

Propuesta de índices para modelos de prestación de servicios de agua potable y saneamiento a escala municipal

Evaluation of models for providing drinking water and sanitation services at the municipal scale

Kerlyn Lugo  ¹
Yorman Peraza  ²
Adriana Márquez  ³
Edilberto Guevara  ⁴
Sergio Pérez  ⁵
Eduardo Buroz  ⁶

Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales, Carabobo, Venezuela^{1,2,3,4,5}
Universidad Central de Venezuela, Universidad Católica Andrés Bello, Academia Nacional de
Ingeniería y Hábitat, Caracas, Venezuela⁶

kerlynlugo@gmail.com¹
msc.yorman.peraza@gmail.com²
amarquez@uc.edu.ve³
eguevara@uc.edu.ve⁴
sperez@uc.edu.ve⁵
eduardo.buroz@gmail.com⁶

Fecha de recepción: 21/03/2024

Fecha de aceptación: 08/04/2024

Pág: 125 – 157

DOI: 10.5281/zenodo.18186265

Resumen

En este estudio se crearon índices para modelos de prestación de servicios de agua potable y saneamiento (SAPS) para el Municipio San Joaquín, Estado Carabobo. El Instituto Autónomo Municipal del Agua de San Joaquín (IAGUASANJO) mostró un incremento significativo (103 veces) en el desempeño de sus acciones al comparar con la Dirección de Obras Públicas adscrita a la Alcaldía del Municipio San Joaquín en el período 2019-2021, en cuanto a organización, regulación, cobertura y calidad, así como actividades de la gestión de los SAPS.



Esta obra está bajo licencia CC BY-NC-SA 4.0.

La cobertura de los servicios de agua potable en el Municipio San Joaquín ha sido reportada en 56.6% a través de un sistema de redes de acueducto administrado por la Compañía Hidrológica del Centro (HIDROCENTRO) y 33% a través de fuentes subterráneas (71 pozos), distribuidos como HIDROCENTRO (7%, 5, 87 L/s), IAGUASANJO (24%, 17, 210 L/s), y sector privado (69%, 49, 1044 L/s). El modelo de prestación de SAPS en el Municipio San Joaquín es una estructura horizontalizada integrada por empresas públicas-delegadas, HIDROCENTRO y el IAGUASANJO, así como de asociaciones de privados (condominios de urbanismos) e industrias que integran las actividades territoriales en el municipio.

Palabras clave: agua potable y saneamiento, servicios públicos, modelos de gestión.

Abstract

In this study, indexes were created to evaluate institutional models for the provision of drinking water and sanitation services for the San Joaquín municipality, Carabobo state, Venezuela. The Autonomous Municipal Water Institute of San Joaquín (IAGUASANJO, in Spanish) showed a significant increase in the performance of its actions when compared with the Water and Public Works Directorate attached to the Mayor's Office of the Municipality of San Joaquín in the 2019-2021 period, in terms of organization, regulation, coverage and quality, as well as SAPS management activities. The coverage of drinking water services in the Municipality of San Joaquín has been reported at 56.6% through a network system based on surface sources administered by the Central Hydrological Company (HIDROCENTRO, in Spanish) and 33% through underground sources (71 wells), distributed as HIDROCENTRO (7%, 5.87 L/s), IAGUASANJO (24%, 17, 210 L/s), and private sector (69%, 49, 1044 L/s). The model for the provision of drinking water and sanitation services in the municipality of San Joaquín was represented by three management indexes proposed in an integrated manner for drinking water and sanitation, a model index for the provision of drinking water services and model index for the provision of sanitation services, according to which the IAGUASANJO has oriented 65% of the activities towards the provision of sanitation services and 35% of the actions towards the provision of drinking water services in the period 2018-2021

Key words: drinking water and sanitation, public services, management models.

Introducción

Hasta principios del siglo XXI, los niveles de la cobertura de los servicios de agua potable y saneamiento (SAPS) en la región de América Latina y el Caribe (ALC) se caracterizaban por ser razonables, exceptuando el tratamiento de las aguas residuales (Jouravlev, 2001a). Según Organización Mundial de la Salud/Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (Organización Mundial de la Salud (OMS) y Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), 2000), estimaron que en ALC se cubría un nivel de 93 % en los servicios de agua potable, siendo aproximado a los niveles de cobertura en los países de América del Norte (100 %), África (85 %), Asia (93 %), Europa (100 %) y Oceanía (88 %).

En Venezuela, la cobertura del agua potable en las áreas urbanas de cinco de las ciudades más densamente pobladas ha sido reportada en términos de la población abastecida, expresada en porcentaje y absoluto por Rivas et al. (2018) como: Caracas (99,57 %; 1.821.211), Barcelona (96,29 %; 357.936), Puerto Ordaz (97,48 %, 639.864), Valencia (98,04 %, 739.563), y Maracaibo (96,47 %, 1.336.550). En cuanto a los servicios de saneamiento en ALC, se encontraron niveles de cobertura de 78 % en los servicios de la recolección de las aguas residuales y 14 % en los servicios de tratamiento de las aguas residuales, estando este último cerca del nivel de cobertura de los servicios de saneamiento en los países de Asia (35 %), Oceanía (8 %) y África (0 %). En Venezuela, la cobertura en la recolección de las aguas residuales evolucionó desde 63,77 % en 1997 hasta 82,4 % para 2007 (Rivas et al., 2018). Sin embargo, se reportaban significativas deficiencias en el acceso a los SAPS, afectando desproporcionadamente a los grupos de bajos ingresos y las áreas rurales.

A comienzos de la década de los ochenta, como resultado de los esfuerzos desplegados en los años sesenta y setenta, la mayoría de los países de la región ALC estaban bien provistos de los SAPS en comparación con otras regiones en desarrollo (Comisión Económica para América Latina (Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 1990). En Venezuela, las principales obras de infraestructura de los servicios públicos (vialidad, APS, electricidad), cuyo esfuerzo puede ser medido por el porcentaje del Producto Interno Bruto (PIB) (Corrales, 2008), se construyeron a partir de la década de los cincuenta (8,6 %), fue intenso en las décadas de los sesenta (4,4 %) y setenta (4,4 %) y reducido aceleradamente en la década de los ochenta (2,4 %), hasta llegar a un mínimo en el período 1993-2003 (1,4 %).

La institucionalidad del sector de la época se caracterizaba por la participación preponderante del Estado, tanto en la administración directa de las entidades prestadoras como en su financiamiento, en muchos casos con un modelo de gestión de los SAPS altamente centralizado. La fuerte recesión de los años ochenta (“década perdida”), encontró a los países de la región con los SAPS altamente dependientes de los aportes de los presupuestos gubernamentales, tanto para las inversiones de capital como, en muchos casos, para los costos de operación y mantenimiento (Comisión Económica para América Latina y el Caribe

(CEPAL), 1994). Esto se dio a la par con un desfase entre los valores reales y las tarifas cobradas por la provisión de los servicios. Estos rezagos tarifarios disminuyeron notoriamente la capacidad de operación de las entidades prestadoras de SAPS. En consecuencia, se llegó, en algunos casos, a situaciones en las que ni siquiera fue posible financiar los costos de operación y mantenimiento. El síndrome de decaimiento en la cantidad y calidad de los SAPS llevó a una profunda crisis del sector (Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 1994). El descrédito público en que cayó el sector llegó a tal nivel que, en muchos países, se produjo un consenso político y social en cuanto a la necesidad de cambios profundos y radicales.

Como resultado de este consenso, así como de las influencias externas de los organismos financieros internacionales, desde finales del siglo XX, en casi todos los países de ALC se iniciaron reformas en las legislaciones y organizaciones orientadas a la gestión de los SAPS (Jouravlev, 2001a). A pesar de las diferencias entre los países del ALC, las reformas tenían características comunes, tales como la aspiración a la gestión integrada de los recursos hídricos con una percepción cada vez más afinada de que el agua debería administrarse a nivel de cuencas, y la reducción del rol del Estado (Jouravlev, 2001a). Esta reducción del papel del Estado, implicaba la transferencia a terceros (sector privado, usuarios) de las funciones de financiamiento, ejecución y operación de los SAPS; asumiendo principalmente funciones de supervisión, fomento y regulación de las actividades de terceros sobre la prestación de los SAPS. Así como, el impulso a la descentralización de las responsabilidades, asegurando la administración despolitizada de los SAPS por organismos públicos autónomos o gobiernos locales, con un criterio más técnico y comercial. Estas reformas han sido acompañadas de la exigencia, nacida de la crisis de los años ochenta, de que los servicios deben tender a autofinanciarse, y cuando así sucede, deben crearse sistemas de subsidio para los grupos de bajos ingresos (Jouravlev, 2001b).

En la última década y media del siglo XXI, la región de ALC ha mostrado importantes avances hacia los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) en agua potable y saneamiento (APS), sobre pasando en el agregado la meta en agua potable, pero no logrando, aunque por poco, cumplir la misma en saneamiento. Sin embargo, todavía subsisten significativos déficits y deficiencias en la prestación de SAPS, que no sólo afectan negativamente la salud y la dignidad de las personas, sino además dificultan la lucha contra la pobreza e indigencia, limitan oportunidades de desarrollo socioeconómico y causan daño al medio ambiente (Ferro, 2017).

Con respecto a Venezuela, hasta inicios del siglo XXI, se caracterizaba con relación a cuatro categorías de la velocidad y profundidad de la transformación de las reformas de los SAPS por ser incompleta o en proceso de discusión (Corrales, 2004). A pesar de haberse aprobado la “Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y de Saneamiento”, el 31 de diciembre de 2001, la misma aún no ha sido plenamente implementada (Corrales, 2004).

En cuanto a la reforma de la industria venezolana de los SAPS, ésta ha tendido hacia la estructura horizontal. En 1989, se decretó la disolución del Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS) y los servicios se desconcentraron transitoriamente a las empresas hidrológicas regionales encargadas de impulsar el proceso de reversión de los mismos a los municipios (Jouravlev, 2001b).

En la actualidad, en Venezuela existen escasas a nulas experiencias de prestación de los SAPS con algún grado de participación, de los gobiernos locales, principalmente de nivel municipal, sea como prestadores directos, sea como los encargados de asegurar su prestación a la población, sea como los responsables del control, fiscalización y supervisión de los mismos. Entre las experiencias puntuales sobre prestación de los SAPS a escala municipal, desde 2019, el Instituto Autónomo Municipal del Agua Guacara (IMAGUA), Estado Carabobo ha desempeñado funciones en zonas que no cuentan con una red adecuada para la distribución equitativa de agua potable y los sistemas de captación, aducción y tratamiento de aguas no se encuentran en óptimas condiciones, como es el caso de las comunidades de La Morita, Cacho Mocho, La Manga y Vigirima Centro (Márquez y Reyes, 2019). En el país, la prestación de los SAPS está a cargo predominantemente de 9 empresas públicas regionales hidrológicas centralizadas en la Compañía Hidrológica de Venezuela (HIDROVEN), así como en al menos 8 empresas descentralizadas con ámbito estadal (Rivas et al., 2018).

En este estudio, se presentan las experiencias de dos modelos de gestión de los SAPS en el Municipio San Joaquín, Estado Carabobo, el cual es un ejemplo de estructura industrial del sector de SAPS con una fuerte tendencia hacia la horizontalidad. El modelo de gestión de los SAPS del Municipio San Joaquín está fuertemente influenciado por las reformas en la institucionalidad y en el autofinanciamiento. El modelo de gestión del Municipio San Joaquín está compuesto por la gestión pública directa-compleja (Municipio-Instituto Autónomo del Agua San Joaquín (IAGUASANJO), Hidrológica de Venezuela (HIDROVEN) - Hidrológica del Centro, C.A (HIDROCENTRO) y la gestión de las empresas privadas (privatización) bajo la modalidad de propiedad privada de activos (condominios de urbanismos, industria).

