

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA ECONÓMICAS, A.C.



**AGUA Y POBREZA EN MÉXICO: UN ANÁLISIS DE LA POBREZA HÍDRICA EN  
LOS MUNICIPIOS DE MÉXICO EN 2020**

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADA EN POLÍTICAS PÚBLICAS

PRESENTA

XIMENA GARCÍA RUIZ

DIRECTOR DE TESINA: DR. OSIEL GONZÁLEZ DÁVILA

*A Janin Ruiz Sánchez,  
Gerardo de J. García Delgadillo y  
Gerardo García Ruiz,  
los componentes principales de mi proyecto de vida.*

## Resumen

Durante la última década ha emergido un fuerte interés por estudiar la pobreza hídrica en México. Si bien, entre 2010 y 2020 el país experimentó una reducción mínima en los niveles de pobreza, el agotamiento de los recursos hídricos ha planteado como un verdadero reto garantizar las necesidades hídricas de carácter doméstico, agrícola e industrial; lo cual ha generado que la conservación del agua en México sea un asunto no solo de prioridad ambiental sino también de equidad. No obstante, la literatura existente restringe el estudio de la pobreza hídrica en México a ciertas entidades federativas y/o regiones; lo que limita la posibilidad de comprender el fenómeno en todo el territorio. En consecuencia, esta investigación responde la pregunta de investigación de en qué medida los municipios de México enfrentan pobreza hídrica en la actualidad. Para ello, la investigación utiliza datos censales a nivel municipal para calcular, mediante el método de Análisis de Componentes Principales (ACP), un Índice de Pobreza Hídrica (IPH) en los municipios de México en 2020. Así, los hallazgos de la investigación son los siguientes: (1) la capacidad económica de la población y el acceso a infraestructura hídrica básica para los servicios de agua y saneamiento son aspectos fundamentales para comprender la pobreza hídrica en México; (2) en su mayoría, los municipios de México enfrentan un nivel medio de pobreza hídrica, con un IPH entre 40 y 60; (3) los municipios con un nivel muy alto de pobreza hídrica están localizados al sureste del país—particularmente en Oaxaca y Veracruz—, dada la escasa capacidad económica de su población y su limitado acceso a infraestructura hídrica. En términos de política pública, la investigación promueve una cooperación intersectorial para una gestión integrada de los recursos hídricos nacionales, con énfasis en las necesidades hídricas y sociales a escala local.

**Palabras clave:** escasez de agua, IPH, México, municipios, pobreza, pobreza hídrica

## Lista de abreviaturas

A	Acceso
A1	Porcentaje de viviendas particulares habitadas con agua entubada dentro de la vivienda
A2	Porcentaje de viviendas particulares habitadas con excusado o sanitario dentro de la vivienda
A3	Porcentaje de viviendas particulares habitadas con conexión a la red de drenaje
ACP	Análisis de Componentes Principales
ASF	Auditoría Superior de la Federación
C	Capacidad
C1	Grado promedio de escolaridad a nivel municipal
C2	Porcentaje de personas en situación de pobreza a nivel municipal
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CONEVAL	Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social
E	Ambiente
E1	Número de puntos de descarga al ambiente de aguas residuales municipales sin tratamiento
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
IPH	Índice de Pobreza Hídrica
PROAGUA	Programa de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento
R	Recurso
R1	Grado promedio de sobreexplotación de cuerpos de agua subterránea a nivel municipal
REPDA	Registro Público de Derechos de Agua
SINA	Sistema Nacional de Información del Agua
U	Uso
U1	Número de obras de toma de agua en operación para abastecimiento público a nivel municipal

## Contenido

I. Introducción .....	1
II. Revisión de literatura .....	3
III. Marco teórico .....	7
Origen y conceptualización de la pobreza hídrica.....	7
Construcción y cálculo del IPH.....	9
Aplicaciones del IPH.....	11
IV. Métodos.....	14
Objetivo general y objetivos específicos.....	14
Datos .....	14
Análisis estadístico.....	18
Análisis de componentes principales .....	18
Cálculo del Índice de Pobreza Hídrica.....	19
V. Resultados .....	21
Medidas de tendencia central .....	21
Recurso.....	21
Acceso.....	22
Capacidad.....	23
Uso .....	24
Ambiente .....	25
Análisis de componentes principales .....	25
Matriz de autovalores.....	25
Porcentaje de varianza explicada y construcción de matriz de pesos relativos.....	27
Determinación y agrupación de pesos por componentes del IPH.....	29
Pobreza hídrica en los municipios de México.....	31
Acceso .....	37
Capacidad.....	37
Uso .....	37
Ambiente .....	38
Recurso.....	39
Discusión.....	39
VI. Implicaciones de política pública.....	45
Fortalecimiento del estudio y comprensión de la pobreza hídrica .....	45

