

Urbanización y recursos hidráulicos en la subcuenca Santa Rosa Jáuregui, Querétaro, México, 1970–2020

Urbanization and hydraulic resources in the Santa Rosa Jáuregui sub-watershed, Querétaro, Mexico, 1970–2020

JUAN ALFREDO HERNÁNDEZ GUERRERO*,  <https://orcid.org/0000-0002-4220-7216>
Universidad Autónoma de Querétaro, México, juan.hernandez@uaq.mx

ESMERALDA MONSERRAT MARTÍNEZ AGUILAR,  <https://orcid.org/0009-0007-8262-7083>
Consultora para EPL Corporation, México, esmeraldamma556@gmail.com

*Autor de correspondencia

Abstract

This paper analyzes the relationship between urbanization and water resources in the Santa Rosa Jáuregui sub-watershed, Querétaro, between 1970 and 2020. The process consisted of identifying and representing water resources, functional areas, and historical moments of urban growth. Five historical moments were represented, highlighting the concentration of water resources in the middle and lower areas of the sub-watershed, which present intense real estate development. Thus, the information and representation of water resources help to identify strategic zones for water management in the construction of the urban space of this sub-watershed or similar basins.

Keywords: *sub-watershed, water resources, urbanization, functional areas.*

Resumen

El artículo analiza la relación entre urbanización y recursos hidráulicos en la subcuenca Santa Rosa Jáuregui, Querétaro, entre 1970 y 2020. El proceso consistió en identificar y representar recursos hidráulicos, zonas funcionales y momentos históricos del crecimiento urbano. Se representaron cinco momentos históricos que destacan la concentración de recursos hidráulicos en las zonas media y baja de la subcuenca, que registran intenso desarrollo inmobiliario. Así, la información y representación de los recursos hidráulicos contribuye a evidenciar zonas estratégicas para la gestión, el uso y el manejo del agua en la construcción del espacio urbano de esta subcuenca o cuencas similares.

Palabras clave: subcuenca, recursos hídricos, urbanización, zonas funcionales.

Recepción: 17 de agosto de 2023 / Aceptación: 13 de diciembre de 2024 / Publicación: 17 de diciembre de 2025



Esta obra está protegida bajo la
Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-Sin
Derivadas 4.0 Internacional



CÓMO CITAR: Hernández Guerrero, Juan Alfredo y Martínez Aguilar, Esmeralda Monserrat (2025). Urbanización y recursos hidráulicos en la subcuenca Santa Rosa Jáuregui, Querétaro, México, 1970–2020. *Economía, Sociedad y Territorio*, 25: e2234. <http://dx.doi.org/10.22136/est20252234>

Introducción

Las cuencas hidrográficas son unidades hidroterritoriales que involucran la dinámica y función del agua (contiene zonas funcionales: zona alta de captación de agua, zona media de transporte de agua, y zona baja de depósito o concentración de agua), pero también incluye la interacción de subsistemas biofísicos, sociales, culturales, políticos y económicos convirtiéndola en una unidad idónea para la gestión y el manejo del territorio (Valdés Carrera y Hernández-Guerrero, 2018; Abad-Auquilla, 2020). Así, la alteración por actividades humanas de cualquiera de los subsistemas impacta la dinámica y funcionalidad de toda la cuenca con repercusiones, generalmente negativas, que se manifiestan en la fragilidad y susceptibilidad territorial (Aldaya *et al.*, 2019; Moreira Braz *et al.*, 2020).

En este contexto, la urbanización de cuencas hidrográficas conlleva acciones cuasiirreversibles y complejiza la gestión, manejo y planeamiento para mantener su dinámica y funcionalidad hídrica, entre ellas destaca el aumento y concentración poblacional, cambios de uso y coberturas de suelo, transformación de ríos y cuerpos de agua, obstrucción de drenajes naturales y sobreuso de reservorios superficiales y subterráneos (Lele *et al.*, 2018). Por su parte, en espacios urbanos de acelerado crecimiento la expansión de superficie construida acentúa la periurbanización de las cuencas; eso incluye problemas en la interacción entre espacios naturales, rurales y urbanos que, además de ser susceptibles al cambio, presentan escasa vigilancia, facilidades en la ocupación de tierras y fragilidad del lugar. Todo lo anterior repercute en la alteración de recursos hídricos y funcionalidad de la cuenca afectada, así como en cuencas vecinas (Abad-Auquilla, 2020; Delgado *et al.*, 2020).

Los recursos hídricos incluyen fuentes de abastecimiento superficial o subterránea y, desde la perspectiva de sistemas de agua en espacios urbanos, suelen estar representados por recursos naturales (ríos, cuerpos de agua, acuíferos) o artificiales (infraestructura hidráulica, aditamentos tecnológicos, obras artesanales, entre otros), ambos casos suelen incluir aguas residuales, pluviales, u otras (Suárez *et al.*, 2014; Medina Sanson y Guevara Hernández, 2018). En el caso de los recursos hidráulicos involucran los sistemas de extracción, almacenamiento y distribución de agua mediante mecanismos mecánicos o automáticos, y se incluyen en la gestión, uso y manejo el agua, pero no siempre con la perspectiva del bien común, sino con intereses tendientes de control y poder (Lele *et al.*, 2018; López-Mares *et al.*, 2019).

En este sentido, los recursos hidráulicos asociados a la urbanización han sido objeto de estudio en el abordaje de externalidades territoriales (Bernabeu y Martín, 2019; López-Mares *et al.*, 2019; Morote Seguido *et al.*, 2019), pero los estudios en cuencas hidrográficas con esas particularidades son escasos, aunque los existentes señalan de una u otra forma que su alteración impacta en la dinámica hidroterritorial (Medina Sanson y Guevara Hernández, 2018; Pérez Ortega *et al.*, 2018; García Galván y Herrera Tapia, 2019). A pesar de esos aportes, en el planeamiento urbano se suele desatender o usar inadecuadamente la dinámica hídrica natural de la cuenca; por el contrario, sobresalen los recursos hidráulicos con el fin de satisfacer expresiones y necesidades humanas. Por lo tanto, resalta la importancia de entrelazar esta perspectiva hidroterritorial en la construcción del espacio urbano y no solo como alternativa posterior a la urbanización a través de la transformación, adaptación o construcción de recursos hidráulicos.

Con base en lo expuesto hasta el momento, la Zona Metropolitana de Querétaro (ZMQ) en México ejemplifica el fenómeno planteado. En su evolución urbana se distinguió que del siglo XVIII y hasta finales del siglo XX el crecimiento poblacional y de superficie urbana no presentaron grandes cambios, pero a partir de 1990 la situación cambió considerablemente; la población de la ZMQ en 1990 era de 537,100 habitantes y la superficie urbana de 101.5 km², y para 2020 la población era de 1,530,820 habitantes y la superficie urbana de 177.5 km² (Rivera Godínez *et al.*, 2021). También, en este periodo se presentó la consolidación y el desarrollo de nuevos asentamientos humanos (colonias urbanas y fraccionamientos); esto se acompañó de la expansión de suelo construido con diferentes usos (habitacional, comercial e industrial), especialmente hacia las secciones sur y norte de la periferia de la ZMQ (Rivera Godínez *et al.*, 2021; Oreano Hernández y Hernández-Guerrero, 2022).

Las subcuencas del sector norte de la periferia urbana de la ZMQ destacan por su continua urbanización y la consecuente alteración de los recursos hídricos, pero, a pesar de la puesta en marcha de políticas, programas y planes de desarrollo para mitigar este fenómeno, continúa la reconfiguración del territorio con repercusiones en la funcionalidad hídrica (Oreano Hernández, 2020). En ese sector norte sobresale la Subcuenca Santa Rosa Jáuregui (SSRJ), la cual presenta acelerados cambios de uso de suelo acompañados de desarrollos habitacionales, comerciales e industriales que han influido de forma negativa en los recursos hídricos y esto, a su vez, en afecciones en la estructura y funcionalidad hídrica, por ejemplo escasa infiltración para la recarga de acuíferos, formación de avenidas torrenciales e inundaciones y dificultades en el acceso, distribución y disponibilidad de agua (Oreano Hernández y Hernández-Guerrero, 2022; Martínez Romero, 2023).

Por su parte, Hernández-Guerrero (2020) detectó diferencias de calidad y funcionalidad en los recursos hidráulicos, especialmente en los principales núcleos urbanos de la SSRJ, sea Juriquilla y Santa Rosa Jáuregui; en la primera observó infraestructura y diseños arquitectónicos para mantener la plusvalía y en la segunda percibió contaminación, nula o deficiente infraestructura y manejo inadecuado del agua. Asimismo, Oreano Hernández (2020) identificó la formación de recurrentes inundaciones en esos núcleos, lo cual se asocia, entre otros factores, con la alteración de recursos hidráulicos, la deficiente atención del gobierno y la poca articulación normativa para reducir desastres.

De tal forma, una primera aproximación muestra que la SSRJ presenta sectores urbanizados o en proceso de urbanización, la cual involucra reconfiguración territorial e influye en la introducción o transformación de recursos hidráulicos, a la vez que no se distingue en la planeación urbana y ha sido escasamente documentada y representada. Por lo tanto, es fundamental generar información de los recursos hídricos para comprender su situación en la urbanización y funcionalidad hídrica de la SSRJ, lo cual acompañe estrategias y acciones que beneficie la dinámica hídrica de la ZMQ.

