casos, que el flujo es entubado por debajo de las calles de uso vehicular. Haciendo uso del software *Google Earth* se determina la longitud de las posibles rutas y se calcula la distancia media. Respecto al cálculo del área (A) de la sección transversal de la estructura de entubamiento, derivado de su forma circular se hace uso de la ecuación $A = \pi * (D/2)^2$, en donde D es el diámetro medido en metros y π tiene valor de 3.1416. La técnica mencionada es empleada en sustitución de otras técnicas de aforo, por ejemplo flujómetros y métodos volumétricos, debido a que las condiciones del sitio imposibilitan la colocación adecuada del flujómetro o/y recipiente volumétrico. Otro factor es la practicidad demostrada del método de trazador por dilución de sales, el cual sirve como técnica para aforar sitios en los cuales es difícil medir la velocidad de flujo en una sección transversal determinada (Moore, 2005).

Con la finalidad de medir el caudal en la zona de descarga del manantial Casa del Lago, se empleó la técnica volumétrica. Inicialmente se coloca, en la estructura de entubamiento de la zona de descarga, un recipiente con capacidad de almacenamiento de 20 litros y se registra el tiempo en que el recipiente tarda en llenarse. Posteriormente, usando una probeta graduada se mide el volumen de flujo colectado. Seguido se divide el volumen de flujo entre el tiempo en que tarda en colectarse, el resultado corresponde al caudal expresando en litros por segundo. Para obtener el valor medio del caudal se realizan tres repeticiones. La **Figura 3** contiene una síntesis de las etapas del método empleado en el presente trabajo.

Figura 3
Resumen de las etapas a seguir en el método empleado



Fuente: Elaboración propia.

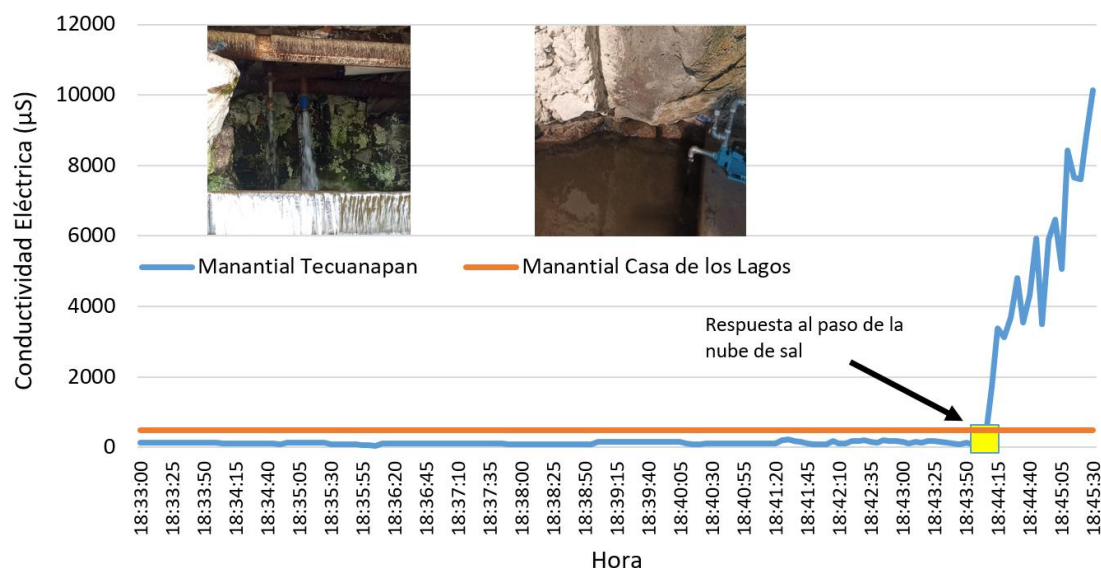
3. Resultados

Una vez vertida la solución salina en el sitio contiguo a la bodega de resguardo del afloramiento del manantial Tecuanapan, comenzaron las mediciones simultáneas de conductividad eléctrica en los dos posibles sitios de respuesta. La conductividad eléctrica inicial en el afloramiento del manantial Casa del Lago fue de 478 μS , en tanto para el flujo que emana del tubo de descarga ubicado en la parte superior de la salida del túnel de confinamiento del río Carneros, fue de 133.4 μS . En este último sitio, 11 minutos (660 segundos) después de vertida la solución salina comienza a observarse su paso. Lo anterior se establece dado el registro del aumento súbito de la conductividad eléctrica del flujo. En contraste, el sitio de afloramiento del Casa del Lago no presentó variación alguna en la conductividad eléctrica del flujo (**Figura 4**).