Reducción de pobreza hídrica en México .....	46
VII. Conclusión.....	48
VIII. Referencias.....	49
IX. Anexos.....	53
Anexo I: Autovalores de los indicadores del IPH en cada componente principal .....	53
Anexo II: Asignación de pesos sin componente de “uso” del IPH .....	57
Anexo III: Asignación de pesos sin componente de “ambiente” del IPH.....	58
Anexo IV: Fuentes de bases de datos para la construcción del IPH .....	59

## Índice de tablas

Tabla 1. Principales hallazgos de estudios sobre pobreza hídrica en México .....	13
Tabla 2. Componentes para el cálculo del IPH .....	17
Tabla 3. Clasificación de puntajes del IPH .....	20
Tabla 4. Medidas de tendencia central .....	25
Tabla 5. Matriz de autovalores .....	26
Tabla 6. Matriz de pesos a partir del porcentaje de varianza explicada .....	28
Tabla 7. Pesos iniciales.....	29
Tabla 8. Pesos iniciales normalizados .....	30
Tabla 9. Pesos finales por componentes del IPH.....	31
Tabla 10. Resultados generales del IPH en los municipios de México .....	32
Tabla 11. Pesos iniciales sin componente de “uso” .....	57
Tabla 12. Pesos iniciales normalizados sin componente de “uso” .....	57
Tabla 13. Pesos finales por componentes del IPH sin componente de “uso” .....	57
Tabla 14. Pesos iniciales sin componente de “ambiente” .....	58
Tabla 15. Pesos iniciales normalizados sin componente de “ambiente” .....	58
Tabla 16. Pesos finales por componentes del IPH sin componente de “ambiente” .....	58
Tabla 17. Fuentes de datos empleadas para la construcción de los componentes del IPH .....	59

## Índice de figuras

Figura 1. Porcentaje de varianza explicada por las componentes principales.....	27
Figura 2. Entidades con municipios con un nivel muy alto de pobreza hídrica.....	33
Figura 3. Entidades con municipios con un nivel alto de pobreza hídrica .....	34
Figura 4. Entidades con municipios con un nivel medio de pobreza hídrica .....	35
Figura 5. Entidades con municipios con un nivel escaso de pobreza hídrica.....	36
Figura 6. Autovalor de cada indicador del IPH en Z1 .....	53
Figura 7. Autovalor de cada indicador del IPH en Z2.....	53
Figura 8. Autovalor de cada indicador del IPH en Z3.....	54
Figura 9. Autovalor de cada indicador del IPH en Z4.....	54
Figura 10. Autovalor de cada indicador del IPH en Z5.....	55
Figura 11. Autovalor de cada indicador del IPH en Z6.....	55

Figura 12. Autovalor de cada indicador del IPH en Z7 .....	56
Figura 13. Autovalor de cada indicador del IPH en Z8.....	56



## **I. Introducción**

A partir de 2011, México declaró como derecho constitucional el “...acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible” (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2022). Si bien, lo anterior representa un considerable avance en términos de derechos humanos vinculados con el agua, la higiene y el saneamiento, la operacionalización de tal derecho ha constituido un verdadero desafío a nivel nacional durante la última década. Esto porque, la crisis de deterioro y agotamiento de los cuerpos de agua en México, acompañada de una reducción mínima en los niveles de pobreza de la población, han promovido tanto la incapacidad del territorio para satisfacer las necesidades hídricas de la población—sean de carácter doméstico, agrícola o industrial—, como la dificultad económica de la población para asumir el costo de los servicios hídricos básicos en un contexto de escasez de agua.

Tan solo de 2009 a 2020, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) señala que el país pasó de contar con 100 acuíferos en estado de sobreexplotación en 2009, a 111 en el año de 2020, experimentando además una reducción en la disponibilidad media de agua per cápita de 4,263 m<sup>3</sup> anuales en 2009 a 3,663 m<sup>3</sup> en 2020 (Comisión Nacional del Agua, 2011b, 2011a, 2022). Simultáneamente, entre 2010 y 2020 el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) destaca que el país apenas logró reducir el porcentaje de la población en situación de pobreza en 2.2 puntos porcentuales, al pasar de 46.1% en 2010 a 43.9% en el año de 2020 (CONEVAL, 2019, 2022). De esta forma, el desequilibrio entre la disponibilidad de los recursos hídricos nacionales y la capacidad socioeconómica para acceder a ellos, ha promovido que, actualmente, la búsqueda de una adecuada gestión del agua en México constituya un mecanismo no solo de mejora ambiental, sino también de promoción de equidad social.