Con base en lo anterior surgen las siguientes interrogantes: ¿Cómo fue la evolución de los recursos hídricos respecto a la urbanización de la SSRJ en el periodo 1970-2020? y ¿cuáles son las zonas funcionales donde se concentran los recursos hidráulicos que influyen de manera negativa en la dinámica hídrica de la SSRJ? Con el fin de responder estas preguntas el objetivo consistió en analizar la relación entre recursos hidráulicos y la urbanización de la SSRJ del municipio de Querétaro en el periodo 1970-2020. El proceso consistió en un análisis descriptivo que incluyó la representación de momentos históricos de crecimiento urbano y zonas funcionales, además se utilizaron datos empíricos obtenidos de fuentes documentales y geográficas para identificar y representar la construcción, transformación o adaptación de recursos hidráulicos y distinguir su influencia en la dinámica de la subcuenca.

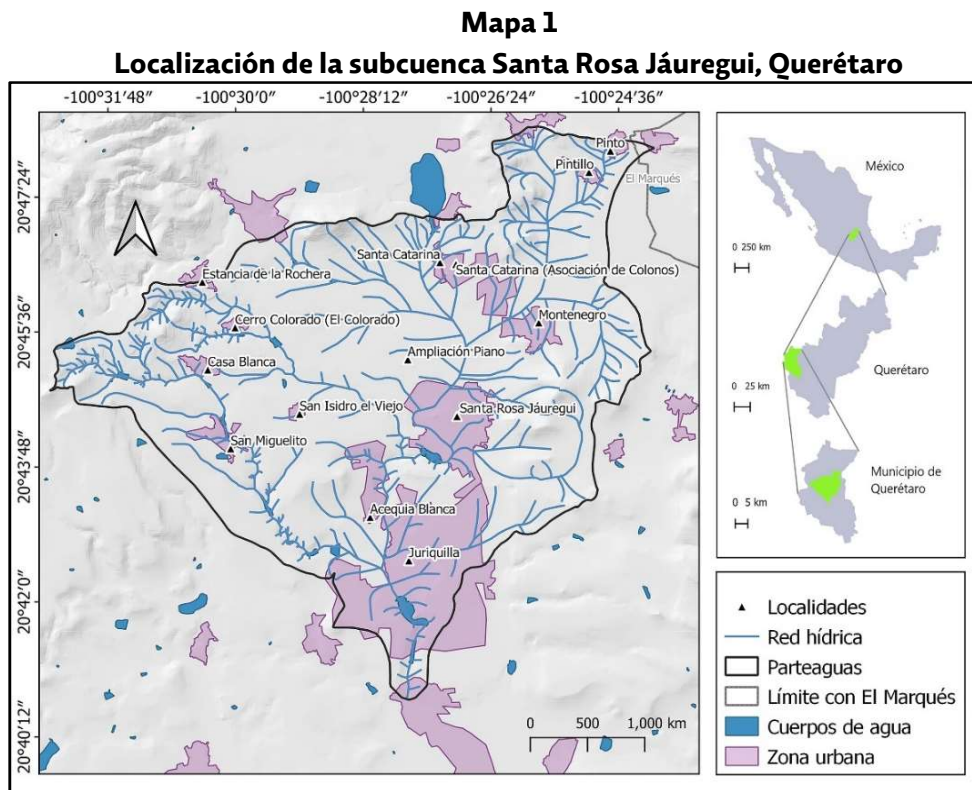
La organización del artículo es la siguiente. Posterior a la introducción, el texto se divide en cuatro secciones. La primera corresponde al área de estudio donde se describen las principales características biofísicas y sociales. En la segunda sección se explican los métodos y herramientas, donde se destaca el trabajo documental, bases de datos y el uso de sistemas de información geográfica. La tercera sección comprende los resultados y discusión sobre la evolución de los recursos hidráulicos donde se contrastaron y reflexionaron los principales hallazgos. Finalmente, la cuarta sección toca a las conclusiones donde se enfatiza la contribución al objetivo y el uso que puede brindar los resultados del presente trabajo.

1. Área de estudio

La subcuenca Santa Rosa Jáuregui se encuentra en la ZMQ (centro de México), específicamente al norte del municipio de Querétaro (mapa 1). Tiene una superficie de 102 km² y forma parte de la región hidrológica XII Lerma-Santiago, así como de la cuenca Lerma-Chapala. Esta subcuenca representa una unidad territorial madura que recibe agua de otras cuencas vecinas como Buenavista y La Estacada, que a su vez posee un sistema de corriente dendrítico de quinto orden que desemboca en el núcleo urbano conocido como Jurica (Oreano Hernández, 2020).

La SSRJ en 1990 estaba constituida por 26,455 habitantes y su superficie urbana era de 3.97 km², mientras que para 2020 el número de habitantes era de 88,719 y la superficie urbana de 22.19 km². En ese mismo año contaba con 41 localidades rurales y seis localidades urbanas: Santa Rosa Jáuregui, Juriquilla, Montenegro, Pie de Gallo, San Miguelito y Puerto de Aguirre (Inegi, 2020 e Inegi, 2021; Huacuz Elías y Vázquez Cruz, 2018). Cabe decir que en 2020, del total de viviendas habitadas (24,156 viviendas habitadas), 97% (23,375 viviendas habitadas) disponía de acceso a agua entubada, 99% (23,993 viviendas habitadas) contaba con drenaje y 59% (13,879 viviendas habitadas) se abastecía del sector público. Por su parte, del total de viviendas habitadas (2297 viviendas habitadas) en las localidades rurales, el 92% (2126 viviendas habitadas) disponía de acceso a agua entubada y 94% (2179 viviendas habitadas) contaba con drenaje, de las cuales 85% (1824 viviendas habitadas) se abastecía del sector público (Inegi, 2020 y 2021).

La subcuenca posee un clima seco y semiseco representado por la temperatura media anual de 17.7°C y precipitación media anual de 578.5 mm; por su parte, la vegetación predominante es matorral xerófito y crasicaule y el relieve está parcialmente accidentado (Oreano Hernández, 2020). Entre los principales recursos hidráulicos destaca la presa Dolores, la presa el Cajón, el dren Santa Rosa Jáuregui, bordos como La Hoyita de las Troneras, El Bordito y El Águila, arroyos como los de San Isidro, Arroyo Jurica y Las Tinajas; asimismo, se encuentran secciones de los acuíferos Valle de Querétaro, Valle de Amazcala y Valle de Buenavista (Conagua, 2021).



Fuente: elaboración propia con información del Inegi (2021) y el *software* QGis v. 3.16 (OSGeo, 2021).

2. Métodos y herramientas

El proceso para contestar el objetivo parte de un análisis descriptivo hídrico-territorial acompañado del uso de sistemas de información geográfica (SIG) a través de tres fases: 1) delimitación de zonas funcionales para la SSRJ, 2) identificación de la evolución, uso y manejo de recursos hidráulicos en la SSRJ y 3) representación de momentos históricos entre crecimiento urbano y recursos hidráulicos.

2.1. Delimitación de zonas funcionales para la subcuenca

En la primera fase se definieron zonas funcionales para dividir la subcuenca y facilitar la comprensión del papel de los recursos hidráulicos que influyeron en la funcionalidad de la subcuenca. Cabe decir que las zonas funcionales se fundamentan en la dinámica geomorfológica e hídrica de una cuenca, las cuales se asocian con la captación de agua de lluvia, almacenamiento, transporte, descarga y depósito de agua (Valdés Carrera y Hernández-Guerrero, 2018). El proceso consistió en utilizar información espacial de

hidrografía, geomorfología, uso de suelo, hipsometría y pendiente. La información de hidrografía, hipsometría y pendiente se elaboró a partir del Continuo de Elevaciones Mexicano (15 metros) obtenido del Inegi (2013); por su parte, la geomorfología se tomó del trabajo de Oreano Hernández (2020) y, finalmente, la capa de cobertura y uso de Rivera Godínez *et al.* (2021). Para mayor entendimiento, a las diversas variables físicoespaciales se les llamará “capa”, nombre tradicional en el lenguaje de los SIG; esta información se halló en formato vector. Para la elaboración de los procesos digitales tales capas se llevaron a formato *raster* (celdas de 10 x 10 m), donde cada capa se normalizó en siete clases según las funciones y dinámica hídrica y con álgebra de mapas, específicamente el módulo *Raster Calculator*, y se llevó a cabo una suma lineal estándar utilizando la ecuación 1. La capa resultante se reclasificó en tres clases para facilitar la delimitación de tres zonas funcionales; asimismo, este proceso se acompañó de la interpretación y el propósito teórico de cada zona, esto es, zona funcional alta refiere a la captación de agua de lluvia, la zona funcional media al transporte de agua y la zona funcional baja al depósito de agua.

$$ZF = H + G + U_s + H_i + P \quad (1)$$

donde ZF son las zonas funcionales, H_i es la hidrografía, G_e es la geomorfología, U_s son los usos de suelo, H_i es la hipsometría y P es la pendiente.

2.2. Identificación del uso y evolución de recursos hidráulicos en la SSRJ

En la segunda fase se utilizaron los aportes de López-Mares *et al.* (2019) para identificar los recursos hidráulicos, su evolución y el periodo de mayor impacto. En primera instancia se llevó a cabo la búsqueda de información sobre recursos hidráulicos en fuentes documentales, acervo hemerográfico, planos y mapas del archivo histórico del municipio de Querétaro; adicionalmente, se obtuvieron y digitalizaron recursos hidráulicos (presas, bordos, ríos, canales, pozos) de cartas topográficas y del conjunto de datos vectoriales del Inegi (1972a, 1972b, 1995, 1996, 2014 y 2019). En segunda instancia se llevó a cabo un análisis documental para conocer los usos de los recursos hidráulicos; por lo tanto, se revisaron documentos de instituciones públicas como Inegi, Comisión Estatal de Agua (CEA), Conagua, la delegación administrativa Santa Rosa Jáuregui y el archivo

histórico municipal de Querétaro y también se revisaron tesis, artículos, libros y reportes técnicos. Lo anterior se integró en cinco bases de datos correspondientes a 1972, 1996, 2009, 2016 y 2020, donde cada una ellas contiene los tipos de recursos hidráulicos, la ubicación respecto a la zona funcional, el año de construcción/operación, el estatus de funcionamiento, el uso y manejo, así como el encargado del uso y manejo.