Con base en lo mencionado, se verifica que el sitio de afloramiento del Tecuanapan guarda relación directa con el flujo que emana del tubo de descarga ubicado en la parte superior del túnel de confinamiento del río Carneros. No obstante, no se observa relación con el flujo del manantial Casa del Lago.

Figura 4

Mediciones de conductividad eléctrica en los posibles sitios de descarga del manantial Tecuanapan y Casa del Lago



Nota: Se observa de manera clara la respuesta del flujo al trazador por dilución de sales del flujo en el sitio de descarga del Tecuanapan.

Fuente: Elaborado a partir de los registros de conductividad eléctrica.

En ese orden de ideas, se identifica que el flujo del Tecuanapan es entubado inmediatamente adelante de su afloramiento y su zona de descarga es al interior de la salida del túnel de confinamiento del río Carneros. El flujo ya combinado con el río Carneros se conectan 15 metros adelante a los embalsamientos artificiales de Los Lagos del Dique (**Figura 5**).

Figura 5

Elementos del manantial Tecuanapan



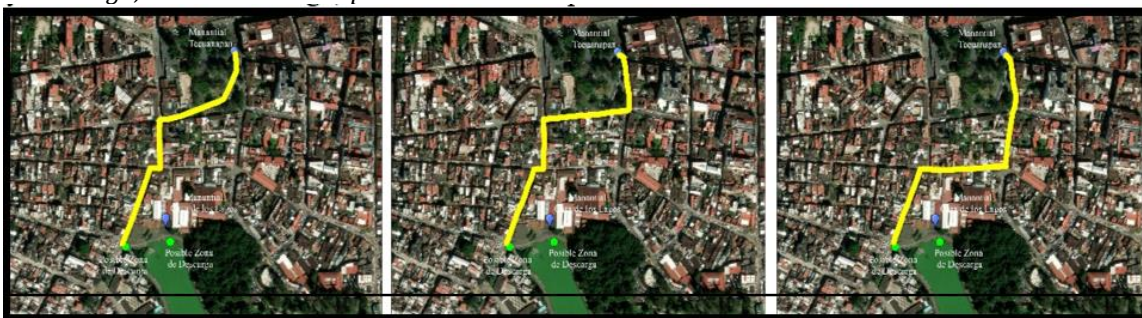
Nota: (A) Afloramiento ubicado bajo reja metálica (B) zona de descarga verificada en la parte superior del túnel de confinamiento del río Carneros y (C) conexión con los embalsamientos artificiales de Los Lagos del Dique.

Fuente: Elaborado a partir de fotos de recorridos en el sitio.

Para la estimar la longitud media de la ruta que sigue la estructura de entubamiento del flujo, desde su afloramiento y hasta la zona de descarga, se consideraron tres posibles trayectorias con longitud igual a 450 m, 483 m y 491 m. Tomando en cuenta a las tres trayectorias señaladas, la longitud media entre el sitio de afloramiento del flujo y su zona de descarga es de 474.4 m (**Figura 6**).

Figura 6

Posibles rutas de conducción del flujo del manantial Tecuanapan, desde su afloramiento y hasta su zona de descarga, se consideran tres posibles rutas