En respuesta a la problemática anterior, han emergido diferentes enfoques en la literatura para estudiar el vínculo entre la escasez de agua y la pobreza en México; desde un enfoque económico cuantitativo, un enfoque basado en el género a partir de una aproximación cualitativa, hasta un enfoque multidimensional de carácter cuantitativo. A pesar de las virtudes de los diferentes enfoques, el presente estudio considera que, el enfoque multidimensional fundado en el concepto de pobreza hídrica es—hasta el momento—el principal enfoque que

permite entender holísticamente el vínculo entre la escasez de agua y la pobreza en un territorio específico. Sin embargo, en el caso de México, los estudios sobre pobreza hídrica que han surgido en la literatura en la última década, limitan el análisis del fenómeno a ciertas entidades federativas o regiones; lo cual restringe la posibilidad de comprender la distribución y magnitud de los niveles de pobreza hídrica a lo largo del territorio mexicano.

En ese sentido, para subsanar este hueco en la literatura, el presente estudio responde a la siguiente pregunta de investigación: ¿en qué medida los municipios de México experimentan pobreza hídrica en la actualidad? Para responder la pregunta, el estudio utiliza datos censales a nivel municipal para calcular, mediante el método de Análisis de Componentes Principales (ACP), un índice de pobreza hídrica (IPH) en los municipios de México para el año de 2020. De esta manera, los hallazgos de la investigación identifican tres cuestiones principales: (1) la capacidad económica de la población y el nivel de acceso a infraestructura hídrica básica para los servicios de agua y saneamiento son aspectos fundamentales para comprender la pobreza hídrica en México; (2) en su mayoría, los municipios de México enfrentan un nivel medio de pobreza hídrica, con un IPH entre 40 y 60; (3) los municipios con un nivel muy alto de pobreza hídrica están localizados al sureste del territorio mexicano—particularmente el estado de Oaxaca y Veracruz—, derivado tanto de la escasa capacidad económica de su población como de su escaso acceso a infraestructura hídrica.

El estudio está dividido en seis principales secciones. En la primera sección, el estudio expone los diferentes enfoques que han surgido en la literatura para estudiar el vínculo entre la escasez de agua y la pobreza en México. Posteriormente, desarrolla el marco teórico de la pobreza hídrica, a partir del cual se funda la investigación. Luego, el estudio describe la metodología empleada para calcular el IPH en los municipios de México. En la cuarta sección describe y discute los resultados obtenidos del cálculo del IPH. La quinta sección plantea algunas implicaciones de los niveles de pobreza hídrica de los municipios para la política hídrica en México. Finalmente, el estudio desglosa las conclusiones—teóricas y empíricas—de la presente investigación.

## II. Revisión de literatura

Durante la última década ha emergido un fuerte interés por estudiar el vínculo entre la escasez de agua y la pobreza en México. Si bien, entre 2010 y 2020 el CONEVAL señala que el país experimentó una reducción de la población en situación de pobreza, pasando de 46.1% en 2010 a 43.9% en 2020, el agotamiento de los recursos hídricos ha planteado como un verdadero reto garantizar las necesidades hídricas de la población (CONEVAL, 2019, 2022). Tan solo de 2009 a 2020, la CONAGUA destaca que México pasó de contar con 100 acuíferos sobreexplotados en 2009 a 111 en 2020 y, aunque el volumen de agua renovable ha aumentado en el mismo periodo—de 460 mil millones de  $m^3$  en 2009 a 461, 640 millones en 2020—el incremento ha sido insuficiente al considerar el aumento demográfico (Comisión Nacional del Agua, 2011b, 2022). Mientras que en 2009 el país contaba con una disponibilidad media de agua per cápita de 4,263  $m^3$  anuales, en 2020 dicha disponibilidad fue de 3,663  $m^3$  anuales (Comisión Nacional del Agua, 2011a, 2022). Al considerar que, en 2019 el promedio de agua dulce renovable per cápita a nivel mundial fue de 5,555  $m^3$  por habitante al año—mayor que el nivel de disponibilidad de México en 2020—, el panorama anterior revela que, la conservación y distribución del agua en México deben constituir un asunto no solo de prioridad ambiental sino también de equidad (Banco Mundial, 2019).