2.3. Representación de momentos históricos entre crecimiento urbano y recursos hidráulicos

En la tercera fase se llevó a cabo la elaboración de momentos históricos urbanos y la incorporación de la respectiva información sobre recursos hidráulicos para el periodo de 1990-2020. El ejercicio consistió en la recopilación y digitalización de cartografía urbana; información obtenida en formato impreso y digital. Cabe reiterar que el periodo de análisis es 1990 a 2020 por los antecedentes de urbanización; sin embargo, se incorporó información para la década de los setenta para señalar argumentos indispensables en la comprensión del fenómeno. En este sentido, se realizó la búsqueda de planos y mapas en el archivo histórico del municipio de Querétaro, cartas topográficas digitales (Inegi, 1972a, 1972b, 1995, 1996, 2014) e información de cartografía urbana vectorial (Inegi, 2009, 2016 y 2021). El resultado de este ejercicio fueron cinco momentos históricos urbanos con su respectiva adición de la información digital de los recursos hidráulicos: 1972, 1996, 2009, 2016, 2020. Es relevante indicar que, al momento de la construcción de los momentos históricos en el SIG, se homologaron proyecciones y escalas cartográficas, además se incluyó o eliminó información y se corrigieron errores topológicos. Por otro lado, para el momento histórico del 2020 se incorporó información de la imagen Landsat/Copernicus de Google Earth (Google, 2020) para corroborar, corregir e identificar asentamientos o recursos hidráulicos que aún no fueron incorporados por el Inegi; esto permitió identificar bordos y canales que no se integraron a la cartografía. Por ello, fueron necesarias salidas de campo para acudir al lugar identificado en la imagen de satélite y reconocer e incorporar el recurso hidráulico; en esta actividad se utilizaron tabletas digitales para la digitalización de recursos hidráulicos *in situ*.

A partir de la información obtenida en las tres fases anteriores, se elaboraron cinco mapas (1972, 1996, 2009, 2016 y 2020) mediante la superposición de las capas de zonas funcionales, superficie urbana y recursos hidráulicos. De esta manera, los mapas facilitaron el análisis entre el crecimiento urbano y la construcción, modificación, adaptación o cierre de recursos hidráulicos.

Finalmente, una vez obtenidos los mapas de cada momento histórico donde se relaciona el crecimiento urbano y los recursos hidráulicos, se procedió a analizar la construcción, transformación o adaptación de recursos hidráulicos para cada momento histórico; al mismo tiempo, este proceso incluyó la información de la base de datos, la cual corresponde a la ubicación del recurso respecto a la zona funcional, el estatus de funcionamiento, el uso y manejo y el actor o instancia encargada del recurso.

3. Resultados y discusión

3.1. Recursos hidráulicos en la SSRJ para el periodo 1800-1980

A finales del Virreinato (1800-1821) la superficie que compone la SSRJ se percibía como un lugar estéril de fuentes de agua limpia, a la vez que se contaba con algunos recursos hidráulicos como el río Juriquilla, la Ciénega de los Mulatos y la Noria del Pilacón; ésta última se edificó en 1832 (fotografía 1) por el cura Pedro García del pueblo Santa Rosa debido a la escasez de fuentes, pozos o cisternas para proveer agua al pueblo y a los viajeros (Jiménez, 2018). Años después, en 1840 se construyó la presa Santa Catarina (al norte de la subcuenca, justo después del parteaguas), desde la cual dos acueductos llevaban agua a las labores de las haciendas; después, en 1880 y 1900 se construyó la presa El Cajón y la presa Dolores respectivamente (Jiménez, 2018; Conagua, 2021), donde la función de esos dos cuerpos de agua era abastecer a las áreas agrícolas y asentamientos humanos, así como regular el flujo de agua cuenca arriba para mitigar inundaciones y afectaciones a las actividades productivas.

Para los primeros años del siglo XX y, a pesar de los recursos hidráulicos que se construyeron, la SSRJ seguía presentando escasez de agua e infraestructura hidráulica. Por su parte, en 1919 los pobladores obtuvieron terrenos correspondientes al ejido Santa Rosa (sección central de la subcuenca) y con ello se realizó la limpieza de arroyos y acequias para llevar agua a los bordos con el fin de ser distribuida en las actividades agrícolas y para consumo humano (Jiménez, 2018).

Fotografía 1
Imagen de los aguadores en la Noria del Pilacón de Santa Rosa Jáuregui



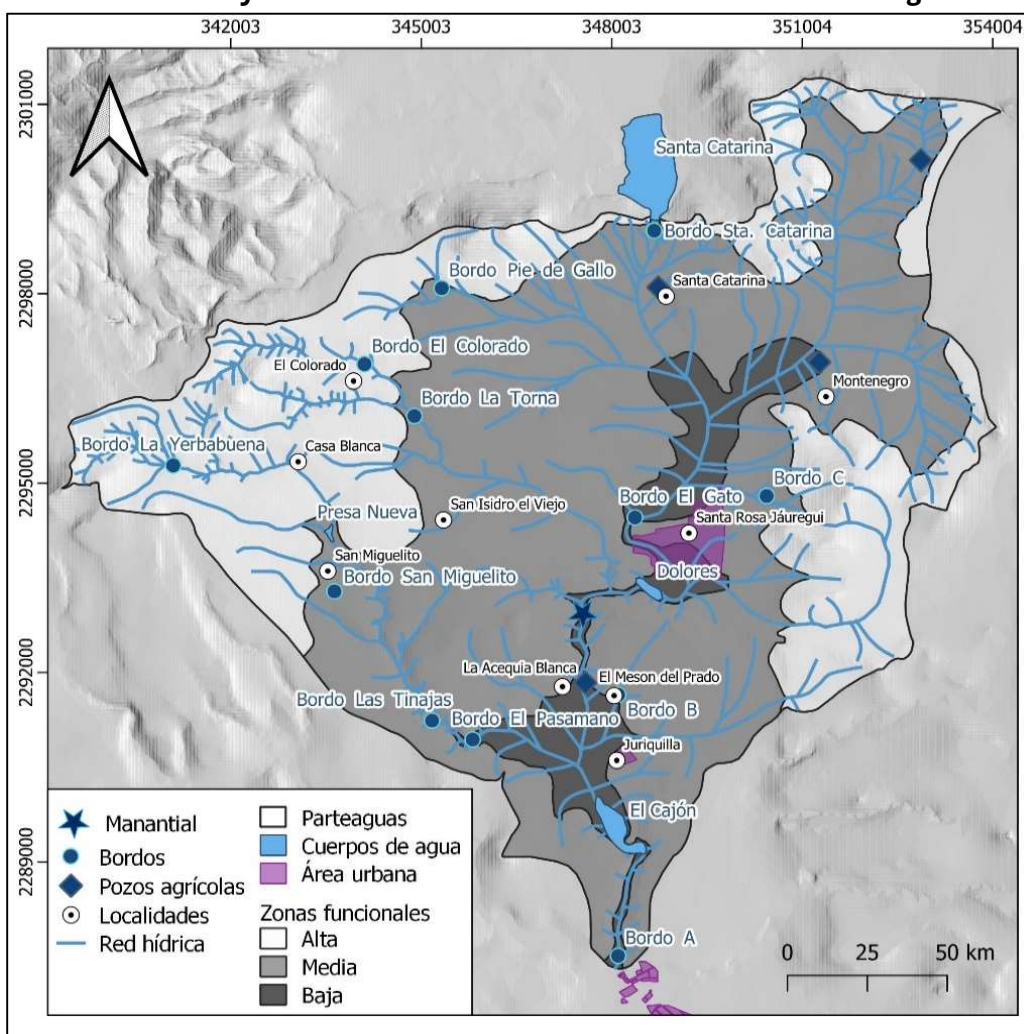
Fuente: tomada de Jiménez (2018).

A partir de 1940 se presentaron cambios notables en la dinámica hídrica de la SSRJ, las norias dejaron de ser utilizadas y se fomentó la construcción de bordos y la perforación de pozos profundos; además, se instauró e incrementó infraestructura para la distribución de agua potable domiciliaria. Así, en 1972 los recursos hidráulicos que proliferaron en la SSRJ fueron los bordos, con un total de 13 (mapa 2); en cuanto a esto, la zona funcional media de la subcuenca era la que tenía la mayor cantidad (seis bordos), misma que se asocia con actividades primarias. Por su parte, la zona baja se caracteriza por la concentración poblacional, y la cual contaba con cuatro bordos, dos presas, un manantial y algunos depósitos de agua temporal proveniente de arroyos intermitentes. Cabe decir que a finales de la década de los setenta se inauguró el Club de Golf Juriquilla (zona baja de la SSRJ), y desde ese momento la presa El Cajón y secciones de su afluente principal fungen como atractivos del club.