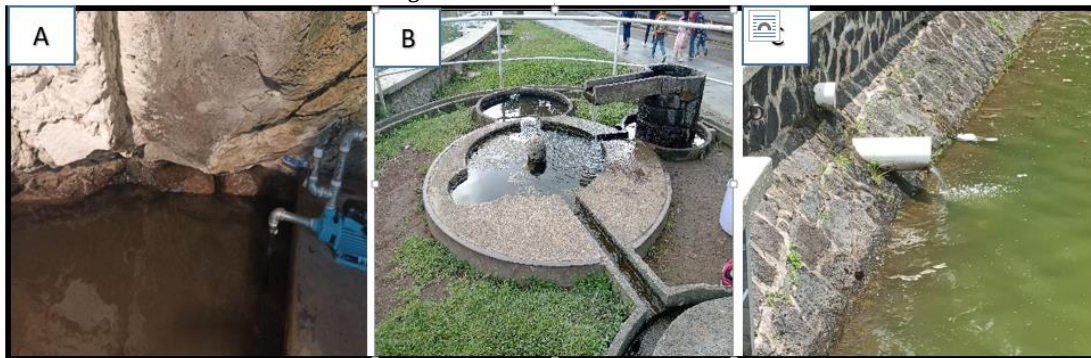
Fuente: Elaborado a partir del software *Google Earth Pro*.

El flujo del manantial Casa del Lago también es embalsado y entubado inmediatamente después de su afloramiento.

Una vez entubado, y al seguir en superficie evidencias de la estructura de entubamiento del flujo, se observa que en menor medida este se canaliza a una pequeña fuente ornamental y en mayor medida descarga a través de un tubo de PVC con diámetro de 20 cm, ubicado a las orilla de los embalsamientos artificiales de los Lagos del Dique, ambos sitios ubicados a cerca de 40 metros del afloramiento (**Figura 7**).

Figura 7

Elementos del manantial Casa del Lago



Nota: (A) Afloramiento ubicado en bodega de resguardo (B) zona de descarga (fuente ornamental) y (C) conexión con los embalsamientos artificiales de Los Lagos del Dique.

Fuente: Elaborado a partir de fotos tomadas en recorridos en sitio.

Respecto a los parámetros físicos medidos, en el sitio de afloramiento del flujo del Tecuanapan, la conductividad eléctrica fue de 290 μS , temperatura de 21.6 $^{\circ}\text{C}$ y sólidos disueltos de 140 ppm. En tanto en su zona de descarga la conductividad eléctrica es de 133.4 μS , sólidos disueltos 70 ppm, y temperatura de 21.2 $^{\circ}\text{C}$.

La diferencia entre los valores de los parámetros en la zona de afloramiento y descarga, podría deberse a las diversas estructuras de intervención en el trayecto del flujo, así como a la velocidad del mismo en el sitio de descarga. Con una distancia media (d) de 474.4 m, tiempo (t) de 660 s, velocidad media (V) igual a 0.719 m/s y área (A) de 0.0176 m², el caudal promedio en la zona de descarga fue de 12.70 L/s (**Tabla 1**).

Cabe señalar que la conductividad eléctrica en el sitio de afloramiento del flujo del manantial Casa del Lago fue de 475.4 µS, en tanto en su sitio de descarga de 473 µS. La temperatura es de 21.0 °C en el afloramiento y de 21.4 °C en la zona de descarga. En cuanto a sólidos disueltos el valor en el afloramiento es de 230 ppm y en la zona de descarga de 228.6 ppm. La similitud de los parámetros confirma la conexión entre las zonas de afloramiento y de descarga. Los resultados muestran un caudal promedio de 2.67 L/s, tan solo el 21% del caudal del Tecuanapan (**Tabla 1**).

Tabla 1
Parámetros físicos de ambos manantiales

Parámetros	Manantial Casa del Lago		Manantial Tecuanapan	
	Zona de Afloramiento	Zona de descarga	Zona de Afloramiento	Zona de descarga
Conductividad eléctrica (µS)	475.4	473	290	133.4
Temperatura (°C)	21	21.4	21.6	21.2
Sólidos disueltos (ppm)	230	228.6	140	70
Caudal (L/s)		2.67		12.70

Nota: Tecuanapan mayor caudal y temperatura; Casa del Lago mayor conductividad eléctrica y sólidos disueltos.

Fuente: Elaboración propia.