En respuesta al panorama anterior, han surgido distintos enfoques en la literatura para estudiar el vínculo entre la escasez de agua y la pobreza en México. Con base en una perspectiva económica, Guevara & Lara (2015), enfatizan la importancia de comprender cómo el acceso doméstico al agua potable se relaciona con los niveles de pobreza económica de un territorio. Al resaltar que las personas con bajos ingresos enfrentan barreras económicas y altos costos de oportunidad para acceder al agua, los autores analizan, a partir del método econométrico de *Propensity Score Matching*, en qué medida el acarreo de agua en México impacta tanto en el ingreso de los hogares como en el tiempo destinado a horas trabajadas entre los años de 2002 y 2009 (Guevara S. & Lara P., 2015)

Desde otro enfoque, Cazares-Palacios et al., (2021) y Vázquez-García et al., (2014) destacan la necesidad de estudiar cualitativamente el vínculo entre la escasez de agua y la pobreza desde una perspectiva basada en el género. Cazares-Palacios et al. (2021) señalan que, si bien la escasez de agua afecta gravemente a personas en situación de pobreza, las mujeres—

particularmente en contextos rurales—son quienes enfrentan desproporcionadamente los costos físicos y económicos de acceder al agua para uso doméstico. De esta forma, las autoras realizan un estudio cualitativo en el municipio de Saltillo en Coahuila, para comprender cómo la escasez de agua incide en los riesgos, percepciones y estrategias de adaptación de las mujeres en contextos rurales (Cazares-Palacios et al., 2021). Las autoras encuentran que, en el Noroeste de México, existe un fuerte vínculo entre el agua y la pobreza pues, la escasez de agua acompañada de (1) escasa capacidad económica de la población para optar por fuentes alternativas de agua y (2) un escaso nivel de infraestructura hídrica en el hogar, no solo irrumpe con las dinámicas culturales respecto al agua, sino también exacerba la desigualdad económica y los costos de oportunidad para las mujeres (Cazares-Palacios et al., 2021: 11).

De forma similar, Vázquez-García et al., (2014) realizan un estudio comparativo en dos ejidos del estado de Hidalgo para indagar, mediante métodos mixtos, cómo las mujeres en entornos rurales experimentan: (1) los servicios de agua, (2) la disponibilidad de agua, (3) el estado de la calidad del agua y (4) la eficiencia con que es gestionado el recurso hídrico. Las autoras encuentran que, el ejido con mayor capacidad socioeconómica tiene un mayor nivel de infraestructura hídrica; no obstante, carece de la disponibilidad y calidad hídrica para abastecer de agua a la población (Vázquez-García et al., 2014). Por el contrario, el ejido con más pobreza, carece de la infraestructura hídrica suficiente; sin embargo, dado su alto nivel de eficiencia de gestión, el ejido ha consolidado estrategias de adaptación para enfrentar la escasez hídrica (Vázquez-García et al., 2014).

Finalmente, desde un enfoque cuantitativo multidimensional, diversos autores estiman un Índice de Pobreza Hídrica mediante cinco componentes: (1) acceso al agua, (2) los recursos hídricos disponibles, (3) la capacidad económica de la población, (4) la intensidad de uso del agua y (5) el estado del ambiente en donde se encuentra el agua (López Álvarez et al., 2013; Olivas-Palma & Camberos-Castro, 2021; Santa María Torres et al., 2020; Wurtz et al., 2018). Por un lado, López Álvarez et al. (2013) y Santa María Torres et al. (2020) estudian regionalmente la pobreza hídrica en el Valle de San Luis Potosí y la Zona Media de San Luis Potosí, respectivamente. En ambos territorios, los autores encuentran un nivel medio de pobreza hídrica, con un puntaje del IPH de 46 puntos en el Valle de San Luis Potosí y de 55.3 para la

Zona Media del estado siendo, para ambos casos, el componente de recurso el de mayor peso para el cálculo del IPH (López Álvarez et al., 2013; Santa María Torres et al., 2020).

Por otro lado, un estudio parte de una escala estatal para estimar el IPH en el estado de Chihuahua, encontrando niveles medios y altos de pobreza hídrica a lo largo de la entidad; con puntajes entre 20 y 60 del IPH (Wurtz et al., 2018). Finalmente, Olivas-Palma & Camberos-Castro (2021) estiman el IPH en 78 municipios pertenecientes a la Región Hidrológica Administrativa II de México, ubicada en los estados de Sonora y Chihuahua. En dicho estudio, los autores encuentran que, en su mayoría, los municipios de la Región Hidrológica presentan un nivel muy alto, alto y medio de pobreza hídrica, mientras que solo 5 de ellos—los que concentran la mayor parte de la población y una mínima cantidad de personas en situación de pobreza—presentan un nivel bajo de pobreza hídrica (Olivas-Palma & Camberos-Castro, 2021).