Por otro lado, en 1976 se emitió la Ley para el Desarrollo Urbano del Estado de Querétaro y en 1979 se aprobó el Plan Estatal de Desarrollo Urbano. Si bien esta base normativa promovía la regulación de asentamientos humanos, la mayor atención remitía al área urbana central; por lo mismo, debido a la lejanía de la SSRJ, se fomentó la ocupación de suelo con escasa vigilancia y mínimo planeamiento, lo cual fue consecutivo en la década de los ochenta. A pesar de esta situación, los recursos hidráulicos no presentaron grandes cambios respecto a la década de los setenta, aunque

sí destaca la construcción de tanques elevados para el suministro de agua potable por gravedad, acción que se implementaba en sitios distantes de la red de agua potable domiciliaria administrada por la CEA (institución creada en 1980). En esta misma línea, a mediados de la década de los ochenta se instauró la coordinación entre el Estado, la CEA y los municipios de Querétaro para el manejo de los servicios de agua potable y alcantarillado, que actualmente continúan (Ley de Aguas del Estado de Querétaro, 2022). Por lo tanto, esta década es un parteaguas en cuestión de normativa para los recursos hidráulicos.

Mapa 2
Recursos hidráulicos y zonas funcionales de la subcuenca Santa Rosa Jáuregui en 1972



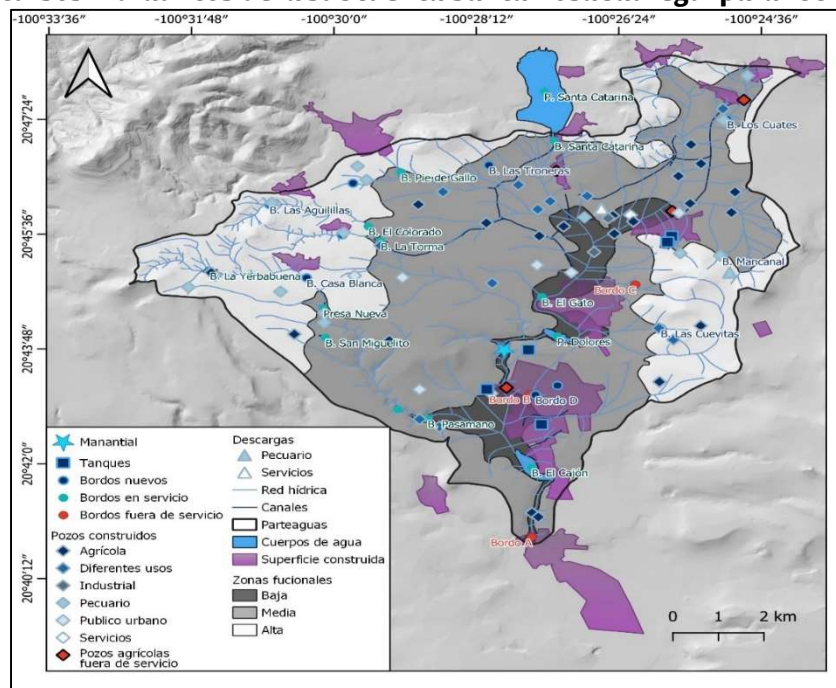
Fuente: elaboración propia con información del Inegi (1972a y 1972b) y el *software* QGis v. 3.16 (OSGeo, 2021).

3.2. El auge por construir y transformar recursos hidráulicos en la SSRJ (1990-2020)

Entre las estrategias económicas como parte de la competitividad de Querétaro destaca que, a inicios de la década de 1990, se impulsó la industrialización, lo cual fomentó atracción poblacional, cambio de uso de suelo y alteraciones en la dinámica hídrica de la SSRJ, entre otros. En este proceso, el servicio público de agua potable para la SSRJ no pudo ser administrado en su totalidad por la CEA. Por lo tanto, se delegó a agentes privados (propietarios de pozos) por medio de concesiones de agua con el discurso de apoyar en el abastecimiento de agua a sitios distantes del área urbana central; ejemplo de ello es la empresa Agua Potable y Alcantarillado Provincia Juriquilla, la cual incluye empresas constructoras e inmobiliarias. Además, en 1997 se inauguró un parque industrial al norte de la SSRJ que propició la construcción de pozos para aprovechamiento industrial con empresas como titulares (Grupo GL Construcciones y Promociones S. A. de C. V. y Bticino de México S. A. de C. V.).

Para la segunda mitad de la década de 1990 continuaron en funcionamiento 10 de los 13 bordos, además de las tres presas que estaban en función en 1972; asimismo, tres bordos dejaron de operar (bordos A, B y C), uno en la zona funcional baja y dos en la zona media, y se construyeron 10 bordos más, cinco en la zona alta y cuatro en la zona media (mapa 3). Por su parte, se construyeron cinco tanques de agua en la zona media y un sistema de canales al norte de la subcuenca que conduce los escurrimientos de la zona alta a la zona baja, además se observan dos canales de pequeña extensión en la zona baja. También se registraron dos puntos de descarga de aguas residuales al norte y este de la SSRJ: el primero conduce residuos del parque industrial y el segundo de una granja porcícola. A grandes rasgos, los cambios más significativos en la dinámica de hídrica de la SSRJ fueron la diversificación del uso de los recursos hidráulicos (siendo los asentamientos urbanos junto a las actividades agrícolas e industriales la principal orientación); por lo mismo, esos recursos tienen un fin urbano, pero, como se aprecia, fueron considerados posterior a la urbanización, la cual rebasó la dotación pública de agua y se tuvo que acceder a empresas privadas para el abastecimiento y distribución de agua.

Mapa 3
Recursos hidráulicos de la subcuenca Santa Rosa Jáuregui para 1996

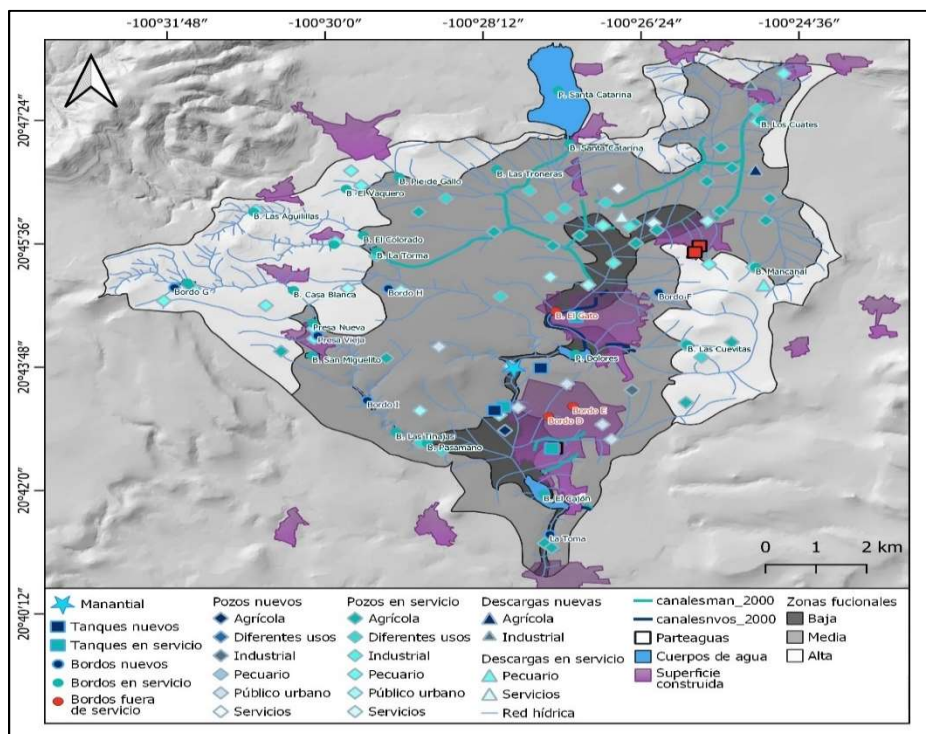


Fuente: elaboración propia con información del Inegi (1995 y 1996) y el *software* QGIS v. 3.16 (OSGeo, 2021).

Respecto a 2009, los cambios acontecidos en los recursos hidráulicos de la SSRJ en 1996, corresponden a 1) tres cuerpos de agua (bordos D y E, y El Gato) en los límites entre la zona baja y zona media dejaron de utilizarse, 2) cinco bordos nuevos (uno en la zona funcional baja y cuatro en la zona funcional media) y 13 pozos más, y permanecieron las dos presas (mapa 4). La administración de estos recursos hidráulicos se realizaba entre agentes privados (sobresale Agua Potable y Alcantarillado Provincia Juriquilla) y públicos (la CEA). Asimismo, en 2008 la presa Dolores fue desazolvada y adaptada como lago recreativo dentro de un parque de atracciones (Parque Bicentenario); por su parte, la presa El Cajón se consolidó como área recreativa no solo por su vínculo con el Club de Golf Juriquilla sino también porque de manera complementaria incluye un club náutico, así como restaurantes y vivienda exclusiva en sus alrededores. Cabe recordar que, como se mencionó, la función de las presas era abastecer a las áreas agrícolas y asentamientos humanos, así como regular el flujo de agua para mitigar inundaciones y afectaciones a las actividades productivas, mientras que los bordos mantienen su función de retención de agua para actividades agropecuarias; sin embargo, en este año proliferaron los pozos para abastecer de agua a los nuevos y consolidados fraccionamientos urbanos. Así, en la gestión de los recursos hidráulicos sobresalen los pozos como

una vía emergente en la construcción del espacio urbano, lo cual implica que en la planeación urbana primero se edificó y después se incorporó la infraestructura para la dotación de agua; por lo tanto, ese proceso no consideró el agua como agente directo de la urbanización.

Mapa 4
Recursos hidráulicos de la subcuenca Santa Rosa Jáuregui para 2009



Fuente: elaboración propia con información del Inegi (2009) y el *software* QGis v. 3.16 (OSGeo, 2021).

Un año que representa un hito en el crecimiento urbano de la SSRJ es 2009, dirigido particularmente por el incremento de zonas habitacionales, ya que conforme se expandió la superficie construida también se incrementaron las obras hidráulicas, como es el caso de los canales que se construyeron en el área de Santa Rosa Jáuregui, los cuales transportan el agua que escurre desde los canales del norte de la subcuenca y la redirige hacia las presas Dolores y El Cajón; por ende, a pesar de sus actividades recreativas y la plusvalía del entorno inmediato, contienen descargas de aguas residuales habitacionales, industriales y comerciales.