4. Conclusiones

Se concluye que no existe conexión directa entre el flujo del manantial Tecuanapan y el flujo del manantial Casa del Lago. Es decir, el Casa del Lago no es un excedente del flujo del Tecuanapan. Este último es entubado casi inmediatamente después del afloramiento y su zona de descarga es un tubo ubicado en la parte superior de la salida del túnel de confinamiento del río Carneros (a ~474.4 m de su afloramiento). Posteriormente dicho flujo, ya combinado con el contaminado río Carneros, alimenta los embalses artificiales conocidos como Los Lagos del Dique. Los parámetros físicos en su zona de afloramiento y en su zona de descarga, no muestran similitud, registrándose valores más altos en su afloramiento.

En el manantial Casa del Lago su flujo también es entubado casi inmediatamente después de su afloramiento; descargándolo en una fuente ornamental y a través de un tubo de PVC a unos metros de esta, ambos a la orilla de los embalsamientos de Los Lagos del Dique (a ~40 m de su afloramiento), a donde posteriormente se redirecciona. En la zona que emerge los valores de conductividad eléctrica, sólidos disueltos y temperatura, guardan similitud con los valores registrados en su zona de descarga. Además, presenta valores más elevados de conductividad eléctrica y sólidos disueltos

respecto al Tecuanapan, el cual mostró temperatura ligeramente mayor y flujo cinco veces más grande (12.70 L/s).

La información obtenida es un primer paso fundamental en el rescate, procuración y aprovechamiento del agua que brindan los manantiales Tecuanapan y Casa del Lago. Los resultados ayudan a conocer aspectos hidrológicos básicos pero de suma importancia, en búsqueda de considerar a ambos como fuentes complementarias ante la demanda actual de agua en el municipio de Xalapa.

Agradecimientos

Se agradece de manera especial el apoyo brindado por parte de Miriam Ramos, Arlette Fuentes y Daniel Marín, integrantes de Global Water Watch México, que facilitaron parte de los materiales y apoyo técnico; así como a Laura Aguirre, que forma parte de Guardianxs del Agua-Xalapa y quien también brindó apoyo técnico.

Referencias

- Castillo-Hernández, E.** (2008). La presencia colonial en Xalapa: los retablos del monasterio de San Francisco. *La Palabra y el Hombre*, (5), 38-41.
- Contreras-Gutiérrez, E., Ledezma-Santos, A., y Tobón-Osorio, A.** (2007). Análisis de los manantiales de Xalapa, para su posible uso público urbano [Tesis de especialidad, Universidad Veracruzana].
<https://revistas.inah.gob.mx/index.php/ollin/article/view/18437>
- Contreras-Ramírez, J., Martínez-Ultrera, L., y Andrade-Domínguez, F.** (2022). Hacia el conocimiento de la historia prehispánica de Xalapa. *Ollin*, (7), 47-52.
- Florescano-Mayet, S.** (1989). El agua y la industrialización de Xalapa y su región durante el siglo XIX. *La Palabra y el Hombre*, (70), 175-192.
- Hernández-Ibarra, Á.** (1990). Los manantiales en Xalapa. *Extensión* (34), 35-38.
- Iván, H.** (23 de mayo de 2023). Xalapa y sus lavaderos. *El Estridente Xalapa*.
<https://elestridente.com/blog/xalapa-y-sus-lavaderos/>
- Juárez, H.** (24 de mayo del 2024). Ecologistas intentan rescatar manantial en Xalapa para consumo humano. *Agencia de Noticias RTV*.
- Lezama - Alcocer, C. M., Muñoz-Villers, L., Cervantes-Pérez, J., y Holwerda, F.** (10-12 de octubre de 2023). Comportamiento hidrológico de la cuenca periurbana río Pixquiac [Conferencia]. Segundo Congreso Estudiantil del Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Ciudad de México, México.
- Moore, D.** (2005). Slug Injection Using Salt in Solution. *Streamline Watershed Management Bulletin*, 1-6.
- Quiroz, A.** (29 de junio del 2024). ¿Cómo nació el manantial de Los Lagos? Ambientalistas llaman a informarse sobre este tesoro en Xalapa. *Diario de Xalapa*.
- Urbina-Soto, F.** (08 de marzo del 2022). ¿Los manantiales de Xalapa? *Crónica de Poder*.
<https://cronicadelpoder.com/2022/03/08/los-manantiales-de-xalapa/>