La reforma en la institucionalidad está basada en la horizontalidad de la estructura de la industria de SAPS, donde los procesos de la captación y la distribución del agua potable son prestados por las empresas, pública y privada. En el Municipio San Joaquín, Estado Carabobo, la participación de HIDROCENTRO, el principal prestador en importancia de los SAPS en tres estados de la región central de Venezuela (Aragua, Carabobo y Cojedes) para el suministro de agua potable ha sido caracterizado a través del acceso por red desde el Sistema del Acueducto Regional del Centro II (captación en el amblase Pao La Balsa, potabilización en la Planta Lucio Baldó Soulés y sistema de distribución a través del tramo N°5) (Hidrológica de Venezuela (HIDROVEN), 2021) y cinco pozos de agua subterránea, alcanzando una cobertura del 57%, siendo complementada con el abastecimiento desde fuentes subterráneas administradas por otros prestadores en un 33%, mientras que un 10% proviene de otras fuentes dentro

del municipio Instituto Nacional de Estadísticas (Instituto Nacional de Estadísticas (INE), 2011). En cuanto a los servicios de saneamiento, la recolección y el tratamiento de las aguas residuales domésticas son llevados a cabo con una cobertura del 92 % en forma compartida entre HIDROCENTRO y el IAGUASANJO.

Método

El método aplicado en este estudio abarcó tres fases, 1) descripción de las características organizacionales de las empresas de prestación de los SAPS en el Municipio San Joaquín, Estado Carabobo (MSJ-EC), 2) comparación de los modelos de prestación de los SAPS en el MSJ-EC y 3) evaluación de los modelos de prestación de los SAPS en el MSJ-EC.

1. ***Descripción de las características organizacionales de las empresas de prestación de SAPS en el MSJ-EC.*** Las características organizacionales de las empresas públicas de prestación de los SAPS incluyeron, la creación o fundación de la empresa, las competencias y la estructura organizativa. Las empresas públicas en el Municipio San Joaquín involucraron a la Dirección de Obras Públicas de la Alcaldía del Municipio San Joaquín (Instituto Autónomo Municipal del Agua de San Joaquín (IAGUASANJO), 2021) e HIDROCENTRO (Ministerio de Ecosocialismo y Aguas (MINEA), 2015).
2. ***Comparación de modelos de prestación de los SAPS en el MSJ-EC.*** Se elaboraron esquemas de los modelos de prestación de los SAPS antes de 2020 a través de la Dirección de Obras Públicas del MSJ-EC y después de 2020 mediante la creación del IAGUASANJO. Adicionalmente se presentaron las características de las organizaciones que componen los modelos de prestación de los SAPS para el MSJ-EC.
3. ***Evaluación de los modelos de prestación de los SAPS en MSJ-EC.*** La evaluación de los modelos sobre la prestación de los SAPS involucró presentar los desempeños de dos prestadores, uno en la escala municipal representado por el IAGUASANJO y la comparación con otros prestadores en cuanto a regulación, cobertura y calidad, así como las actividades de la gestión de los SAPS en el MSJ-EC. Se consideraron tres variables dentro del modelo de gestión de los SAPS en el MSJ-EC (Ferro, 2017):
 - 3.1. ***Comparación de la regulación institucional de los SAPS en el MSJ-EC:*** la cual estuvo fundamentada en la Ley de Reforma Parcial de la Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento (LRP-LOPSAPS) (Asamblea Nacional de la República Bolivariana de Venezuela (ANC), 2007)

y la ordenanza de la creación del Instituto Municipal del Agua San Joaquín (IAGUASANJO) por el Concejo Municipal de San Joaquín en la edición extraordinaria N° 4664 de fecha 14 de julio de 2020 (Gaceta Municipal N° 4664, 2020).

3.2. *Comparación de la cobertura de los SAPS en el MSJ-EC*, la cual estuvo basada en la representación gráfica de las siguientes cuatro variables de gestión de los SAPS:

- a) *Comparación de las variables de los usos y coberturas terrestres en el MSJ-EC*: obtenida mediante el procesamiento de imágenes del satélite Landsat 8 OLI durante el período 2018-2021. Las imágenes del satélite Landsat, adquiridas mediante una cortesía del Servicio Geológico de los Estados Unidos fueron procesadas usando las herramientas computacionales como ArcGIS V10.0 y ENVI V.4.3 y V.4.7, con licencia del Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales (CIHAM-UC). Los métodos empleados para hacer el procesamiento de las imágenes satelitales para estimar los usos y coberturas terrestres han sido obtenidos desde los cursos internacionales bajo los programas de cooperación internacional con el IIRS (Indian Institute of Remote Sensing, por sus siglas en inglés) (U.S. Geological Survey, 2021), AECID-CODIA (Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo- Conferencia de Directores Iberoamericanos del Agua) (AECID-CODIA, 2011), ESRI (Environmental Systems Research Institute, por sus siglas en inglés) de Venezuela (ESRI, 2008). Así mismo, se utilizaron los métodos para la caracterización de los usos y las coberturas terrestres en cuencas hidrológicas de Venezuela propuestos y aplicados por Farías et al. (2018), Márquez et al. (2019a) y López et al. (2020).
- b) *Comparación de las variables sociales y de operación de los SAPS en el MSJ-EC*: registradas por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) de Venezuela (Instituto Nacional de Estadísticas (INE), 2011), obtenidas desde el censo realizado en 2011 en el MSJ-EC, y representadas usando el software MATLAB, cuya licencia está asociada al Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales de la Universidad de Carabobo (CIHAM –UC).
- c) *Comparación de los registros de la producción de agua de las fuentes subterráneas en el MSJ-EC*: la información sobre la producción de las fuentes subterráneas del MSJ-EC fue obtenida desde el IAGUASANJO, HIDROCENTRO, el Ministerio de Ambiente y los Recursos Naturales (MARN), así como las tesis de pregrado y maestría de la UC asistidas desde el CIHAM – UC como Márquez y Reyes (2019), Márquez y Carrillo (2015), Márquez y Jiménez (2016), Márquez y Peraza (2019).

- d) *Comparación de las variables hidrogeoquímicas de las fuentes subterráneas en el MSJ-EC*, la cual fue extraída de las bases de datos usadas en Márquez et al. (2020), Márquez et al. (2019b), Márquez et al. (2018a, 2018b, 2018c) y de un estudio de seis pozos de consejos comunales y de la Alcaldía gestionados por el IAGUASANJO, cuyo muestreo y análisis fue realizado por el laboratorio acreditado por el Ministerio de Ecosocialismo y Aguas (MINEA), HIDROLAB-TORO en el presente año 2021 (HIDROLAB-TORO – IAGUASANJO, 2021).
- 3.3. *Comparación de las variables de gestión de la Dirección de Obras Públicas de la Alcaldía del Municipio San Joaquín y el IAGUASANJO*: fue obtenida desde la presidencia del IAGUASAJO (Instituto Autónomo Municipal del Agua de San Joaquín (IAGUASANJO), 2021). Estas variables han sido solicitadas con base en aquellas observadas desde los cursos internacionales sobre la gestión comercial para los organismos operadores de agua, drenaje y saneamiento (Centro del Agua para América Latina y el Caribe, 2012), hidrogeología (CODIA-AECID, 2012) y políticas sobre el uso sustentable del agua y la prestación eficiente de los servicios públicos vinculados, (Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2009).
4. **Creación de índices de modelo de prestación de SAPS en el MSJ-EC** Para el modelo de prestación de los servicios de agua potable y saneamiento (MPSAPS): se propone la estimación de tres índices del modelo de prestación de los servicios de agua potable y saneamiento (IMPSAPS), discriminado por las actividades prestadas en los servicios de agua potable (IMPSAP) e índice de modelo de prestación de servicios de saneamiento (IMPSS) en la escala municipal basado en las actividades desarrolladas por la Dirección de Obras Públicas del Municipio San Joaquín y el Instituto Municipal de Aguas San Joaquín (IAGUASANJO) durante el período 2019-2021. El índice es formulado de acuerdo con el procedimiento aplicado por López et al. (2020) para el diseño del modelo de manejo de humedales tropicales.

El método consiste en la definición, formulación y elaboración de una matriz multicriterio integrada (MMC) que permite cuantificar la valoración de los diferentes componentes, criterios y atributos que estructuran un modelo de gestión que contribuye a la toma de decisiones. El modelo MMC está representado por una matriz de evaluación X de n opciones de decisión y m criterios o variables. La puntuación de desempeño bruta para la opción de decisión i con respecto al criterio j se denota por $x(i, j)$. Un requisito mínimo para la MCM es contener al menos dos criterios y dos opciones de decisión ($n \geq 2$ y $m \geq 2$). La importancia de cada criterio se da generalmente en el vector de pesos dimensionales W que contiene m pesos, donde w_j denota el peso asignado al j -ésimo criterio (Hajkowicz y Collins, 2007). El MMC se define con dos (2) componentes asociados

a las actividades realizadas en servicios de agua potable y saneamiento, respectivamente; y se compone de dos funciones de valor comúnmente aplicadas (Hajkowicz y Collins, 2007), que son suma ponderada y multiplicación ponderada. El modelo de suma ponderada a menudo se expresa como (López et al., 2020):

$$u_i = f(X, W) = \sum_{j=1}^m x_{i,j} w_j \quad (1)$$

Las ponderaciones (w_j) no son negativas y suman 1, y $x(i, j)$ es una puntuación de desempeño transformada en una escala de 0 a 1 donde 1 representa el mejor desempeño. El puntaje general de desempeño para cada opción viene dado por u_i , según el modelo de gestión de cada país y criterios o variables que se miden a su vez por los atributos j .

Resultados y discusión

1. *Descripción de las características organizacionales de las empresas de prestación de los SAPS en el MSJ-EC*

Las características organizacionales de las empresas públicas de prestación de los SAPS en el MSJ-EC son descritas en la Tabla 1, donde se incluye la identificación del prestador de servicios, los aspectos de la creación de la empresa, la competencia y la estructura organizativa. Las empresas de prestación de los SAPS involucradas son el IAGUASANJO, creado a mediados de 2020, e HIDROCENTO, como una de las 9 empresas filiales de la empresa pública HIDROVEN, la cual fue creada debido a la desaparición del INOS, mediante el decreto 1.844 de fecha 20 de agosto de 1986, publicado en Gaceta Oficial número 4.808.

El IAGUASANJO (Tabla 1), fue creado mediante la ordenanza del MSJ-EC publicada en la Gaceta Municipal Edición Extraordinaria N° 4664, de fecha 14 de Julio de 2020, en reemplazo de la Dirección de Obras Públicas, adscrita a la Alcaldía del MSJ-EC. Las principales funciones que cumple el IAGUASANJO son la construcción, la rehabilitación y el mantenimiento de los acueductos por redes y los pozos así como los sistemas de la recolección de las aguas residuales del MSJ-EC. El IAGUASANJO surge para contribuir a la protección del ambiente, la salubridad, el servicio de agua potable, la canalización y la disposición de las aguas servidas, las cuales son competencias del Municipio, por disposición Constitucional, como la establece el artículo 178, en su ordinal 6 de la Ley Orgánica del Poder Público Municipal, Gaceta Oficial de Venezuela N° 36.860, (Asamblea Nacional de la República Bolivariana de Venezuela (ANC), 2010b). Dentro de las funciones del IAGUASANJO también se encuentran, las del registro de los pozos de agua potable, los sistemas de bombeo y las plantas de tratamiento de aguas residuales,

así como el registro de los usuarios de los pozos de agua potable.

La estructura organizativa del IAGUASANJO incluye la presidencia, y al menos siete unidades de soporte a la gestión que involucran Auditoría Interna, Consultoría Jurídica, Control y Seguimiento, Administración y Finanzas, Recursos Humanos, Ingeniería y Fiscalización y Gestión Comunitaria. En cuanto a HIDROCENTRO, es una de las 9 empresas filiales de la empresa HIDROVEN, C.A, las cuales fueron creadas en el período 1990-1992 como el resultado del proceso de reestructuración del sector público venezolano dentro del cual se incluyó la reestructuración del sector de los SAPS desde 1989 (Corrales, 2000). Las premisas básicas de este proceso fueron: a) Recuperar y mejorar la calidad y cobertura de los servicios que se había reducido en alrededor de cinco puntos por debajo del valor máximo alcanzado en 1986. b) Descentralizar los servicios y devolver las competencias a los gobiernos locales, todo ello dentro de un proceso de descentralización político y administrativo más amplio que se realizaba en el país. c) Lograr progresivamente la autosuficiencia operativa y financiera del servicio. d. Impulsar un marco regulatorio moderno que le confiera estabilidad a las reformas y que propicia la participación de agentes privados.