El más reciente *Plan Parcial de Desarrollo Urbano para la Delegación Santa Rosa Jáuregui* de 2007 (Municipio de Querétaro, 2007) no incluye la construcción o adaptación de recursos hidráulicos dentro de la subcuenca, aunque sí se mencionan factores como el cuidado y conservación

del agua, eliminación de fuentes directas de contaminación a escurrimientos, arroyos y drenes, y se promueve la ocupación de suelos seguros para evitar inundaciones o avenidas torrenciales. En general, es limitada la consideración de los recursos hidráulicos como factor de planeación urbana en la SSRJ, los cuales no necesariamente son para mejorar o mantener la funcionalidad hídrica, sino para satisfacer necesidades particulares inmediatas sin visión a largo plazo, o bien se construyen, transforman o adaptan recursos hidráulicos desde iniciativas privadas e individuales que inciden en el diseño urbano para la plusvalía.

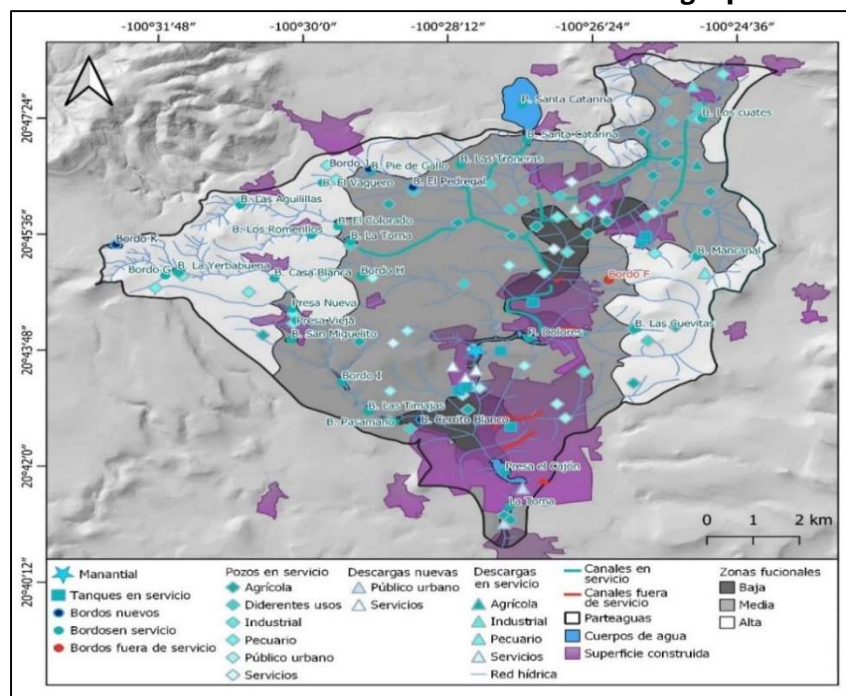
Al respecto, García Guzmán (2018) apunta que en la periferia urbana norte los recursos hidráulicos son poco considerados para su propósito, a la vez que se distingue doble discurso: por una parte, la CEA señala estar rebasada para abastecer y distribuir agua, por lo que facilita el proceso para el otorgamiento de concesiones hacia agentes privados a manera de colaboración y, por otro lado, se brinda a la iniciativa privada como dueños de pozos o empresas con facultades (poder) para usar, manejar y modificar los recursos hidráulicos. Lo anterior involucra acciones sustentadas en la Ley de Aguas Nacionales en el otorgamiento de concesiones y facultades (Ley de Aguas Nacionales, 2023, art. 9), pero no es solo la construcción de obras hidráulicas para el aprovechamiento del agua, sino también los beneficios individuales económicos, de control, poder u otros.

De esta manera, entre 1996 y 2009 se identificaron las siguientes consideraciones asociadas a los recursos hidráulicos: i) la superficie construida se desarrolla principalmente sobre la zona funcional baja, esto es, sobre sitios de acumulación de agua (susceptibles a inundaciones). ii) Se ocuparon sitios en la periferia de la localidad de Santa Rosa Jáuregui y contiguos a la localidad Montenegro, los cuales son de difícil acceso para la dotación de servicios públicos entre ellos el agua; por lo tanto, se propició la construcción de 69 pozos para abastecer, especialmente, a zonas habitacionales y comerciales. iii) Se impulsaron cuatro concesiones privadas para la administración del agua donde destaca la participación de la operadora privada Bienes Raíces Juriquilla S.A. de C.V en la urbanización de la zona media y baja de la subcuenca. iv) Se adaptaron o transformaron siete recursos hidráulicos para satisfacer necesidades residenciales, industriales, de recreación y ocio. Este periodo ejemplifica lo señalado por López-Mares *et al.* (2019), respecto a que los recursos hidráulicos están supeditados por la interacción entre unos cuantos actores, fuentes de agua susceptibles, normatividad mal interpretada y discrepancias entre usos del espacio y el agua.

La segunda década del siglo XXI, específicamente 2016, muestra la tendencia en el incremento de recursos hidráulicos, especialmente bordos y pozos: se distingue la construcción de cuatro bordos respecto a 2009 (el bordo K en la zona alta, el bordo Pedregal y el bordo J en la zona media, y el bordo Cerrito Colorado en la zona baja); por su parte, dejó de funcionar el bordo F en

la zona media, pero continuaron en funcionamiento 22 bordos que, junto a los nuevos bordos suman un total de 26; asimismo, se tiene la presencia de más de 74 pozos, 17 más que en la década anterior. Vale la pena mencionar que en esta década participó la constructora Grupo GL asociada al Estado de Querétaro y, por otro lado, la CEA cedió la administración a la operadora privada Bienes Raíces Juriquilla S.A. de C.V. (mapa 5). También, continuaron en funcionamiento siete tanques de agua, dos de los cuales estuvieron en función en la década de 1990, pero no en la del 2000. Adicionalmente, se identificaron canales para aguas residuales y pluviales, así como el funcionamiento de seis puntos de descarga, tres en la zona baja y tres más en la zona media, lo cual corresponde al centro y sur de la subcuenca respectivamente, donde esos lugares destacan por la importante edificación de fraccionamientos, condominios y comercios. En 2016, se acentuó la participación del sector privado en colaboración con inmobiliarias y la industria, pues nuevamente tuvo un impacto relevante sobre la construcción y transformación de recursos hidráulicos de la SSRJ, lo cual se vincula con el crecimiento de superficie para uso habitacional y que forma parte del proceso económico-competitivo de la ZMQ, aunque esa competitividad deberá acompañarse de estrategias donde el agua sea un punto fundamental en la construcción del espacio urbano y no como un mecanismo alternativo que tiene escaso reconocimiento en la disponibilidad de agua.

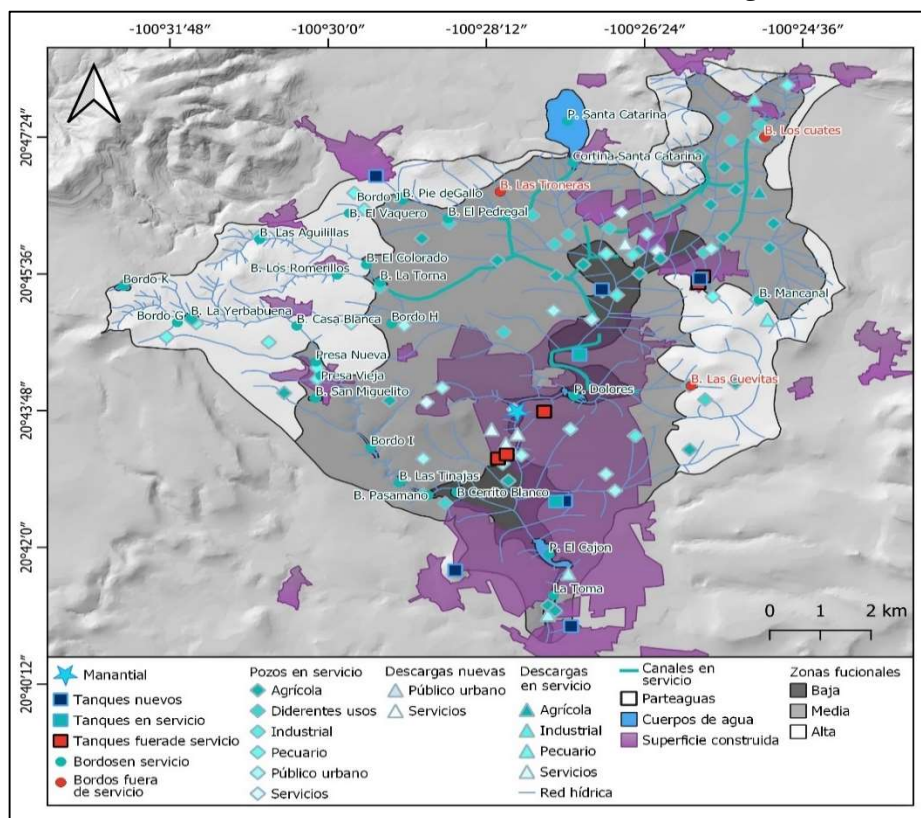
Mapa 5
Recursos hidráulicos de la subcuenca Santa Rosa Jáuregui para 2016



Fuente: elaboración propia con información del Inegi (2014 y 2016) y el *software* QGIS v. 3.16 (OSGeo, 2021).