Una vez expuestos los enfoques anteriores, es importante analizar cada uno. En primer lugar, el enfoque económico empleado por Guevara & Lara (2015) permite comprender directamente el impacto del inaccessión doméstico del agua potable en el ingreso de la población y en las horas destinadas a la generación de ingresos; a partir de características demográficas y socioeconómicas de la población que habita un territorio. Sin embargo, dicho enfoque no considera dos aspectos relevantes: (1) la disponibilidad física de agua en el territorio y (2) la infraestructura para garantizar el uso público del agua.

Por un lado, la disponibilidad física de agua en un territorio puede representar un factor clave en el tiempo que dedican las personas a la recolección de agua; aquellas personas que habitan en regiones con gran disponibilidad de agua—especialmente en contextos rurales—quizá destinarán poco tiempo al acarreo de agua en comparación con lugares con amplia disponibilidad. Por otro lado, es importante considerar la infraestructura instalada en el territorio para garantizar el abastecimiento de agua ya que, el nivel de infraestructura disponible en un territorio para la captación de agua (como las tomas de agua, los pozos urbanos y rurales, entre otros), puede influir en el tiempo que destinan las personas a recolectar agua. En ese sentido, el enfoque empleado por Guevara & Lara (2015) ignora las características hídricas del territorio; aspectos fundamentales para comprender el vínculo entre la escasez de agua y la pobreza.

En segundo lugar, el enfoque basado en la perspectiva de género empleado por Cazares-Palacios et al. (2021) y Vázquez-García et al. (2014) enfatizan la necesidad de entender, a partir

de información contextualizada, de qué manera aspectos vinculados con (1) la escasez de agua, (2) la calidad del agua, (3) la infraestructura hídrica en la vivienda y (4) la gestión comunitaria del agua, afectan la vida de las mujeres en contextos rurales. No obstante, el estudio omite detallar cómo el grado de marginación y la pobreza económica de la población incidir en el acceso, aprovechamiento y gestión de los recursos hídricos del territorio.

Finalmente, la importancia del enfoque multidimensional de la pobreza hídrica empleado por López Álvarez et al. (2013), Santa María Torres et al. (2020), Olivas-Palma & Camberos-Castro (2021) y Wurtz et al. (2018), reside en analizar holísticamente el vínculo entre el agua y la pobreza. Esto ya que, dicho enfoque toma en cuenta tanto las características demográficas y socioeconómicas de la población, como las características hídricas del territorio. Sin embargo, en el contexto de estudio del territorio mexicano, el enfoque (1) estudia de forma agregada el vínculo entre la escasez de agua y la pobreza en un territorio a través del IPH y (2) no emplea técnicas de carácter más robusto para diferenciar los principales factores que influyen en la pobreza hídrica en México—lo cual promueve un mayor riesgo de pérdida de información tanto en términos cuantitativos como cualitativos.

En suma, durante la última década han emergido diferentes enfoques para estudiar el vínculo entre el agua y la pobreza en México con sus virtudes y limitaciones. No obstante, este estudio sostiene que, el enfoque de la pobreza hídrica constituye una aproximación valiosa para comprender el vínculo a lo largo del territorio, pues brinda un panorama general sobre la capacidad de un territorio para garantizar las necesidades hídricas de la población, considerando la capacidad social y económica de la población para aprovechar los recursos hídricos. De esta forma, dado su carácter multidimensional, la investigación parte de la aproximación teórica y metodológica de la pobreza hídrica propuesta por Sullivan (2002) para estudiar el vínculo entre la escasez de agua y pobreza en México.

### **III. Marco teórico**

#### **Origen y conceptualización de la pobreza hídrica**

La investigación parte de la aproximación teórica y metodológica de la pobreza hídrica propuesta por Caroline Sullivan para estudiar el vínculo entre el agua y la pobreza. A principios de la década de los años 2000, Caroline Sullivan (2002) resaltó que la gravedad de la crisis de escasez hídrica global era resultado del vínculo entre el agotamiento de los recursos hídricos y el desarrollo económico—derivado del uso intensivo del agua para satisfacer las distintas necesidades humanas (Sullivan, 2002). En ese sentido, la autora argumentó que para comprender el vínculo entre el estado de los recursos hídricos—u oferta hídrica—y las necesidades humanas—demanda hídrica—habría que construir una herramienta holística que permitiera territorialmente, “...identificar y rastrear los factores físicos, económicos y sociales que vinculan el agua y la pobreza”: un Índice de Pobreza Hídrica (IPH) (Sullivan, 2002:1196).