En 1988 se creó la primera empresa de los SAPS descentralizada en la región central del país como un requisito del Banco Interamericano de Desarrollo para el financiamiento parcial de la segunda etapa del Sistema Regional del Centro (Corrales, 2000). Esta empresa inició operaciones en 1989 asumiendo las funciones que venía desarrollando el INOS en la región. En 1991 se inició el proceso de liquidación del INOS, el cual quedó legalmente consolidado con la Ley de Supresión del Instituto aprobada en 1994. Para la prestación de los SAPS se implantó un esquema transitorio hasta tanto se concluyera el proceso de transferencia a la autoridades locales. Este esquema estuvo conformado por diez empresas hidrológicas regionales responsables por las operación de los sistemas de APS en todo el país por HIDROVEN, que se constituyó como una empresa matriz sin funciones, responsable por la planificación sectorial, la coordinación del programa de descentralización, la regulación y el control de las empresas regionales y la promoción y búsqueda de los recursos para las inversiones sectoriales.

En cuanto a la estructura organizativa de HIDROVEN destacan la junta directiva, presidencia y vicepresidencia, dentro de las cual destaca la Superintendencia de los Servicios cuyas funciones están descritas en la LOPSAPS, entre las cuales algunas de las principales son: 1) Hacer cumplir la LOPSAPS, normas reglamentarias y regulaciones en el ámbito de su competencia. 2) Establecer metodologías, formular, modelos y criterios técnicos para las tarifas y subsidios de los SAPS. 3) Definir los criterios de eficiencia y modelos para evaluar la gestión financiera, técnica y administrativa de las empresas en el sector de APS.

En cuanto a la estructura organizativa de las empresas filiales de HIDROVEN, la mayoría presenta una estructura similar compuesta de los siguientes Junta Directiva, (Gerencia de Auditoria Interna), Presidencia abarcando consultoría legal, y gerencias administrativas, técnicas y comercial (oficina de atención al ciudadano) que podría incluir como algunas de las más comunes a las siguientes unidades: Consultoría Jurídica, Gerencia de Relaciones Institucionales, Gerencia de Planificación, Gerencia de captación, mantenimiento y tratamiento), Gerencia de Distribución y Recolección, Gerencia de Proyectos e Inspección, Gerencia de Atención al Cliente, Gerencia de Administración y Finanzas, Gerencia de Recursos Humanos.

2. Comparación de modelos de prestación de los SAPS en el MSJ-EC

Los modelos de prestación de los SAPS en el MSJ-EC se representan en las Figuras 1 y 2, donde se observa que el principal cambio se dio para el año 2020, cuando se creó el IAGUASANJO, transformando el modelo de gestión de SAPS desde una gestión pública directa a cargo de la Dirección de Obras Públicas de la Alcaldía del Municipio San Joaquín (Figura 1) a una gestión directa delegada o compleja desde la Alcaldía del Municipio San Joaquín (Figura 2).

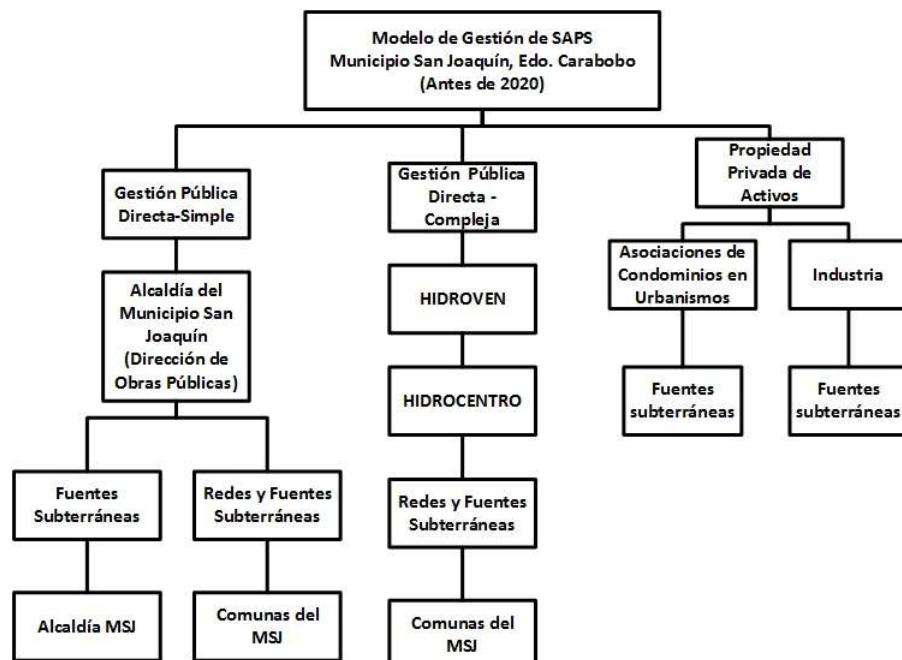


Figura 1: Modelo de gestión de los SAPS en el Municipio San Joaquín, Estado Carabobo antes 2020.

Fuente: Elaboración propia.

El modelo de gestión de los SAPS en el Municipio San Joaquín, Estado Carabobo es una estructura de tipo horizontal compuesta de la gestión pública (IAGUASANJO e HIDROCENTRO), que administra los sistemas de redes de acueductos, colectores de aguas residuales y tratamiento de aguas residuales, así como privatizaciones (condominios de urbanismos e industrias). Los cambios que se han producido desde 2020 con la creación del IAGUASANJO están respondiendo a una política de descentralización de carácter legal establecida en la Ley Orgánica de Prestación de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento desde 2001 (Asamblea Nacional de la República Bolivariana de Venezuela (ANC), 2001), reforzada en la Ley de Reforma Parcial de la Ley Orgánica de Prestación de los Servicios de Agua Potable (LRP-LOPSAPS) desde 2007 (Asamblea Nacional de la República Bolivariana de Venezuela (ANC), 2007), la cual fue iniciada desde 1986 y consolidada en 1994 con la Ley de Supresión del Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS) y la creación de las empresas hidrológicas regionales, reguladas y controladas por la empresa matriz HIDROVEN, como parte de la etapa de transición de las funciones hacia el poder municipal, establecido en la LRP-LOPSAPS en 2007. Mediante la creación del IAGUASANJO se consolida la institucionalidad requerida para implementar lo establecido en la LOPSAPS.

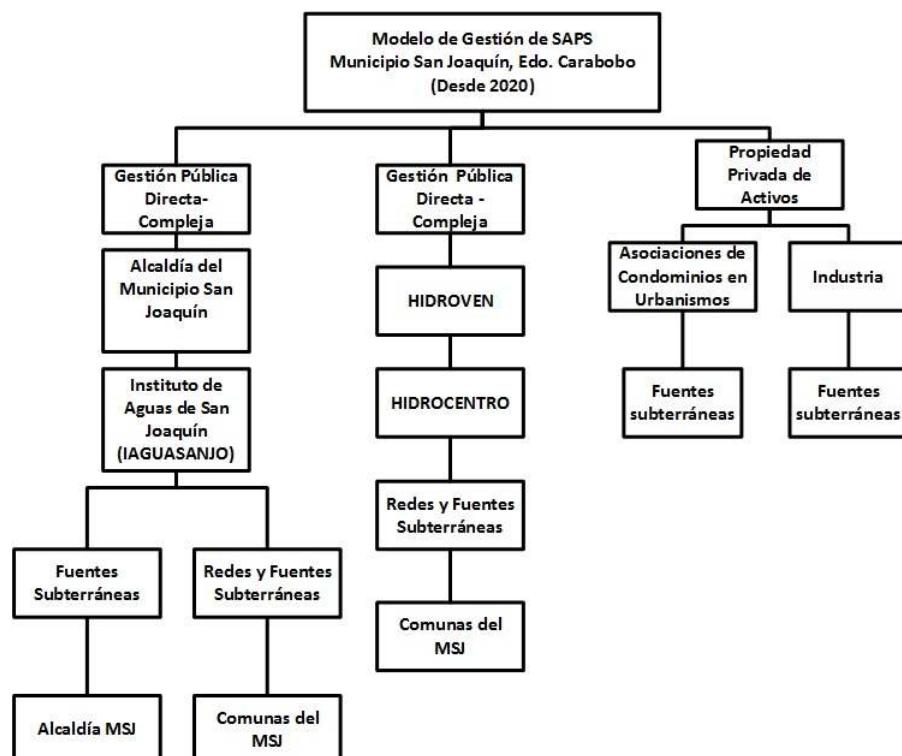


Figura 2: Modelo de gestión de los SAPS en el Municipio San Joaquín, Estado Carabobo después de 2020.

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 1 se presenta un resumen de las características de los componentes del modelo de prestación de los SAPS en el MSJ-EC, donde se incluye información discutida previamente a cerca de los prestadores de SAPS, el tipo de operadora, el modelo de prestación, el marco regulador, la fuente de financiamiento, políticas tarifarias y sistemas de subsidios, así como funciones.

Tabla 1: Características de los componentes del modelo de prestación de servicios de agua potable y saneamiento en el Municipio San Joaquín, Estado Carabobo

Prestadores de Servicio de APS, municipio San Joaquín.	Operadora	Modelo de prestación	Financiamiento	Marco Regulador	Políticas tarifarias y sistemas de subsidios	Funciones
HIDROCENTRO	Empresa Regional (limitado)	Gestión directa delegada Filial de HIDROVEN	Presupuesto de la República. Sistema de cobro de tarifas.	Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y de Saneamiento (LOPSAPS). Ajustes de tarifas anclados al petro, el Ministerio del Poder Popular de Industrias Ligeras y Comercio fija las tarifas máximas permisibles para el sector.	Política de subsidios y el diseño de tarifas, a ser aplicado por los municipios	Regulación y control del sector, incluyendo la política de subsidios y el diseño de tarifas, a ser aplicado por los municipios, HIDROVEN: Posee las funciones de regulación, rectoría y supervisión de las filiales hidrológicas descentralizadas, incentiva la participación ciudadana, y desarrolla proyectos planteados por las comunidades.
Dirección de aguas y obras públicas (Nov.2018-Julio2020)	Dependencia Municipal (limitado)	Gestión directa simple	Presupuesto de la República asignado a la Alcaldía	Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y de Saneamiento (LOPSAPS)	No establecido	Registro de problemática de agua potable y sistema de recolección y tratamiento de aguas residuales. Inspección, verificación, para solución de casos. Reunión con mesas técnicas de agua, articulación con la hidrológica regional, consejos comunales, condominios y urbanismos privados. Asesoría técnica, rehabilitación, acompañamiento, reparación e instalación de acueductos y sistemas de cloacas.
Consejos Comunales	Asociación comunitaria local (limitado)	Local (limitado)	Presupuesto de la República asignado a la Alcaldía	LOPSAPS, Ley de Consejos Comunales		Activación de las mesas técnicas de agua. Corresponsabilidad social, rendición de cuentas, manejo transparente, oportuno y eficaz de los recursos que dispongan.
Condominios	Empresa Local (injerencia del prestador del servicio)	Privado o cooperativas	Recursos propios, cuotas extras de condominio, alcaldía, gobernanía	Normativa interna	Cuotas pagadas al condominio	Controla y fiscaliza la calidad de la prestación del servicio que realizan empresas privadas, comunitarias, públicas, mixtas y cooperativas en el sector APS.
IAGUASANJO (Julio 2020)	Empresa Municipal	Gestión directa delegada	Presupuesto de la República asignado a la Alcaldía	Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y de Saneamiento (LOPSAPS). Ordenanza municipal de creación del Instituto del 20 de julio de 2020	Ajustes anclados al petro, el Ministerio del Poder Popular de Industrias Ligeras y Comercio fija las tarifas máximas permisibles para el sector.	Regulación y control del sector, incluyendo la política de subsidios y el diseño de tarifas, a ser aplicado por los municipios, HIDROVEN: Posee las funciones de regulación, rectoría y supervisión de las filiales hidrológicas descentralizadas, incentiva la participación ciudadana, y desarrolla proyectos planteados por las comunidades.