El último momento histórico corresponde a 2020, pero, dada la proximidad temporal respecto a 2016, fueron mínimos los cambios en los recursos hidráulicos. El número de pozos y canales se mantuvo sin modificaciones importantes, aunque tres cuerpos de agua dejaron de funcionar; son los casos de los bordos Los Cuates, Las Cuevitas y Las Troneras (mapa 6). Los cambios más evidentes se presentaron en los tanques elevados, donde dos tanques dentro del núcleo urbano de Santa Rosa Jáuregui y Juriquilla se mantuvieron en función desde el periodo anterior, aunque cuatro tanques dejaron de funcionar y se instalaron cuatro tanques nuevos.

Mapa 6
Recursos hidráulicos de la subcuenca Santa Rosa Jáuregui en 2020

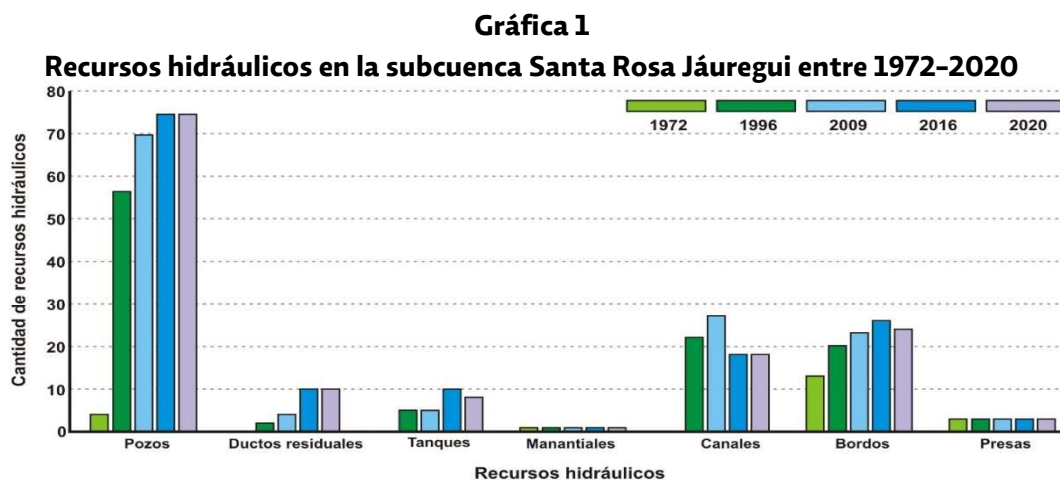


Fuente: elaboración propia con información del Inegi (2019, 2021) y el *software* QGIS v. 3.16 (OSGeo, 2021).

A pesar de los escasos cambios suscitados entre 2016 y 2020, los recursos hidráulicos siguen representando las condiciones de los cambios en el entorno inmediato; en este sentido, sobresale nuevamente el ámbito residencial, en especial en los principales núcleos urbanos como Juriquilla y Santa Rosa Jáuregui, pozos privados con suministro transitorio de agua, canales incompletos o a cielo abierto con descargas residuales a otros recursos hidráulicos y bordos que propician inundaciones a causa del deficiente manejo. Al respecto, García Guzmán (2018), Hernández-

Guerrero (2020) y Romero Herrera (2021) advierten que existe poco trabajo asociativo (gobierno, sociedad e iniciativa privada) con enfoque hídrico en la producción urbana —situación confirmada en este trabajo—, pues los recursos hidráulicos se programan posterior a los cambios de uso de suelo, aunque no solo involucra escaso planeamiento, sino que los recursos hidráulicos suelen ser insuficientes, poco funcionales, o bien estéticamente definidos conforme la plusvalía del lugar. Asimismo, se reitera la importancia de los intereses privados, ya que, aun cuando la normativa en Querétaro no lo mencione de forma textual, permite que se privatice el agua (Ley de Aguas del Estado de Querétaro, 2022, art. 32) y se presenten estrechas relaciones de poder que condicionan el uso y manejo de recursos hidráulicos a conveniencia; ejemplo de ello es que 68% de los pozos están relacionados con actividades privadas y desarrollos inmobiliarios.

Con base en los argumentos planteados hasta el momento, la gráfica 1 muestra la evolución de los recursos hidráulicos de los últimos 50 años en la SSRJ, donde se distingue el incremento de pozos, bordos y canales, los cuales se concentran entre la zona funcional media y la zona funcional baja, mismos que han acompañado el crecimiento y expansión de suelo urbano, en especial el desarrollo habitacional. Asimismo, Martínez Romero (2023) señala que los recursos hidráulicos no solo están supeditados por la concentración y proliferación, sino también por la magnitud de la obra hidráulica. En este sentido, este artículo identificó que al interior de los núcleos urbanos de mayor concentración poblacional como Juriquilla y Santa Rosa Jáuregui no se caracterizaron por la cantidad de recursos hidráulicos (prolifera en la periferia de esos núcleos), sino por la magnitud de ellos, sean los casos de las presas, los canales y pozos a gran profundidad.



Fuente: elaboración propia con base en los resultados del análisis documental y cartográfico.

Al respecto, es primordial recalcar los eventos perjudiciales que se producen en relación de los recursos hídricos con deficiente planeación, pues la extracción de agua del subsuelo, principalmente por pozos causa subducciones, lo que lleva a considerar los efectos que ha ocasionado este proceso en otros espacios urbanos del centro del país, por ejemplo Ciudad de México, Toluca, Puebla e Irapuato, donde ese fenómeno se acompaña de pérdidas materiales y económicas, desalojo de personas y afectaciones a las actividades productivas (Carreón-Freyre *et al.*, 2019; Camacho Sanabria *et al.*, 2020; Sosa Rodríguez, 2020). Por otro lado, Oreano Hernández y Hernández-Guerrero (2020) precisan que a raíz de la alteración de la dinámica hídrica por la urbanización y los recursos hidráulicos poco funcionales y mal utilizados se han formado recurrentes y peligrosas inundaciones al interior de los núcleos urbanos de la SSRJ y cuencas vecinas.

En tal sentido, los hallazgos de este trabajo son preocupantes por el problema de desabasto de agua que tiene la ZMQ, aparte de que no se identifican estrategias para incluir un manejo y uso del agua eficiente que acompañe el crecimiento del espacio construido. Por el contrario, se piensa en la construcción de nuevos recursos hidráulicos para el abasto de agua, promovida de escasa o nula consideración de la disponibilidad de las fuentes de agua; ejemplo de ello es que se proyecta un tercer acueducto para el trasvase de agua entre cuencas y donde y se espera que el agua no sea considerada un bien común como ocurre con el acueducto II (Granados-Muñoz, 2022). En este contexto, la ZMQ presenta déficit hídrico y sobreexplotación del acuífero Valle de Querétaro, donde la disponibilidad media anual es de $-63.724840 \text{ hm}^3/\text{año}$ (el valor negativo significa déficit de agua en el acuífero), también se dispone de hasta 50 Mm^3 de agua por trasvase del Acueducto II, padece de incontables cortes temporales del suministro y se encuentran contaminados los principales ríos (Conagua, 2020; Granados-Muñoz, 2022). En contraparte, continúa de manera acelerada el desarrollo habitacional, comercial e industrial en sitios distantes y poco accesibles para el servicio público de agua sin dejar de mencionar que el agua no solo se utiliza para consumo humano o desarrollo de actividades, sino que esos lugares tienen amenidades que requieren del recurso. Relacionado con esto, en trabajo de campo se observó lo que expone Hernández-Guerrero (2020), para quien las constructoras e inmobiliarias asociadas con el municipio, organismos operadores y concesionarios participan en la construcción y diseño de complejos habitacionales que, en su mayoría, tienen amplias extensiones de áreas verdes, piscinas o fuentes decorativas que requieren grandes cantidades de agua (sin dejar de lado el discurso del uso de agua tratada). Al respecto, en el

corto o mediano plazo se requiere desacelerar el crecimiento urbano y la proliferación de recursos hidráulicos, así como adecuar planes y programas urbanos que consideren el agua como uno de los ejes centrales y, muy importante, limitar el ejercicio agreste de constructoras e inmobiliarias que solo tienen el propósito de acumular capital sin considerar los problemas hídricos que ocasionan en una ciudad con cada vez mayor escasez de agua. Los argumentos expuestos ejemplifican lo que Maldonado (2020) identifica, donde la urbanización del capital y el metabolismo sociedad-naturaleza están intrínsecamente vinculados a la reinversión de procesos de acumulación, donde se promueven estilos de vida asociados a contextos mercantiles y de plusvalía; esto a su vez involucra la generación de recursos hidráulicos a expensas de la naturaleza con fines que excede lo necesario. Asimismo, la administración del agua en la SSRJ se relaciona con los planteamientos de Barkin (2011) y Budds (2012) en el sentido de que la administración es presionada para cambiar sus medios y activos en mejora del servicio de agua, lo cual conlleva a que la administración se recargue hacia el sector privado y se acompañe de acciones políticas focalizadas, asignación de precios y escaso interés en el agua como bien común. De esta manera, la interacción entre sociedad-naturaleza es independiente de cualquier formación histórica, la cual existe porque los seres humanos necesitan las materias primas de la naturaleza; sin embargo, el problema radica en la proporción agreste con la que la sociedad utiliza esas materias, y no para promover un ciclo orgánico donde los sistemas mantengan su estructura vital (Maldonado, 2020). Así, es como en la SSRJ se identificó una interesante desconexión entre sociedad-entorno-agua, pues la urbanización es más rápida que la propia dotación del servicio público del agua. En contraparte, se construye infraestructura para abastecer en lo inmediato y que, derivado de una administración mixta entre público y privado, no responde a una necesidad humana, sino que es dictado por y para unas cuantas personas con implicaciones político-económicas en vías de acumulación de capital.