El IPH parte de la conceptualización de la pobreza propuesta por Amartya Sen para construir el IPH; quien señala que es posible entender la pobreza como la ausencia de capacidades o condiciones básicas valoradas por las personas para llevar una vida adecuada (Sen, 1999). En ese sentido, al entender la escasez de agua como la ausencia de una de las capacidades necesarias propuestas por Sen (1999) para llevar una vida adecuada, Sullivan et al. (2003) resaltan la necesidad de estudiar hasta qué punto tal escasez de agua está vinculada con la pobreza económica a través de un concepto específico: la pobreza hídrica. De ahí que, de acuerdo con los autores, el principal objetivo del IPH consista en estudiar territorialmente el fenómeno de la pobreza hídrica, es decir “...el grado en que la escasez de agua impacta en las poblaciones humanas” (Sullivan et al., 2003: 191).

Para estudiar la pobreza hídrica, los autores establecen que el IPH debe estar construido a partir de cinco componentes: recurso, acceso, capacidad, uso y ambiente. El componente de “recurso” debe reflejar la disponibilidad física hídrica de un territorio (Sullivan et al., 2003). En ese sentido, señalan que el componente de “recurso” debe contemplar al menos uno de los siguientes tres aspectos: disponibilidad (la cantidad de agua superficial y subterránea), variabilidad (qué tanta confiabilidad hídrica presenta un territorio en un determinado periodo de tiempo) y calidad de los cuerpos de agua (Lawrence et al., 2002)

En segundo lugar, el componente de “acceso” busca indagar hasta qué punto la población de un territorio puede acceder a los recursos hídricos; particularmente para actividades de carácter doméstico (Sullivan et al., 2003). De esta forma, Lawrence et al. (2002) destacan que dicho componente debe encapsular: el acceso al agua (en términos del acceso a la infraestructura hídrica necesaria), el acceso a los servicios de saneamiento (la cobertura de conexión de los hogares a la red tanto de drenaje como de saneamiento) y el acceso a recursos hídricos para actividades agrícolas de subsistencia. Así, el componente de “acceso” del IPH debe constituir un indicador del nivel de acceso de los hogares en un territorio específico a la infraestructura física necesaria para gozar de servicios resilientes vinculados con el agua, la higiene y el saneamiento.

En tercer lugar, el componente de “capacidad” debe expresar la posibilidad económica de la población de un territorio específico para acceder a la infraestructura y servicios hídricos (Sullivan et al., 2003). Es decir, el componente debe reflejar en qué medida las características socioeconómicas de la población—particularmente el nivel de pobreza económica—influyen en el acceso a servicios de agua, higiene y saneamiento (Lawrence et al., 2002). En ese sentido, dicho componente constituye el principal vínculo entre la disponibilidad del agua en un territorio específico y la capacidad económica de la población para acceder a ellos.

En cuarto lugar, el componente de “uso” hace referencia a la intensidad de uso y aprovechamiento del agua en un determinado territorio para desempeñar actividades de carácter doméstico, agrícola e industrial (Sullivan et al., 2003). En ese sentido, Lawrence et al., (2002) señalan que, idealmente, el componente de “uso” debe construirse a partir de la cantidad de agua destinada a cada uno de los sectores anteriores (doméstico, agrícola e industrial).

Finalmente, el componente de “ambiente” del IPH constituye un diagnóstico general de la calidad de los ecosistemas en los cuales se encuentran los recursos hídricos de un territorio (Sullivan et al., 2003). Sin embargo, Lawrence et al. (2002) señalan que dicho componente debe incluir aspectos más allá de la calidad del agua o del grado de estrés hídrico (es decir, el grado de presión de la demanda hídrica sobre la oferta hídrica disponible), sino que debe considerar indicadores generales del ecosistema en que se encuentren los recursos hídricos tales como: el estado de la biodiversidad, indicadores sobre contaminación o incluso información sobre la capacidad gubernamental de una adecuada gestión ambiental (Lawrence et al., 2002). De esta



forma es que, a partir de los componentes de “recurso”, “acceso”, “capacidad”, “uso” y “ambiente”, Sullivan (2002) define y construye la herramienta holística del IPH (Sullivan, 2002).

### Construcción y cálculo del IPH

Con el objetivo de estudiar empíricamente la pobreza hídrica en un territorio, Sullivan et al. (2003) construyen matemáticamente el IPH de la siguiente forma:

$$IPH = \frac{\sum_{i=1}^N w_i X_i}{\sum_{i=1}^N w_i}$$

donde el *IPH* expresa la puntuación final de pobreza hídrica en un determinado territorio, la cual se encuentra en función del promedio ponderado de los valores  $X_i$  de cada uno de los componentes  $i$ , con respecto a los pesos asignados  $w_i$  a cada uno de los componentes (Sullivan et al., 2003). Al desarrollar la ecuación anterior, los componentes  $i$  expresan los cinco componentes a partir de los cuales Sullivan et al. (2003) construye el IPH: “recurso”, “acceso”, “capacidad”, “uso” y “ambiente” (Sullivan et al., 2003). De esta forma, la puntuación final del IPH resulta del promedio ponderado de los componentes de “recurso” (R), “acceso” (A), “capacidad” (C), “uso” (U) y “ambiente” (E), el cual puede expresarse mediante la siguiente ecuación:

$$IPH = \frac{w_r R + w_a A + w_c C + w_u U + w_e E}{w_r + w_a + w_c + w_u + w_e}$$