Fuente: Elaboración propia (2024).

En el modelo de gestión de SAPS, HIDROCENTRO administra las redes de agua potable

y 7% de las fuentes subterráneas, IAGUASANJO administra en forma conjunta con HIDROCENTRO, las redes de agua potable, 24% de las fuentes subterráneas, así como un 70% de las fuentes subterráneas son administradas por las unidades de gestión privatizada. En cuanto a los servicios de saneamiento, HIDROCENTRO e IAGUASANJO realizan en forma conjunta proyectos, ejecución de obras y mantenimiento de las redes de recolección de aguas residuales. Las plantas de tratamiento de aguas residuales como por ejemplo “Los Guayos”, que recibe aguas del MSJ-EC, son administradas por HIDROCENTRO.

3. *Evaluación de los modelos de prestación de los SAPS en el Municipio San Joaquín, Estado Carabobo*

3.1. Comparación de la regulación institucional de los SAPS en el MSJ-EC

La regulación institucional del IAGUASANJO está basada en la ordenanza municipal (Gaceta Municipal N° 4664, 2020) y la LOPSAPS (Asamblea Nacional de la República Bolivariana de Venezuela (ANC), 2001), la cual establece en su artículo 5 que corresponde al Municipio y al Instituto Autónomo Municipal del Agua San Joaquín, velar que en los planes de desarrollo urbanístico se prevea la planificación, proyecto, construcción y mantenimiento de los sistemas requeridos para la prestación de los servicios públicos de agua potable y de recolección, tratamiento y disposición de aguas servidas, en las zonas donde la Compañía Anónima Hidrológica del Centro HIDROCENTRO, no haya desarrollado ningún tipo de sistema en relación al servicio de agua, mientras se cumpla lo dispuesto en la Disposición Transitoria Décima de Ley de Reforma Parcial de la Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y de Saneamiento (Gaceta Oficial N° 38.763 del 6 de septiembre de 2007) que satisfagan las necesidades de la colectividad, y hacer cumplir las disposiciones que regulan esta materia.

En cuanto a HIDROCENTRO-HIDROVEN, según la Disposición Transitoria Décima de LRP-LOPSAPS (Gaceta Oficial N° 38.763 del 6 de septiembre de 2007) expresa literalmente lo siguiente:

Décima: La Compañía Hidrológica Venezolana (HIDROVEN) será el organismo responsable en todo el territorio nacional, de la transferencia de los servicios prestados por el poder ejecutivo nacional a los distritos metropolitanos o municipios, la cual no podrá durar más de 6 años a partir de la publicación de la presente Ley. Hasta tanto se produzca dicha transferencia, los entes que actualmente prestan el servicio continuarán haciéndolo bajo la supervisión de la Compañía Hidrológica Venezolana (HIDROVEN).

3.2. Comparación de la cobertura de los SAPS en el MSJ-EC

a) Comparación de las variables de los usos y coberturas terrestres en el MSJ-EC:

El Municipio San Joaquín se encuentra ubicado en la región oriental del Estado Carabobo (Figura 3), abarcando un área de 130.76 km^2 . A pesar de que la jurisdicción de acción del IAGUASANJO es el MSJ-EC, el principal criterio para el desempeño de las funciones del IAGUASANJO es la Comuna, como entidad local donde los ciudadanos, desarrollan la participación mediante formas de autogobierno para la edificación del estado comunal soportado en la Ley Orgánica de Comunas (Asamblea Nacional de la República Bolivariana de Venezuela (ANC), 2010a). Las Comunas existentes en el MSJ-EC son las cuatro mostradas en la Figura 3, identificadas como Socialista Carabalí ($10,68 \text{ km}^2$), Oro del Pueblo ($6,24 \text{ km}^2$), Tacarigua Sur ($1,58 \text{ km}^2$), Centro-Oeste Lago Los Tacariguas ($20,51 \text{ km}^2$).

Los usos y coberturas terrestres en las comunas del MSJ-EC para 2021, obtenidos mediante un método de clasificación supervisada sobre una imagen del satélite Landsat de fecha 04-03-2021 son presentados como una muestra en la Figura 4, resultando dos usos terrestres, urbano y agrícola. La más alta cantidad de área con usos urbanos se encuentra en las Comunas Socialista Carabalí ($10,68 \text{ km}^2$) y Centro-Occidental Lago Los Tacariguas ($20,51 \text{ km}^2$), mientras que la más alta proporción de uso urbano se encuentra en la Comuna Tacarigua Sur (83 %). Con respecto al uso agrícola, éste ocupa la mayor cantidad de área en la Comuna Centro-Occidental Lago Los Tacariguas ($4,75 \text{ km}^2$), seguida de la Socialista Carabalí ($1,8 \text{ km}^2$) y Oro del Pueblo ($1,14 \text{ km}^2$). En la Figura 5 se muestra que la variación de las áreas de usos urbanos en las Comunas del MSJ-EC fue poco significativa en el período 2018-2021, cuya área fue estimada a partir de cuatro imágenes del satélite Landsat 8 OLI.

En general, se encontró que las áreas de usos (urbano y agrícola) y coberturas terrestres (vegetación, suelo degradado y cuerpo de agua) tuvieron escasas a nulas variaciones en el período 2018-2021. El área urbana ocupa cerca de 10 km^2 . Las coberturas como suelo degradado (60 km^2) y vegetación (50 km^2) ocupan la mayor cantidad de área en el Municipio San Joaquín (Figura 4f).

b) Comparación de las variables sociales y de operación de los SAPS en el MSJ-EC:

Los tipos de viviendas familiares dentro del MSJ-EC según (Instituto Nacional de Estadísticas (INE), 2011) (Figura 6a) son en forma predominante casas (16404) seguido por apartamentos en edificios (1216) y en menor cantidad los asentamientos no controlados (ranchos, 1132). En cuanto a la cobertura de los servicios de agua potable (SAP) en el MSJ-EC, ésta ha sido llevada a cabo en un 56 % mediante las redes del Acueducto Regional del Centro, Etapa II según (Instituto Nacional de Estadísticas (INE), 2011) (Figura 6b), cuyo sistema ha sido administrado desde inicios de los años 90 hasta el presente por HIDROCENTRO. La segunda fuente en importancia abarcó un 33 % de la cobertura del SAP según el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) (2011), correspondiendo con la explotación de pozos equipados con infraestructura para cumplir con los procesos de captación (sistema de bombeo) y distribución (redes de tuberías), seguido por la pila pública, que aportó un 9.37 % de la cobertura del SAP. Cerca de un 1 % del SAP fue accedido usando métodos artesanales desde las fuentes naturales como aljibes, jagüeyes, ríos, caños, quebradas, lagos, lagunas y otros medios (Figura 6b). Los métodos de entrega del servicio por redes y por pozos equivalen a 90 % de la cobertura (Figura 6c).

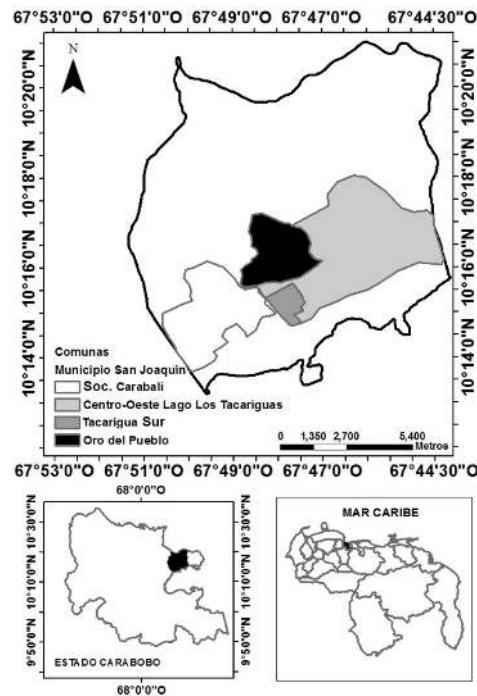


Figura 3: División en comunas, Municipio San Joaquín, Estado Carabobo. Fuente: Instituto de Aguas de San Joaquín.

Fuente: Instituto Autónomo Municipal del Agua de San Joaquín (IAGUASANJO) (2021).

c) Comparación de las variables sociales y de operación de los SAPS en el MSJ-EC

La mayor parte de la población servida de agua potable fue aquella cuyo servicio fue entregado por redes en el Municipio San Joaquín, Estado Carabobo, siendo el responsable la empresa HIDROCENTRO correspondiente a 10406 (lo que re representa el 57 %), según (Instituto Nacional de Estadísticas (INE), 2011). La cobertura del servicio del agua potable fue referida como de todos los días con un 92 % de ocurrencia dentro de la muestra evaluada (Figura 6c), seguido por cada dos o tres días en un 6,61 % y menos del 2 % con una frecuencia entre 8 y 5 días. Las coberturas de los SAP por los prestadores en el MSJ-EC por red fueron (Figura 6d), de 56 % (HR: HIDROCENTRO-Red) y el 33 % asociado a los pozos incluyó 2,32 % (H-P: HIDROCENTRO-Pozos), 7,9 % (I-A-P: IAGUASANJO-Alcaldía-Pozos y I-CC-P: IAGUASANJO-Concejos Comunales-Pozos), y pozos de privados (22,78 %), siendo destacada la participación de privatizaciones dentro del MSJ-EC.

La población abastecida desde las fuentes subterráneas, comprendió al sector privado, cubriendo cerca de 4140 clientes, seguido por el IAGUASANJO (1443), e HIDROCENTRO con alrededor de 424 clientes (Figura 6d). En cuanto a los servicios de saneamiento en el MSJ-EC (Figura 6h), se encontró que el 92.11 % tiene conexiones de los drenajes de aguas residuales internos de la vivienda hacia el sistema de recolección de aguas residuales por redes de tuberías (Figura 6h), según, mientras que un 6 % se encuentra conectado a pozos séptico y menos de 2 % a letrinas, hoyos o no tiene poceta.

d) Comparación de los registros de la producción de agua de las fuentes subterráneas en el MSJ-EC

La producción total de los pozos en el MSJ-EC resultó en cerca de 1341 L/s (Figura 6f), de los cuales 782 L/s correspondieron al servicio prestado para el abastecimiento de las zonas urbanas, mientras que 559 L/s correspondieron al uso del sector agrícola. La producción de AP desde las fuentes subterráneas fue estimada para HIDROCENTRO (H-P) de 87 L/s, para los pozos controlados por el IAGUASANJO resultó en 210 L/s y para el sector privado de 1044 L/s (Figura 6g). En las Figuras 7a – 7b se observa la producción y localización de los pozos administrados por los prestadores de los servicios de agua potable en el MSJ-EC. Los mayores caudales fueron extraídos por la

industria agrícola, variando entre 40 y 60 L/s , siendo pozos administrados por el sector privado. Existe una cantidad de pozos con una producción similar en las escalas de caudales extraídos, como se muestra en la Figura 7a.

- e) Comparación de variables hidrogeoquímicas de las fuentes subterráneas en el MSJ-EC

La calidad de agua de los pozos de agua potable en el MSJ-EC se muestra en las Figuras 8 y 9, para las concentraciones de los cationes y aniones determinados por análisis de parámetros fisicoquímicos efectuados por el MARN durante el período 1970-1995 (Instituto Autónomo Municipal del Agua de San Joaquín (IAGUASANJO), 2021; Márquez y Carrillo, 2015; Márquez y Peraza, 2019; Márquez et al., 2018a, 2018c, 2019b).