Respecto a la especificidad de los resultados obtenidos, resaltan los datos empíricos de fuentes documentales y geográficas, ya que fueron suficientes para describir, identificar y representar algunas de las aristas de la construcción, modificación y adaptación de recursos hidráulicos en una subcuenca en proceso de urbanización. También, se pueden utilizar otros métodos que brinden información adicional o transversal al problema: los casos de cambio de uso de suelo, mecanismos agrestes de acceso, distribución y disponibilidad de agua, contaminación y desperdicio de agua, riesgo socio-naturales, interacciones de actores sociales de poder, entre otros. De esta manera, este

proceso por su relativa sencillez, sin dejar de lado el rigor científico, podría replicarse o adaptarse para ser integrado al ejercicio de planeación urbana u ordenamiento territorial, ya que este problema no es exclusivo de Querétaro, sino que es común en ciudades de otros países.

En este contexto, los resultados encontrados es posible implementarlos a diferente escala. A nivel local, aprovecharse para minimizar los cambios de uso de suelo a urbano en las zonas funcionales alta y media de la subcuenca, así como incorporarse en los planes y programas urbanos y de ordenamiento territorial donde se exponga el uso de las cuencas hidrográficas en el tema de la distribución de suelo construido y la dinámica hídrica y también para revisar las estrategias y políticas de administración del agua, pues las concesiones no han sido redituables para la sociedad local debido a posturas económicas particulares. Por otro lado, a nivel regional, este trabajo reconoce los lugares donde se puede mejorar la infraestructura hidráulica existente, proyectar infraestructura y optimizar procesos administrativos para no depender de trasvases de agua de otras entidades federativas; además, la cartografía obtenida es clave para demostrar la susceptibilidad de la subcuenca en el diálogo intergubernamental, pues, adicional al caso de Querétaro, las cuencas y regiones hidrológicas del centro del país tienen problemas similares, a la vez que corresponden a sitios de estrés hídrico y contaminación. Por último, a nivel internacional es de utilidad al contribuir en la literatura científica sobre cuencas urbanizadas y en proceso de urbanización y también para señalar que la infraestructura hidráulica producida en la urbanización presenta dificultades para solventar el acceso al agua en lo inmediato; por lo mismo, servirá para reconocer desde lo local iniciativas globales, tal como aquellas enmarcadas en los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030, sin dejar de mencionar que responder esos objetivos involucra el abordaje de acelerados procesos de construcción y especulación de vivienda, así como necesidades humanas y el derecho al agua, fenómenos complejos y prioritarios en la agenda política mundial.

Conclusiones

En la subcuenca Santa Rosa Jáuregui la evolución de los recursos hidráulicos en el periodo 1970-2020 presentó una particular relación con el desarrollo inmobiliario. Se identificó que en la década de 1980 sobresalía la presencia de bordos, así como las presas Dolores y El Cajón para abastecer de agua a las actividades agrícolas y a los núcleos urbanos caracterizados por su crecimiento incipiente. Entre

1990 y 2016 se intensificó la urbanización a través del desarrollo de fraccionamientos y comercios, situación que incrementó el otorgamiento de concesiones de agua a operadoras privadas y, estas mismas, con su respectiva participación en la construcción de pozos y bordos de agua. Para 2020 proliferaron los pozos con una notoria tendencia para abastecer de agua a las áreas habitacionales. En esta evolución se observó la predisposición de empresas privadas que administran los recursos hidráulicos en la subcuenca, actividad que se realiza con el mismo patrón desarticulado del desarrollo urbano.

En este contexto, se identificó que las zonas funcionales alta y media es donde se concentran los recursos hidráulicos como pozos y bordos, que equivalen a las zonas de captación y transporte de agua respectivamente. Por su parte, la zona funcional baja que corresponde a la zona de depósito de agua es donde se concentran los recursos hidráulicos de gran dimensión como presas y tanques, sumado a que es la zona más urbanizada y a que utiliza agua de los pozos de las zonas funcionales alta y media. Por lo tanto, se puede inferir que las modificaciones propiciadas por la urbanización, la construcción de recursos hidráulicos, intereses particulares y la extracción de agua subterránea propician efectos acumulativos y negativos en el sistema hídrico de la subcuenca, lo que se vería reflejado en limitaciones de agua y transitoriedad del servicio de agua, que además continúa urbanizándose.

Es importante destacar que la noción de cuenca a través de su enfoque sistémico permitió describir de manera óptima la interacción entre evolución de recursos hidráulicos, involucramiento de instancias y actores y la deficiente construcción del espacio urbano; asimismo, se encontró que, aun cuando existe una necesidad por el agua, algunos recursos hidráulicos se modificaron o adaptaron su propósito principal para fines recreativos, deportivos o de ocio.

Para finalizar, los aportes de este artículo pueden aplicarse al manejo de cuencas a través del reconocimiento de las zonas funcionales que están siendo alteradas por la construcción acelerada del espacio urbano y la consecuente concentración y proliferación de recursos hidráulicos, pues esta relación contribuye en el ya de por sí déficit de agua, en la alteración de escorrentías superficiales y en diversos contextos ambientales. Aunado a lo anterior, los resultados permitieron enfatizar en la importancia que tiene el manejo de cuencas en proceso de urbanización, ya que las acciones requieren de una visión de uso y gestión racional de recursos hídricos y recursos hidráulicos, pues son indispensables para mantener la dinámica hídrica aun con acciones agresivas derivadas de la urbanización y no solo considerar las alternativa de mercado, con lo cual se esperaría aminorar

impactos negativos y posibilitar la funcionalidad hídrica de la subcuenca. También, la información y representación espacial que se generó a través de información documental y geográfica puede ser actualizada con relativa sencillez y así formar parte en el diseño de estrategias y políticas públicas en vías de mejorar la disponibilidad y distribución de agua en este tipo de cuencas donde convergen espacios rurales, naturales y urbanos.

Agradecimientos

El desarrollo de este manuscrito consideró los apoyos del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías a través de becas nacionales y al proyecto derivado del Fondo para el Fortalecimiento de la Investigación, Vinculación y Extensión (FONFIVE-UAQ). Asimismo, un agradecimiento especial a los lectores y revisores, ya que sus aportaciones fueron necesarias para lograr el propósito del trabajo.

Fuentes consultadas

- Abad-Auquilla, Katherine (2020). El cambio de uso del suelo y la utilidad del paisaje periurbano de la cuenca del río Guayllabamba en Ecuador. *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(2), 68-91. <https://doi.org/10.15359/rca.54-2.4>
- Aldaya, Maite; Custodio, Emilio; Llamas, Ramón; Fernández, María Felician; García, Jesús y Ródenas, Miguel Ángel (2019). An academic analysis with recommendations for water management and planning at the basin scale: A review planning in the Segura River Basin. *Science of the Total Environment*, 662, 755-768. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.266>
- Barkin, David (2011). La ingobernabilidad de la gestión urbana del agua en México. En Úrsula Oswald Spring (Coord.), *Retos de la investigación del agua en México* (pp. 539-551). UNAM-CRIM.
- Bernabeu, María Marta y Martín, Facundo (2019). El periurbano recreado. Urbanizaciones cerradas como nuevos híbridos en el paisaje hídrico del Área Metropolitana de Mendoza, Argentina. *Quid 16 Revista del Área de Estudios Urbanos*, 11, 55-85. <https://acortar.link/zRCBpg>
- Budds, Jessica (2012). La demanda, evaluación y asignación del agua en el contexto de escasez: un análisis del ciclo hidrosocial del valle del río La Ligua, Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, 52, 167-184. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022012000200010>

- Camacho Sanabria, Raúl; Camacho Sanabria, José Manuel; Balderas Plata, Miguel Ángel y Hernández Madrigal, Víctor Manuel (2020). Cuantificación espacial del daño socioeconómico por subsidencia diferencial en Santa Ana Tlapaltitlán, Toluca, México. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres (REDER)*, 4(1), 95-104. <https://acortar.link/DtcUwz>
- Carreón-Freyre, Dora; Cerca, Mariano; Gutiérrez-Calderón, Raúl; Alcántara-Duran, Carlos; Strozzi, Tazio y Teatini, Pietro (2019, 17-20 de noviembre). Land subsidence and associated ground fracturing in urban areas, Study cases in central Mexico [artículo]. En Norma Patricia López Acosta, Eduardo Martínez Hernández y Alejandra Espinosa Santiago (Eds.), *Memorias del XVI Pan-American Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*. <https://acortar.link/v8C5T7>
- Conagua (Comisión Nacional del Agua) (2020). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Valle de Querétaro*. Conagua. <https://acortar.link/sbKjNr>
- Conagua (Comisión Nacional del Agua) (2021). *Inventario nacional de presas*. Conagua. <https://acortar.link/b8HPkr>
- Delgado, María Isabel; Carol, Eleonora y Casco, María Adela (2020). Land-use changes in the periurban interface: Hydrologic consequences on a flatland-watershed scale. *Science of The Total Environment*, 722, 137836. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137836>
- García Galván, María y Herrera Tapia, Francisco (2019). La cuenca hidrosocial presa Huapango, México: un análisis de la gestión integrada de los recursos hídricos y la gobernanza en cuerpos de agua compartidos. *Agua y Territorio/Water and Landscape*, 14, 69-84. <https://doi.org/10.17561/at.14.4639>
- García Guzmán, Genaro (2018). Aguas suntuarias, aguas tributarias. Artificios hidráulicos, fragmentación urbana y segregación residencial en la periferia metropolitana Querétaro-El Marqués 2000-2017 [Tesis de doctorado, El Colegio de San Luis, A.C.]. Repositorio Institucional. <https://acortar.link/qEZRQh>
- Google (2020). Google Earth. Landsat/Copernicus. Google LLC. <https://acortar.link/t9iIcQ>
- Granados-Muñoz, Luis Enrique (2022). El acueducto II de Querétaro: obras de trasvase y escenarios de desigualdad social. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 32, 129-146. <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.32.2022.5273>