Para realizar el cálculo del IPH, Sullivan et al. (2003) resaltan que los valores de cada uno de los componentes  $i$  en un territorio  $j$ , ( $X_{ij}$ ), deben ser estandarizados, de tal forma que su respectivo valor se encuentre entre 0 y 100 (Sullivan et al., 2003). Para ello, algunos autores señalan que los valores de cada uno de los componentes en un determinado territorio deben normalizarse con respecto a su valor mínimo ( $min_j(x_i)$ ) y su valor óptimo ( $max_j(x_i)$ ) (Wurtz et al., 2018). La siguiente ecuación muestra el proceso mediante el cual deben estandarizarse cada uno de los componentes del IPH:

$$X_{ij} = \frac{(x_{ij} - min_j(x_i))}{(max_j(x_i) - min_j(x_i))}$$

así, la puntuación final del IPH debe resultar en un valor entre 0 y 100, donde aquellos territorios que presenten un IPH de 0 o cercano a 0, tendrán altos niveles de pobreza hídrica, en cambio, aquellos territorios cuyo IPH sea de 100 o cercano a 100, presentarán un escenario ideal con un escaso o nulo nivel de pobreza hídrica (Sullivan et al., 2003). En el caso de los componentes del IPH cuyo valor óptimo sea 0, la normalización debe realizarse en un sentido inverso, de tal forma que 0 represente el valor mínimo y 100 el valor óptimo. La siguiente ecuación muestra el proceso de normalización para los indicadores cuyos valores se encuentren en un sentido inverso:

$$X_{ij} = \frac{(x_{ij} - \max_j(x_i))}{(\max_j(x_i) - \min_j(x_i))}$$

Con respecto a la asignación de pesos, la literatura existente muestra dos principales posturas. Desde un enfoque tradicional, algunos autores optan por designar el mismo peso a todos los componentes (Jemmali & Abu-Ghunmi, 2016; Olivas-Palma & Camberos-Castro, 2021; Stewart et al., 2021; Wurtz et al., 2018). De acuerdo con Jemmali & Abu-Ghummi (2016), no existe justificación teórica o pragmática alguna por la cual un componente debe ser más relevante que otro. Por lo tanto, dado que la suma de los pesos debe ser igual a 100—de tal forma que la puntuación final del IPH corresponda a un valor entre 0 y 100—, cada componente tendrá un peso fijo igual a 20 (Jemmali & Abu-Ghunmi, 2016; Olivas-Palma & Camberos-Castro, 2021; Stewart et al., 2021; Wurtz et al., 2018). Por el contrario, diversos autores critican el enfoque tradicional al argumentar que el índice debe construirse a partir de herramientas robustas (Cho et al., 2010; Senna et al., 2019). Así, al refutar al enfoque tradicional, Cho et al. (2010) y Senna et al. (2019) asignan los pesos de los componentes del IPH a partir del método de análisis de componentes principales (ACP). Por un lado, Cho et al. (2010) encuentra que los componentes de capacidad y ambiente constituyen los de mayor relevancia, con pesos de 0.5 y 0.5 respectivamente. Por otra parte, Senna et al. (2019) encuentra que los componentes de uso y capacidad constituyen los componentes de mayor importancia con pesos de 0.389 y 0.333 respectivamente.

Si bien, ambas posturas poseen sus respectivas virtudes y objeciones, la investigación parte del segundo enfoque y emplea el método de ACP para la construcción del IPH en México. Lo anterior ya que, por un lado, la aplicación de la técnica del ACP permite evitar una asignación

de pesos arbitraria o sin justificación empírica alguna. Por otro lado, emplear el ACP promueve un análisis de la pobreza hídrica en un determinado territorio a partir de aquellos componentes que sean más relevantes según el territorio de estudio. De esta forma, esta investigación considera al ACP una técnica adecuada para calcular el IPH en México.

### **Aplicaciones del IPH**

A nivel global, el IPH ha sido utilizado para comprender la pobreza hídrica desde diferentes escalas (nacional, estatal, regional o local), particularmente en regiones áridas o semiáridas y con altos niveles de pobreza económica. En Asia, diversos autores aplican el IPH en distintos países para estudiar la pobreza hídrica desde una escala regional, estatal y nacional (Alqatarneh & Al-Zboon, 2022; Goel et al., 2020; Panthi et al., 2019).