En el caso del sodio, la concentración se encontró cerca de 200 veces más pequeña que la requerida por la Norma Sanitaria del Agua Potable (Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, 1998). El sodio es el único cation, cuya concentración es regulada por este decreto. En la mayoría de las muestras de agua de los pozos, la dureza toral estuvo por debajo del valor límite deseable de 250 mg/L como $CaCO_3$ establecido en la normativa, con excepción del pozo CA6259037A ubicado en la Hacienda Cura, cuyo valor fue de 336 mg/L , sin embargo estuvo por debajo del límite máximo de 500 mg/L . La mayoría de las muestras presentaron una dureza cárlica que es alrededor del 80 % de la Dureza Total, siendo el $CaCO_3$ un compuesto significativo en el origen de estas características del agua de los pozos. Con respecto a los aniones regulados en la normativa ambiental para el control sanitario del agua potable tales como nitrato ($< 45mg/L$), sulfato ($< 250mg/L$) y cloruro ($< 250mg/L$), todos resultaron por debajo de los valores límites en órdenes de magnitudes que resultó aproximada a la concentración límite (Figura 9).

Recientemente, una caracterización de seis pozos de agua potable registrados por el IAGUASANJO, localizados dentro de las comunas Centro-Oeste Lago Los Tacarigas y Tacarigua Sur del MSJ-EC fue gestionada por el IAGUASANJO en conjunto con el Laboratorio HIDROLAB-TORO y llevada a cabo en fecha 02 de febrero de 2021, encontrando que bacteriológicamente, las muestras de agua analizadas de los 6 pozos no presentaron cloro residual así como microrganismos heterótrofos, coliformes totales, coliformes fecales (Tabla 2).

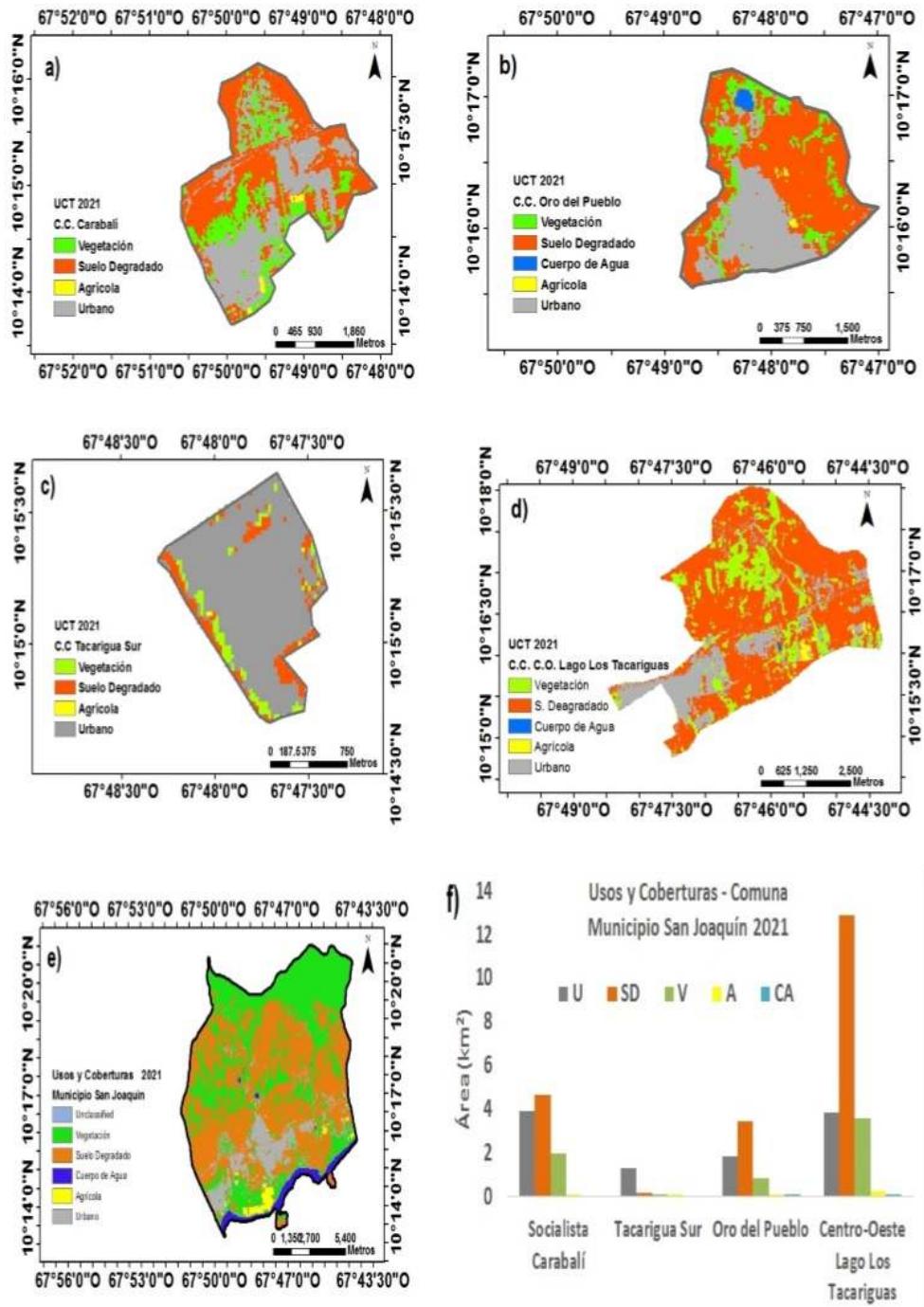


Figura 4: Usos y coberturas terrestres en las comunas del Municipio San Joaquín, Estado Carabobo para 2021, obtenidos mediante un método de clasificación supervisada sobre una imagen Landsat de fecha 04-03-2021. Clases: U: Urbano, SD: Suelo Degradado, V: Vegetación, A: Agricultura.

Fuente: U.S. Geological Survey (2021).

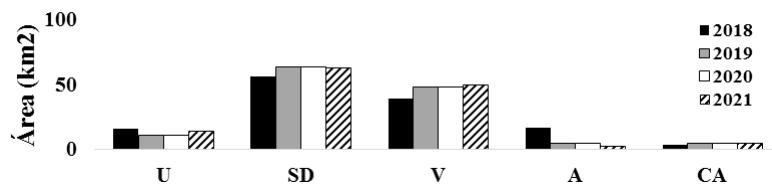


Figura 5: Área de usos y coberturas terrestres en el Municipio San Joaquín, Estado Carabobo en el período 2018-2021, obtenidas desde imágenes clasificadas del satélite Landsat 8OLI. Clases: U: Urbano, SD: Suelo Degrado, V: Vegetación, A: Agricultura. Fuente: U.S. Geological Survey (2021).

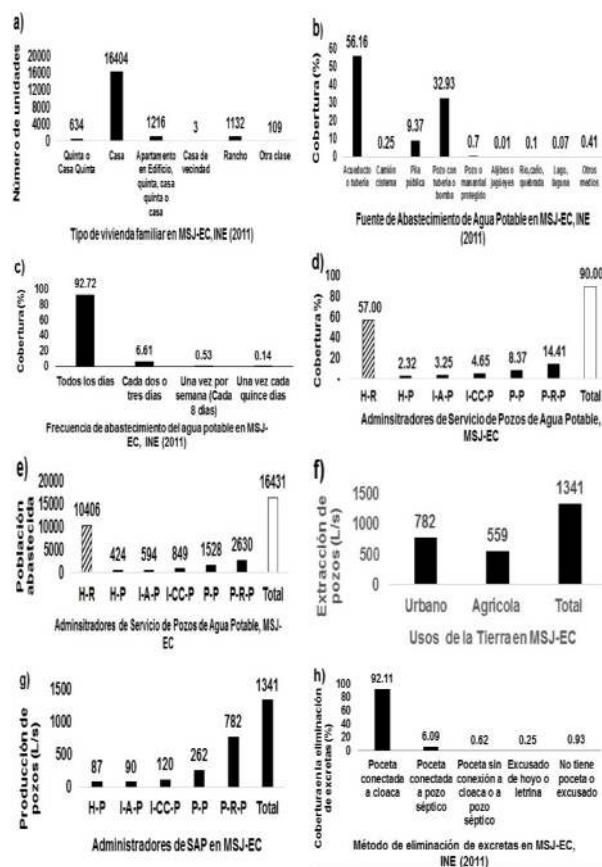


Figura 6: Comparación de las variables sociales y de prestación de los SAPS en el Municipio San Joaquín. Estado Carabobo (MSJ-EC). H-R: HIDROCENTRO Red, H-P: HIDROCENTRO-Pozos, I-A-P: IAGUASANJO-Alcaldía-Pozos, I-CC-P: IAGUASANJO-Consejos Comunales-Pozos, P-P: Privados-Pozos, P-R-P: Privados-Registros MARN-Pozos. Fuente: Elaboración Propia. Adaptación de Instituto Autónomo Municipal del Agua de San Joaquín (IAGUASANJO) (2021); Márquez y Carrillo (2015); Márquez et al. (2019b), Márquez et al. (2018c), Márquez et al. (2018b), Márquez et al. (2018a)

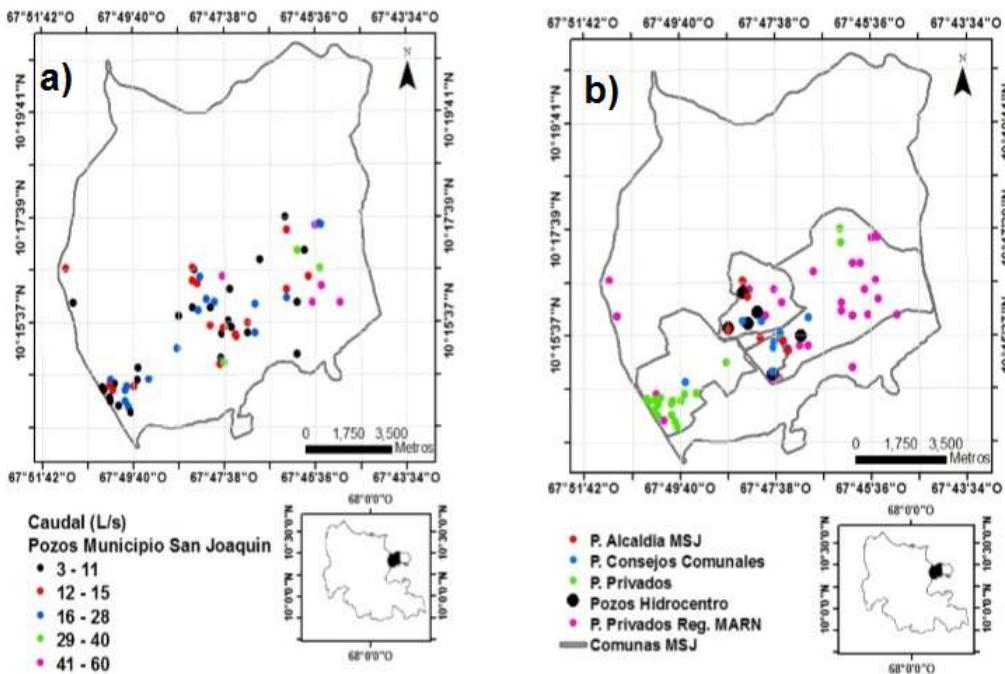


Figura 7: Producción y localización de los pozos administrados por los prestadores de los servicios de agua potable en el Municipio San Joaquín, Estado Carabobo (MSJ-EC).

Fuente: Elaboración Propia. Adaptación de Instituto Autónomo Municipal del Agua de San Joaquín (IAGUASANJO) (2021); Márquez y Carrillo (2015); Márquez et al. (2019b), Márquez et al. (2018c), Márquez et al. (2018b), Márquez et al. (2018a).

En cuanto a los parámetros físicoquímicos (pH, color, turbiedad, dureza total, sólidos disueltos totales, cloruros, sulfatos, hierro total, cobre, aluminio, manganeso total, sodio y zinc) dieron valores significativamente inferiores respecto a los valores límites establecidos por la normativa.

La composición de las aguas de los pozos del Municipio San Joaquín puede ser observada a través del Diagrama Piper Hill Langelier (Figura 9) donde se aprecia que existe presencia significativa de iones bicarbonato y calcio, los cuales sugieren que el acuífero del Municipio San Joaquín sea de tipo Karstico (Kirsch, 2006), formado por la disolución de rocas carbonatadas (piedra caliza, dolomita). Las cuevas y canales kársticos se encuentran principalmente a lo largo de las fracturas tectónicas o límites de capas horizontales. Los fenómenos kársticos no solo ocurren en la superficie sino también en mayores profundidades en los acuíferos (Merkel et al., 2005). La razón es que la disolución del carbonato es un proceso comparativamente rápido, pero aún

lleva algo de tiempo, mientras que el agua puede cubrir una distancia bastante larga a lo largo de una fractura.