- Hernández-Guerrero, Juan (2020). Valoración del paisaje urbano-ambiental de Juriquilla y Santa Rosa Jáuregui, Querétaro, México. *Economía, Sociedad y Territorio*, 20(64), 633-666. <https://doi.org/10.22136/est20201608>
- Huacuz Elías, Rafael de Jesús y Vázquez Cruz, Rubí del Rocío (2018). El proceso de metropolización de Querétaro 1990-2010. *Contexto*, 12(16), 79-91. <https://doi.org/10.29105/contexto16.16-6>
- Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2021). Marco Geoestadístico 2021. Inegi. <https://acortar.link/dAMU1>
- Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2020). Censo de población y vivienda 2020. Principales resultados por AGEB y manzana urbana. Inegi. <https://acortar.link/hmaMxF>
- Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2019). Conjunto de datos vectoriales de la carta topográfica de Querétaro, clave F14C65, escala 1:50000. Inegi. <https://acortar.link/ESdtuP>
- Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2016). Cartografía geoestadística urbana y rural amanzanada de Querétaro. Inegi. <https://acortar.link/nQM8cy>
- Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2014). Conjunto de datos vectoriales de la carta topográfica de Buenavista, clave F14C55, escala 1:50000. Inegi. <https://acortar.link/bO8pJP>
- Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2013). Continuo de Elevaciones Mexicano Escala 1:50000. Conjunto Nacional. Inegi. <https://acortar.link/YS5mUR>
- Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2009). Cartografía geoestadística urbana de Querétaro, Cierre de los Censos Económicos 2009. Inegi. <https://acortar.link/dAMU1>
- Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (1996). Carta topográfica de Querétaro, clave F14C65, escala 1:50000. Inegi. <https://acortar.link/3FLY3v>
- Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (1995). Carta topográfica de Buenavista, clave F14C55, escala 1:50000. Inegi. <https://acortar.link/7bvckL>
- Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (1972a). Carta topográfica de Corral de Piedras, clave F14C55, escala 1:50000. Inegi. <https://acortar.link/z7AbEM>
- Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (1972b). Carta topográfica de Querétaro, clave F14C65, escala 1:50000. Inegi. <https://acortar.link/iEU5qr>
- Jiménez Jiménez, Lauro (2018). *Historia de la tenencia de la tierra y organización política en México. El Ejido de Santa Rosa Jáuregui, Querétaro*. Cámara de diputados, LXIII legislatura.

- Lele, Sharachchandra; Srinivasan, Veena; Thomas, Bejoy y Jamwal, Priyanka (2018). Adapting to climate change in rapidly urbanization river basins: insights from a multiple-concerns, multiple-stressors, and multi-level approach. *Water International*, 43(2), 281-304. <https://doi.org/10.1080/02508060.2017.1416442>
- Ley de Aguas del Estado de Querétaro (2022, 21 de mayo). *Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Querétaro. La Sombra de Arteaga*. Secretaría de Gobierno. <https://acortar.link/am7M5d>
- Ley de Aguas Nacionales (2023, 08 de mayo). *Diario Oficial de la Federación*. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. <https://acortar.link/kbTjy9>
- López-Mares, Lourdes; Lozano de Poo, Juan Manuel; Torre-Silva, Fernando; Rodríguez-Santiago, Josué y López-Fraga, Julio Alberto (2019). El ciclo hidro-social de los ríos urbanos: Transformaciones al paisaje hídrico en San Luis Potosí, México. *Revista de Ciencias Ambientales*, 53(1), 45-69. <http://dx.doi.org/10.15359/rca.53-1.3>
- Maldonado, Cecilia (2020). La fractura metabólica sociedad-naturaleza ¿es una premisa constitutiva de la urbanización del capital o una consecuencia? *Boletín Científico Sapiens Research*, 10(1), 55-62. <https://dialnet.unirioja.es/ejemplar/557206>
- Martínez Romero, Griselda (2023). El crecimiento urbano de la ciudad de Querétaro en la gestión de los cuerpos de agua de las microcuencas Santa Rosa Jáuregui y San José El Alto, México 2000-2022 [Tesis de doctorado no publicada. Universidad de Guadalajara].
- Medina Sanson, Leopoldo y Guevara Hernández, Francisco (2018). Apropiación territorial y recursos hídricos en la cuenca de los ríos Grijalva y Usumacinta, México. *Agua y Territorio/Water and Landscape*, 12, 133-144. <https://doi.org/10.17561/at.12.3505>
- Moreira Braz, Adalto; Mirandola García, Patricia Helena; Luiz Pinto, André; Salinas Chávez, Eduardo y Oliveira Ivanilton, José de (2020). Manejo integrado de cuencas hidrográficas: posibilidades y avances en los análisis de uso y cobertura de la tierra. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 29(1), 69-85. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v29n1.76232>
- Morote Seguido, Álvaro Francisco; Hernández Hernández, María y Lois González, Rubén Camilo (2019). Propuestas al déficit hídrico en la provincia de Alicante: medidas desde la gestión de la demanda y oferta de recursos hídricos. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 80, 2655, 1-48. <https://doi.org/10.21138/bage.2655>

- Municipio de Querétaro (2007). *Plan Parcial de Desarrollo Urbano para la Delegación Santa Rosa Jáuregui*. Gobierno del Estado de Querétaro y Municipio de Querétaro.
- Oreano Hernández, Dulce Sonia (2020). Estrategias para la mitigación de riesgo por inundaciones en la microcuenca Santa Rosa Jáuregui, Querétaro, México [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Querétaro]. Repositorio Institucional. <https://acortar.link/uVJaJj>
- Oreano Hernández, Dulce Sonia y Hernández-Guerrero, Juan (2022). Inundaciones por zonas funcionales en la subcuenca Santa Rosa Jáuregui, Querétaro, México. *Revista Geográfica de América Central*, 68(1), 238-264. <http://dx.doi.org/10.15359/rgac.68-1.9>
- OSGeo (Open Source Geospatial Foundation) (2021). QGIS Geographic Information (versión 3.16). <http://www.qgis.org/>
- Pérez Ortega, Diego Javier; Segovia Ortega, Jorge Andrés; Cabrera Moncayo, Paulo Cesar; Delgado Vargas, Iván Andrés y Martins Pompêo, Marcelo Luiz (2018). Uso del suelo y su influencia en la presión y degradación de los recursos hídricos en cuencas hidrográficas. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9(1), 41-57. <https://doi.org/10.22490/21456453.2089>
- Rivera Godínez, María Fernanda, Ruiz Magaña, Martha Patricia y Hernández-Guerrero, Juan (2021). Inundaciones y uso de suelo en la ciudad de Querétaro. *Revista NTHE*, 37, 38-46. <https://acortar.link/KbeO5H>
- Romero Herrera, Claudia Elvira (2021). El agua en la encrucijada de lo común: Análisis del manejo político cultural del agua en la Eco zona metropolitana de Querétaro [Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Querétaro]. Repositorio Institucional. <https://acortar.link/ELF7Lm>
- Sosa Rodríguez, Fabiola (2020). Los impactos del cambio climático en la gestión del agua en la Ciudad de México: la urgencia del fortalecimiento de las capacidades de adaptación. *Argumentos. Estudios Críticos de la Sociedad*, 92, 81-102. <https://acortar.link/hHl7OB>
- Suárez López, Juan Joaquín; Puertas, Jerónimo; Anta, José; Jácome, Alfredo y Álvarez-Campana, José Manuel (2014). Gestión integrada de los recursos hídricos en el sistema agua urbana: Desarrollo urbano sensible al agua como enfoque estratégico. *Ingeniería del Agua*, 18(1), 111-123. <https://doi.org/10.4995/ia.2014.3173>
- Valdés Carrera, Alejandro César y Hernández-Guerrero, Juan (2018). Zonas funcionales y unidades de paisaje físico-geográfico en la microcuenca Potrero de la Palmita, Nayarit, México. *Revista Geográfica de América Central*, 60, 189-229. <https://doi.org/10.15359/rgac.60-1.7>

Reseñas curriculares

Juan Alfredo Hernández Guerrero. Doctor en Geografía por la Universidad Nacional Autónoma de México. Actualmente, es profesor-investigador de tiempo completo en la Universidad Autónoma de Querétaro y Director de Posgrado en esa misma institución. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores nivel II. Sus líneas de investigación son: geografía del riesgo, análisis urbano-ambiental y gestión de cuencas hidrográficas. Entre sus recientes publicaciones destacan, como autor: Índice de presión urbana sobre áreas naturales protegidas en México. *Revista Cartográfica*, 109, 55-78 (2024); como coautor: Design of a Tension Infiltrimeter with Automated Data Collection Using a Supervisory Control and Data Acquisition System. *Sensors*, 23(23), 9489 (2023); Inundaciones por zonas funcionales en la subcuenca Santa Rosa Jáuregui, Querétaro, México. *Revista Geográfica de América Central*, 68(1), 238-264 (2022). Correo-e: juan.hernandez@uaq.mx

Esmeralda Monserrat Martínez Aguilar. Maestra en Gestión Integrada de Cuencas por la Universidad Autónoma de Querétaro. Actualmente, es consultora para EPL Corporation, de capital mexicano-costarricense. Sus líneas de trabajo son: sustentabilidad desde un enfoque genealógico y el impacto urbano en paisajes hídricos. Correo-e: esmeraldamma556@gmail.com