En la Figura 9 se muestra la clasificación del agua de los pozos de Municipio San Joaquín donde se observa que la mayor cantidad de pozos tienen en su composición un agua bicarbonatada cálcica con presencia en menor proporción de bicarbonato de sodio, el cual fue encontrado como presente en el agua de los pozos ubicados en la zona agrícola (Figura 9). Cabe destacar que a pesar de haber detectado presencia de sales de sodio, las concentraciones del ion sodio son bajas con respecto a la normativa que regula el agua potable en una proporción hasta 200 veces por debajo del límite permitido, por lo que el agua para riego del Municipio San Joaquín es adecuada para usos de consumo humano y agrícola. Según Guevara (1990), el contenido de sales en las aguas de riego es un factor que debe ser manejado correctamente para evitar la salinización e improductividad de los suelos agrícolas. Las aguas con baja concentración de sodio, pueden usarse para el riego en la mayoría de los suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable.

3.3. Gestión de los SAPS por el IAGUASANJO

Las variables del modelo de gestión de los servicios de agua potable y saneamiento del Municipio San Joaquín, Estado Carabobo son mostradas en las Figura 10, haciendo énfasis en la atención prestada por la Dirección de Obras Públicas de la Alcaldía de Municipio San Joaquín (Figuras 10a, 10d) y el IAGUASANJO (Figuras 10b-10c, 10e-10f) a las cuatro Comunas del MSJ-EC durante el período 2019-2021. El modelo de prestación de los servicios de agua potable por tanto, la Dirección de Obras Públicas de la Alcaldía del Municipio San Joaquín como el IAGUASANJO incluye tres componentes (Figura 10a-c): 1) rehabilitación e inspección de los servicios de agua potable, 2) instalación de acueductos y 3) servicios de pozos profundos. La prestación de los servicios de saneamiento potable por tanto, la Dirección de Obras Públicas de la Alcaldía del Municipio San Joaquín como el IAGUASANJO abarca las seis actividades siguientes (Figura 10d-f): 1) Limpieza, inspección y reconstrucción (LIR) de empotramientos a las redes de colectores de aguas residuales, 2) Limpieza e inspección de bocas de visita, 3) rehabilitación de colectores de 6 pulgadas, 4) rehabilitación de colectores de 8 pulgadas, 5) rehabilitación de colectores de 12 pulgadas y 6) rehabilitación de colectores 21 pulgadas.

En el año 2019, las acciones en los servicios de agua potable por la Dirección de Obras Públicas de la Alcaldía del Municipio San Joaquín se llevaron a cabo en la Comuna Centro-Oeste Lago Los Tacariguas recibió la mayor cantidad de atención en cuanto a inspección y rehabilitación de las redes de los sistemas de captación, aducción y distribución de la red de suministro de agua potable a través de los pozos (Figura 10a), duplicando los servicios demandados con respecto a las comunas Socialista Carabalí, Oro del Pueblo y Tacarigua Sur, siendo la comuna Socialista Carabalí, aquella que presentó la menor incidencia de requerimientos de servicios para mantenimiento de la redes de agua potable. En cuanto a las acciones para saneamiento, se realizaron 28 reconstrucciones de empotramientos de viviendas a colectores de aguas residuales en la comuna Tacarigua Sur, de un total de 70 para las comunas, 163 rehabilitaciones de colectores de agua residual de diámetro 8 pulgadas en la comuna Centro-Oeste Lago Los Tacariguas de un total de 342 para todas las comunas, así como 123 rehabilitaciones de colectores de agua residual de diámetro 2 pulgadas en la comuna Tacarigua Sur (10a).

En el año 2020, las acciones en los servicios de agua potable por el IAGUASANJO se enfocaron en las inspecciones de acueductos en la Comuna Centro-Oeste Lago Los Tacariguas y la rehabilitación de los pozos de la comuna Oro del Pueblo (Figura 10b). En cuanto a las acciones para saneamiento, se realizaron 39 reconstrucciones de empotramientos de viviendas a colectores de aguas residuales en la comuna Oro del Pueblo, de un total de 73 para las comunas, 189 rehabilitaciones de colectores de agua residual de diámetro 8 pulgadas en la comuna Centro-Oeste Lago Los Tacariguas de un total de 266 para todas las comunas, así como 123 rehabilitaciones de colectores de agua residual de diámetro 2 pulgadas en la comuna Tacarigua Sur (Figura 10b).

En el año 2021, después de la transición de la Dirección de Obras Públicas de la Alcaldía del Municipio San Joaquín hacia el IAGUIASAJO, la cantidad de acciones para el mantenimiento de las redes de acueductos de las comunas del Municipio San Joaquín se incrementó en un orden de 1000 veces. La reconstrucción de cerca de 1245 metros de tuberías se llevó a cabo dentro de los sistemas de distribución del agua potable, especialmente en la comuna Oro del Pueblo (916 m), Centro Oeste Lago Los Tacariguas (231 m) y Socialista Carabalí (108 m) (Figuras 10c). En cuanto a las acciones para saneamiento, se realizaron 39 reconstrucciones de empotramientos de viviendas a colectores de aguas residuales en la comuna Oro del Pueblo, de un total de 73 para las comunas, 189 rehabilitaciones de colectores de agua residual de diámetro 8 pulgadas en la comuna Centro-Oeste Lago Los Tacariguas de un total de 266 para todas las comunas, así como 33 rehabilitaciones de colectores de agua residual de diámetro 12 pulgadas en la comuna Tacarigua

Sur de un total de 33 para todas las comunas (Figuras 10c).

La diferencia en el desempeño de la Dirección de Obras Públicas de la Alcaldía del Municipio San Joaquín con respecto al IAGUASANJO estuvo asociada a la autonomía adquirida con respecto al manejo de recursos administrativos, humanos, de ingeniería y de gestión comunitaria para desempeñar las funciones de planificación y ejecución de obras mediante la adquisición de materiales y la contratación de personal técnico especializado y capacitado para dirigir las acciones para la inspección, reconstrucción y rehabilitación de las redes de acueductos y colectores de aguas residuales como se ha observado en las Figuras 10.

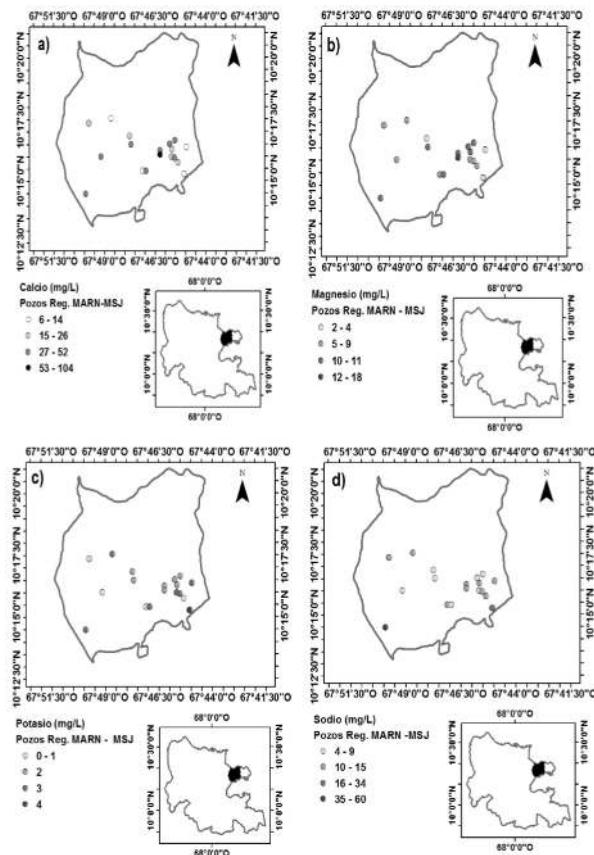


Figura 8: Concentración de cationes (Calcio, Magnesio, Potasio, Sodio) disueltos en el agua de pozos administrados por los prestadores de los servicios de agua potable privados registrados en el MARN en el período 1970-1995 correspondientes al Municipio San Joaquín, Estado Carabobo (MSJ-EC). Fuente: Adaptación de MARN (1971-2015)

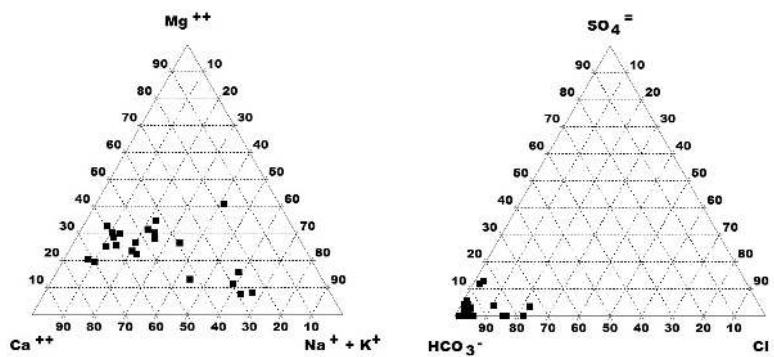


Figura 9: Diagramas Piper Hill Langelier para determinación de la composición del agua de los pozos administrados por los prestadores de los servicios de agua potable privados registrados en el MARN en el período 1970-1995 correspondientes al Municipio San Joaquín, Estado Carabobo (MSJ-EC). Fuente: Adaptación de MARN (1971-2015)

Tabla 2: Caracterización del agua de 6 pozos administrados por el IAGUASANJO en el MSJ-EC

PARÁMETROS	UNIDAD	MUESTRA			INCERTIDUMBRE			VALOR DESEABLE MENOR A (1)	VALOR MÁXIMO ACEPTABLE (a)
		N° 1	N° 2	N° 3	N° 1	N° 2	N° 3		
pH	Adim	6,79	6,10	6,60	0,01	0,01	0,01	6,5 - 8,5	9,0
Temperatura	°C	30	30	29	0,5	0,5	0,5	N.R.	N.R.
Color real	Unid. Pt. Co	<1	<1	<1	1	1	1	5	15 (25)
Turbiedad	NTU	<1	<1	<1	1	1	1	1	5 (10)
Dureza Total	mg/L <i>CaCO</i> ₃	56	-1	59,00	1	1	1	250	500
Sólidos disueltos totales	mg/L	118	79	116	1	1	1	600	1000
Cloruros	mg/L	4	4	3	1	1	1	250	300
Sulfatos	mg/L	1	<1	5	1	1	1	250	500
Hierro Total	mg/L	0,023	0,002	0,007	0,003	0,001	0,003	0,1	0,3 (1,0)
Cobre	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	0,002	0,002	1,0	2,0
Aluminio	mg/L	0,067	0,020	0,020	0,003	0,003	0,003	0,1	0,2
Manganeso Total	mg/L	<0,002	<0,002	0,006	0,002	0,002	0,003	0,1	0,5
Sodio	mg/L	20	14	17	1	1	1	200	200
Zinc	mg/L	<0,002	<0,014	<0,002	0,002	0,004	0,002	3,0	5,0

Fuente: Elaboración propia (2024).

3.4. Creación de índices de prestación de los SPAS en el MSJ-EC

En la Tabla 3 se presenta el método de creación de los tres índices asociados a la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento por el IAGUSANJO en el Municipio San Joaquín derivados de la aplicación de la Ecuación 1. Los valores de la matriz de la Tabla 3 se han separado en dos componentes, los cuales son las actividades de prestación de los servicios de agua potable y las de saneamiento.

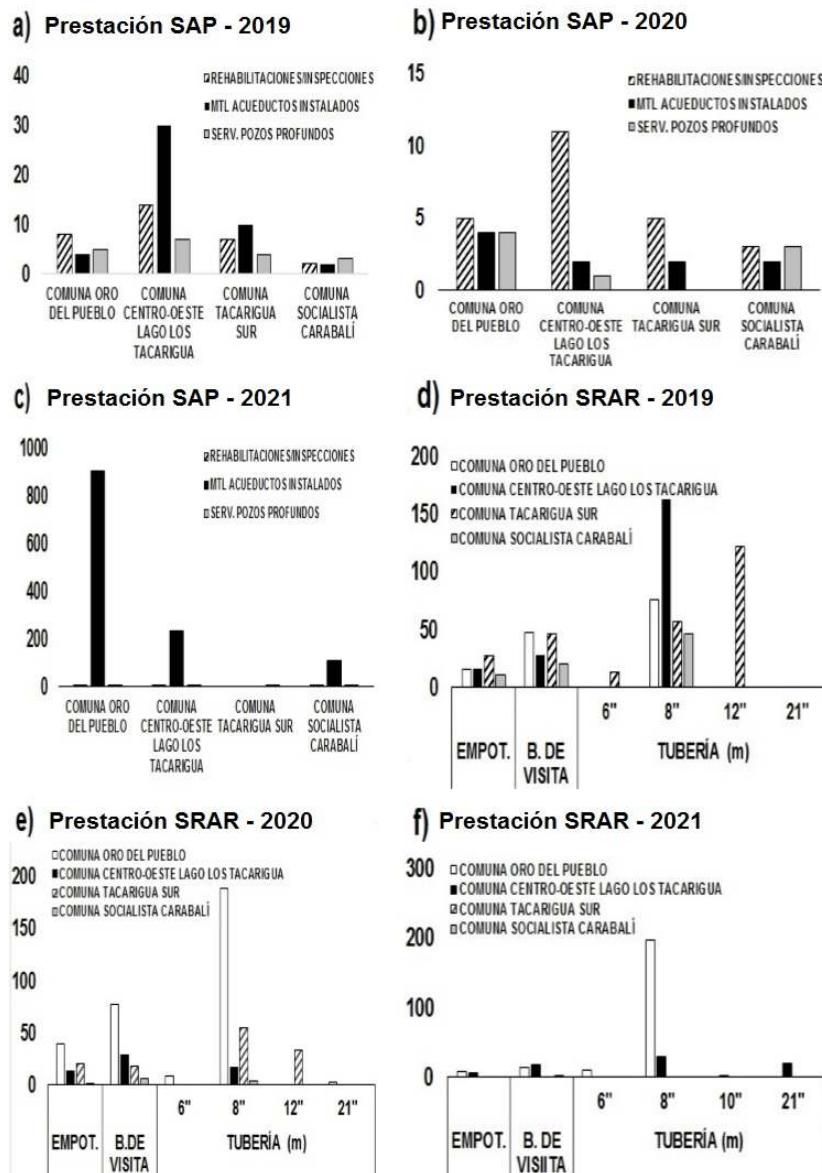


Figura 10: Variables del modelo de prestación de los servicios de agua potable (SAP) y recolección de aguas residuales (RAR) por la Dirección de Obras Públicas de las Alcaldías del Municipio San Joaquín (2019) y el IAGUASANJO (2020-2021) en comunas del Municipio San Joaquín, Estado Carabobo.

Fuente: Elaboración propia (2024). Adaptado de datos del modelo de prestación del Instituto Autónomo Municipal del Agua de San Joaquín (IAGUASANJO) (2021)

En la Tabla 3 se puede observar que el componente asociado a la prestación de los servicios de agua potable abarca tres variables representando a las acciones ejecutadas

por el IAGUSANJO en el periodo 2019-2021, cuyos resultados fueron presentados en las Figuras 11-12. Las tres variables involucran las actividades de a) rehabilitación/inspección de acueductos, b) instalación de acueductos y c) servicios de pozos profundos. Las ponderaciones fueron obtenidas como la cantidad de las acciones realizadas dentro de cada comuna entre el total de las acciones para las cuatro comunas del municipio. La valoración del subtotal de las acciones en prestación de servicios de agua potable desarrolladas por el IAGUASANJO durante tres años resultó de 9 (Subtotal 1), cuyo valor engloba los valores para cada una de las cuatro comunas dentro del Municipio San Joaquín, resultando una puntuación para la comuna 1 (Oro del Pueblo) de 3,19; comuna 2 (Centro-Oeste Lago Los Tacariguas) de 3,33; la comuna 3 (Tacarigua Sur) de 1,15 y la comuna Socialista Carabalí de 1,33.

En cuanto al componente asociado a la prestación de los servicios de saneamiento abarca seis variables representando a las acciones ejecutadas por el IAGUSANJO en el periodo 2018-2021 (Tabla 3). Las seis variables involucran las actividades de a) limpieza, inspección y reconstrucción de empotramientos, b) limpieza e inspección de bocas de visita, c) rehabilitación de conducciones de aguas residuales para tubería de diámetro 6 pulgadas, d) rehabilitación de conducciones de aguas residuales para tubería de diámetro 8 pulgadas, e) rehabilitación de conducciones de aguas residuales para tubería de diámetro 12 pulgadas, y f) rehabilitación de conducciones de aguas residuales para tubería de diámetro 21 pulgadas. La valoración del subtotal de las acciones en prestación de servicios de saneamiento desarrolladas por el IAGUASANJO durante tres años resultó de 17 (Subtotal 2), cuyo valor engloba los valores para cada una de las cuatro comunas dentro del Municipio San Joaquín, resultando una puntuación para la comuna 1 (Oro del Pueblo) de 7,47; comuna 2 (Centro-Oeste Lago Los Tacariguas) de 4,45; la comuna 3 (Tacarigua Sur) de 4,51 y la comuna Socialista Carabalí de 0,57.

Los resultados de los tres índices encontrados para las cuatro comunas son mostrados en la Tabla 3, donde se observa con respecto al índice de modelo de prestación de servicios de agua potable (IMPSAP) que presentó el mayor puntaje para la comuna Oro del Pueblo (0,35) y menor proporción para el resto de las comunas. En cuanto al índice de modelo de prestación de servicios de saneamiento (IMPSS), se encontró que el mayor puntaje fue obtenido para la comuna Oro del Pueblo (0,65) y menor proporción para el resto de las comunas. En cuanto al índice global del modelo de prestación de los servicios de agua potable y saneamiento (IMPSAPS) se encontró que abarcó una ponderación de 0,41 en la comuna Oro del Pueblo seguido por el índice de la comuna Centro-Oeste Lago Los Tacariguas (0.30), así como el esto para la comunas de Tacarigua Sur (0,22) y Socialista Carabalí (0,07).

Tabla 3: Matriz multicriterio de Índices de Prestación de Servicios de Agua Potable y Saneamiento (IPSAPS) a escala municipal del IAGUASANJO durante 2019-2021 (I) en la cuatro comunas del Municipio San Joaquín, Estado Carabobo: 1 Comuna Oro del Pueblo, 2. Comuna Centro-Oeste Lago Los Tacarigas, 3. Comuna Tacarigua Sur, 4. Comuna Socialista Carabalí.

Comp.	Variables	Año	IAGUASANJO	Frecuencia relativa de actividades en SAPS en las comunas			
				1	2	3	4
1. PSAP	1.1 Rehabilitación / inspección de acueductos	2019	1	0,2	0,4	0,2	0,1
		2020	1	0,21	0,5	0,2	0,1
		2021	1	0,4	0,4	0	0,1
	Subtotal 1.1		3	0,8	1,3	0,4	0,3
	1.2 Instalación de acueductos	2019	1	0,09	0,6	0,2	0,1
		2020	1	0,4	0,2	0,2	0,2
		2021	1	0,7	0,2	0	0,1
	Subtotal 1.2		3	1,2	1,0	0,4	0,4
	1.3 Servicios de pozos profundos	2019	1	0,2	0,4	0,2	0,2
		2020	1	0,5	0,1	0	0,4
		2021	1	0,31	0,5	0,1	0,1
	Subtotal 1.3		3	1,1	1,0	0,3	0,7
2. PSS	2.1	2019	1				
		2020	1	0,53	0,18	0,28	0,01
		2021	1	0,57	0,43	0	0
	Subtotal 2.1		3	1,31	0,84	0,68	0,17
	2.2 Limpieza e inspección de bocas de visita	2019	1	0,34	0,20	0,32	0,14
		2020	1	0,59	0,23	0,13	0,05
		2021	1	0,43	0,51	0	0,06
	Subtotal 2.2		3	1,36	0,94	0,45	0,25
	2.3 Rehabilitación de conducciones de aguas residuales para tubería de diámetro 6 pulgadas	2019	1	0	0	1	0
		2020	1	1	0	0	0
		2021	1	1	0	0	0
	Subtotal 2.3		3	2	0	1	0
	2.4 Rehabilitación de conducciones de aguas residuales para tubería de diámetro 8 pulgadas	2019	1	0,22	0,48	0,17	0,13
		2020	1	0,71	0,06	0,21	0,02
		2021	1	0,87	0,13	0	0
	Subtotal 2.4		3	1,8	0,67	0,38	0,15
	2.5 Rehabilitación de conducciones de aguas residuales para tubería de diámetro 12 pulgadas	2019	1	0	0	1	0
		2020	1	0	0	1	0
		2021	1	0	1	0	0
	Subtotal 2.5		3	0	1	2	0
	2.6 Rehabilitación de conducciones de aguas residuales para tubería de diámetro 21 pulgadas	2019	0	0	0	0	0
		2020	1	1	0	0	0
		2021	1	0	1	0	0
	Subtotal 2.6		2	1	1	0	0
Total			26	11	7,8	5,7	,19
IMPSAP			0,35	0,12	0,13	0,04	0,05
IMPSS			0,65	0,29	0,17	0,17	0,02
IMPSAS			1	0,4	0,3	0,2	0,1

Fuente: Elaboración propia. Adaptación de López et al. (2020).

Se considera la clasificación de los índices de SAPS en las escalas como sigue (López et al., 2020): muy bajo (0-20 %), bajo (20-40 %), medio (40-60 %), alto (60-80 %), y muy alto (80-100 %). En este estudio se encontró un valor alto para el IMPSS (65 %), y un valor bajo para el IMPSAP (bajo).

En las Figuras 11 y 12 se muestra la representación gráfica de los tres índices, IMPSAP, IMPSS y IMPSAPS, calculados sobre la base de un período de tiempo de 3 años (2015-2018) y discriminados para las cuatro comunas del Municipio San Joaquín-Estado Carabobo, donde se observa que el IMPSAP fue inferior al IMPSS, y el complemento de ambos índices justifican los valores obtenidos para el índice IMPSAPS. Con respecto a los índices globales por el MSJ-EC, se observa que 65 % de las actividades desarrolladas por el IAGUASANJO en el MSJ-EC fueron orientadas hacia cubrir las necesidades de servicios en saneamiento, mientras que 35 % de las acciones fueron realizadas en servicios de agua potable (Figura 11).

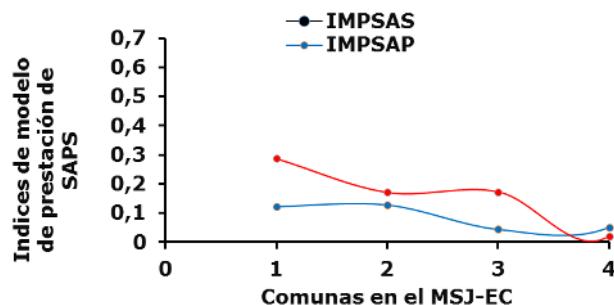


Figura 11: Índice de modelo de prestación de servicios de agua potable y saneamiento en comunas del Municipio San Joaquín por el IAGUASANJO en el período 2019-2021. Comunas: 1: Oro del Pueblo, 2: Centro-Oeste Lago Los Tacarigas, 3: Tacarigua Sur, 4: Socialista Carabalí.

Fuente: Elaboración propia (2024). Adaptado de López et al. (2020).

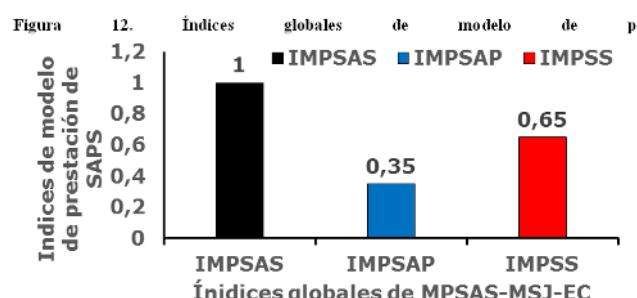


Figura 12: Índices globales de modelo de prestación de servicios de agua potable y saneamiento en el Municipio San Joaquín por el IAGUASANJO en el período 2019-2021.

Fuente: Elaboración propia (2024). Adaptado de López et al. (2020).

Conclusiones

Existe avance en la creación de la institucionalidad requerida en la escala municipal para la transición y transferencia de las funciones desde las empresas públicas hidrológicas regionales hacia la empresa pública municipal en Venezuela, de acuerdo con lo establecido en la LOPSAPS.

En el Municipio San Joaquín se creó el Instituto Autónomo Municipal del Agua para el Municipio San Joaquín desde el 4 de julio de 2020, el cual ha mostrado un incremento significativo en el desempeño de sus funciones al comparar con la Dirección de Obras Públicas, adscrita a la Alcaldía del Municipio San Joaquín, contribuyendo con el incremento de la atención para la prestación de los servicios de reconstrucción y rehabilitación de acueductos y redes de recolección de aguas residuales en una proporción significativa.

La cobertura de los servicios de agua potable en el Municipio San Joaquín ha sido reportada en 56,6 % a través de un sistema de redes de acueducto administrado por HIDROCENTRO y 33 % a través de fuentes subterráneas de los cuales un 7 % es asociado a HIDROCENTRO, 24 % corresponde a la administración que se lleva a cabo desde el IAGUASANJO, mientras que el porcentaje restante al sector privado. En cuanto al proyecto, ejecución y mantenimiento de redes de recolección de aguas residuales, ésta acción está siendo asistida tanto por HIDROCENTRO como por el IAGUASANJO en forma conjunta.

El modelo de prestación de SAPS en el Municipio San Joaquín es una estructura horizontalizada que cuenta con la participación de las empresas públicas-delegadas en las representaciones de HIDROCENTRO y el IAGUASANJO así como de asociaciones de privados (condominios de urbanismos) e industrias que integran las actividades territoriales en el municipio. El modelo de prestación de servicios de agua potable y saneamiento en el Municipio San Joaquín fue representado por tres índices de gestión propuestos en forma integrada para agua potable y saneamiento (IMPSAPS), índice de modelo de para la prestación de los servicios en agua potable (IMPSAP) e índice de modelo de para la prestación de los servicios de saneamiento (IMPSS), según los cuales el IAGUASANJO ha orientado 65 % de las actividades hacia la prestación de los servicios de saneamiento y 35 % de las acciones hacia la prestación de los servicios de agua potable en el período 2018-2021.

Referencias

- AECID-CODIA. (2011). *Uso de los sistemas de información geográfica y tecnología de sensores remotos aplicados a recursos hídricos*. Centro de Formación de la Cooperación Española. Antigua, Guatemala. <https://es.scribd.com/document/504774160/Uso-de-los-sistemas-de-informacion-geografica-y-tecnologia-de-sensores-remotos-aplicados-a-recursos-hidricos>

- Asamblea Nacional de la República Bolivariana de Venezuela (ANC). (2001). *Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento*. Gaceta Oficial Extraordinaria Nº 5.568.
- Asamblea Nacional de la República Bolivariana de Venezuela (ANC). (2007). *Ley de Reforma Parcial de la Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento*. Gaceta Oficial Extraordinaria Nº 38.763.
- Asamblea Nacional de la República Bolivariana de Venezuela (ANC). (2010a). *Ley Orgánica de Comunas*. Gaceta Oficial Nº 39.335.
- Asamblea Nacional de la República Bolivariana de Venezuela (ANC). (2010b). *Ley Orgánica del Poder Público Municipal*. Gaceta Oficial Nº 36.860.
- Centro del Agua para América Latina y el Caribe. (2012). *Gestión comercial para los organismos operadores de agua, drenaje y saneamiento*. Tecnológico de Monterrey. <https://es.scribd.com/document/504794913/Curso-Tec-Monterrey>
- CODIA-AECID. (2012). *Hidrogeología*. Centro de Formación de la Cooperación Española. <https://es.scribd.com/document/504795167/HIDROGEOLOGIA>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (1990). *Abastecimiento de agua potable y saneamiento ambiental en América Latina y el Caribe con posterioridad a la Carta de Punta del Este, LC/G.1591(SES.23/17), Santiago de Chile*. CEPAL.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (1994). *El Programa 21 en el manejo integral de los recursos hídricos en América Latina y el Caribe, LC/G.1830, Santiago de Chile*. CEPAL.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2009). *Políticas sobre el uso sustentable del agua y la prestación eficiente de los servicios públicos vinculados*. División de Desarrollo Productivo y Empresarial. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos-CEPAL. <https://es.scribd.com/document/504796336/CURSO-CEPAL>
- Corrales, M. (2000). *El reto del agua*. Editorial Galac S.A.
- Corrales, M. (2004). *Venezuela: análisis del sector agua potable y saneamiento*. Serie informes sectoriales. Infraestructura. <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/396>
- Corrales, M. (2008). Infraestructura pública y servicios asociados. En *Venezuela: Un Acuerdo para Alcanzar el Desarrollo*. Acuerdo Social.
- ESRI. (2008). *Introducción a ArcGIS I*. Gerencia de Transferencia de Tecnología y Mercado. <https://es.scribd.com/document/504775833/ESRI-2>
- Farías, B., Márquez, A., Guevara, E., y Rey, D. (2018). Characterization spatio-temporal land use in watershed using geomatic techniques. *Revista Ingenieria UC*, 25(1), 19-30. <http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/v25n1/vol25n12018.pdf>
- Ferro, G. (2017). *América Latina y el Caribe hacia los Objetivos de Desarrollo Sostenible en agua y saneamiento: reformas recientes de las políticas sectoriales*. CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/41136>

- Gaceta Municipal N° 4664. (2020). *Ordenanza de Creación del Instituto Autónomo Municipal del Agua San Joaquín. 14 de Julio de 2020*. Concejo Municipal de San Joaquín. <https://es.scribd.com/document/504775065/Ordenanza-IAGUASANJO>
- Guevara, E. (1990). *Ingeniería de riego y drenaje*. Consejo de desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad de Carabobo.
- Hajkowicz, S., y Collins, K. (2007). A review of multiple criteria analysis for water resource planning and management. *Water resources management*, 21, 1553-1566.
- HIDROLAB-TORO – IAGUASANJO. (2021). *Ánálisis bacteriológicos y fisicoquímicos del agua de seis pozos del Municipio San Joaquín, Estado Carabobo*. <https://es.scribd.com/document/504793061/Informe-HIDROLABTORO-Tesis-KL>
- Hidrológica de Venezuela (HIDROVEN). (2021). *La institución*. HIDROVEN. <http://www.hidroven.gob.ve/>
- Instituto Autónomo Municipal del Agua de San Joaquín (IAGUASANJO). (2021). *Aval de datos de catastro de pozos y variables de gestión*. IAGUASANJO. <https://es.scribd.com/document/504766970/Aval-datos-IAGUASANJO>
- Instituto Nacional de Estadísticas (INE). (2011). *Censo de población y vivienda 2011*. INE. <http://www.ine.gov.ve/CENSO2011/>
- Jouravlev, A. (2001a). *Administración del agua en América Latina y el Caribe en el umbral del siglo XXI*. CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/6384>
- Jouravlev, A. (2001b). *Los servicios de agua potable y saneamiento en el umbral del siglo XXI*. CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/6440>
- Kirsch, S. (2006). *Reverse anthropology: Indigenous analysis of social and environmental relations in New Guinea*. Stanford University Press.
- López, N., Márquez, A., y Guevara, E. (2020). Change dynamics of land-use and land-cover for tropical wetland management. *Water Practice and Technology*. <https://doi.org/10.2166/wpt.2020.049>
- Márquez, A., y Carrillo, F. (2015). *Vulnerabilidad hidrogeológica del acuífero del municipio de San Diego, Estado Carabobo* [Tesis de Maestría]. Universidad de Carabobo. <http://www.riuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/123456789/2420/1/vcarrillo.pdf>
- Márquez, A., Guevara, E., Pérez, S., y Rey, D. (2020). Avances de la Universidad de Carabobo en formación de recursos humanos y estudios sobre recursos hídricos. En A. de Ingeniería y Hábitat de Venezuela (Ed.), *I Simposio Nacional de Recursos Hídricos*. <https://www.youtube.com/watch?v=cR9I-YdWuSE>
- Márquez, A., Guevara, E., y Rey, D. (2018a). Method for Forecasting of Changes in Land Use and Land Cover Using Satellite Remote Sensing Techniques. *Journal of Remote Sensing GIS and Technology*, 4(3). <http://matjournals.in/index.php/JORSGT/article/view/2771>
- Márquez, A., Guevara, E., y Rey, D. (2018b). Spatio-Temporal Forecasting Model of Water Balance Variables in the San Diego Aquifer, Venezuela. *Journal of Remote Sensing GIS and Technology*, 4(3). <http://matjournals.in/index.php/JORSGT/article/view/2864>

- Márquez, A., Guevara, E., y Rey, D. (2018c). Spatio-temporal Geostatistical Modeling of Hydrogeochemical Parameters in the San Diego Aquifer, Venezuela. *Journal of Remote Sensing GIS and Technology*, 4(3). <http://matjournals.in/index.php/JORSGT/article/view/2799>
- Márquez, A., Guevara, E., y Rey, D. (2019a). Platform Logic: An Interdisciplinary Approach to the Platform-Based Economy. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 12(1), 252-273. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8605374/>
- Márquez, A., Guevara, E., y Rey, D. (2019b). Soil and groundwater remediation proposal in an aquifer of Venezuela by hydrocarbon transport geostatistical modeling. *Journal of Remote Sensing GIS and Technology*, 5(1). <http://matjournals.in/index.php/JORSGT/article/view/2965>
- Márquez, A., y Jiménez, M. (2016). *Propuesta de rehabilitación del sistema de abastecimiento y distribución de agua potable en el sector Brisas del Mayei en Vigirima, municipio Guacara, estado Carabobo* [Tesis de pregrado]. Universidad de Carabobo. <http://riuc.bc.uc.edu.ve/handle/123456789/4910>
- Márquez, A., y Peraza, B. (2019). *Análisis de la vulnerabilidad del acuífero del municipio Guacara del estado Carabobo* [Tesis de Maestría]. Universidad de Carabobo. <http://www.riuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/123456789/7664/1/yperaza.pdf>
- Márquez, A., y Reyes, D. (2019). *Manejo sustentable de los recursos hídricos en la zona norte del municipio Guacara del estado Carabobo* [Tesis de Maestría]. Universidad de Carabobo. <http://www.riuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/123456789/8188/1/sreyes.pdf>
- Merkel, B., Planer-Friedrich, B., y Nordstrom, D. (2005). *Groundwater geochemistry. A practical guide to modeling of natural and contaminated aquatic systems*.
- Ministerio de Ecosocialismo y Aguas (MINEA). (2015). *Memoria y Cuenta*. Oficina de Planificación, Presupuesto y Organización/Dirección de Planificación. <http://www.minec.gob.ve/memoria-y-cuenta/>
- Ministerio de Sanidad y Asistencia Social. (1998). *Normas Sanitarias de Calidad de Agua Potable*. MSAS.
- Organización Mundial de la Salud (OMS) y Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF). (2000). *Evaluación mundial del abastecimiento de agua y el saneamiento en 2000*. OMS/UNICEF. http://www.who.int/docstore/water_sanitation_health/Globassessment/GlasspdfTOCspan.htm
- Rivas, E., Matos, E., M. Buroz, Ochoa-Iturbe, J., y Machado-Allison, A. (2018). Urban Waters in Venezuela. *Challenges in the Americas*, (93). <https://ianas.org/wp-content/uploads/2020/08/uwc20.pdf>
- U.S. Geological Survey. (2021). *Administrador de la base de datos de imágenes del satélite Landsat 8 OLI*. USGS. <http://www.ine.gov.ve/CENSO2011/>