Por un lado, Panthi et al. (2019) estudian la pobreza hídrica en tres distritos ubicados en el río Karnali, al suroeste de Nepal (Panthi et al., 2019). Dada la escasez de agua y los altos niveles de pobreza de la población, el estudio encuentra altos niveles de pobreza hídrica en los tres distritos; con puntuaciones del IPH de 0.3533, 0.4498 y 0.6319—lo que en una escala de 0 a 100 equivale a puntuaciones de 35.33, 44.98 y 63.19. Por otro lado, al aplicar el IPH en India a nivel estatal, diversos autores encuentran que 20 estados del país presentan niveles preocupantes de pobreza hídrica; con puntuaciones entre 0 y 55.9 (Goel et al., 2020). Finalmente, Alqatarneh & Al-Zboon (2022) emplean el IPH a nivel nacional en Jordania y encuentran un puntaje global de 50.7 en 2018. De esta forma, en los últimos años el IPH se ha convertido en una herramienta de gran importancia para comprender el fenómeno de la pobreza hídrica en distintas zonas de Asia caracterizadas principalmente por enfrentar graves crisis de escasez de agua.

Adicionalmente, otro estudio calcula el IPH en 22 de las 27 regiones de Egipto para identificar tanto los aspectos más vulnerables de los servicios de agua, higiene y saneamiento (sean sociales, económicos o ambientales), como para focalizar las zonas más afectadas por la pobreza hídrica (El-Gafy, 2018). No obstante, a diferencia de otros estudios de pobreza hídrica, El-Gafy (2018) clasifica las puntuaciones del IPH para interpretarlas con mayor facilidad de tal forma que: (1) un IPH entre 0 y .20 constituya un nivel de pobreza hídrica muy alto, (2) entre .20 y .40 un nivel alto, (3) entre .40 y .60 un nivel regular o adecuado, (4) entre .60 y .80 un nivel bajo o escaso y finalmente (5) entre .80 y 1 un nivel muy escaso de pobreza hídrica—la

misma lógica aplica en una escala de normalización entre 0 y 100. A partir de dicha clasificación, El-Gafy (2018) encuentra que, de las 22 regiones de estudio, una (Al-Minya) presenta niveles muy altos de pobreza hídrica, 11 presentan niveles altos, 8 se encuentran en una situación regular y solo 2 (Cairo y Al-Suwayyis) presentan niveles bajos de pobreza hídrica. A pesar de reconocer el propio estudio que la desventaja de la clasificación es que no informa acerca de qué aspectos del IPH son los más vulnerables de los territorios en cuestión, clasificar las puntuaciones del IPH puede constituir una adecuada herramienta para focalizar zonas de atención prioritaria de un territorio.

De igual forma, el IPH ha constituido una gran herramienta para el estudio de la escasez de agua y la pobreza particularmente en Latinoamérica y El Caribe. En Brasil, Senna et al. (2019) hace un análisis regional de la pobreza hídrica en distintas ciudades cercanas al río Sérico en el noreste del país, encontrando puntajes bajos y regulares del IPH oscilando entre 30 y 70 puntos (Senna et al., 2019). En la región del Caribe, otros autores parten de contextos rurales para aplicar el IPH en tres comunidades de Granada, Trinidad y Tobago y Barbados (Stewart et al., 2021). El estudio encuentra que las comunidades de estudio presentan bajos niveles de pobreza hídrica, con puntajes del IPH oscilando entre 64.66 y 70.32; lo cual refleja un notable contraste con el desfavorable panorama de países de Asia y África previamente mencionados (Stewart et al., 2021). Finalmente, en México el IPH se ha convertido en uno de los principales instrumentos empleado a diferentes escalas para comprender cómo se relacionan los problemas de escasez de agua con los niveles de pobreza (López Álvarez et al., 2013; Olivas et al., 2021; Olivas-Palma & Camberos-Castro, 2021; Santa María Torres et al., 2020; Wurtz et al., 2018). Para mayor detalle, la Tabla 1 expone las principales características y hallazgos de los estudios sobre pobreza hídrica en México.

**Tabla 1. Principales hallazgos de estudios sobre pobreza hídrica en México**

<b>Principales hallazgos de estudios sobre pobreza hídrica en México</b>			
<b>Autores</b>	<b>Zona de estudio</b>	<b>Escala de estudio</b>	<b>Puntaje IPH</b>
(López Álvarez et al., 2013)	Valle de San Luis Potosí, México	Regional	46
(Olivas et al., 2021)	México	Nacional	41.6
(Olivas-Palma & Camberos-Castro, 2021)	Región Hidrológico Administrativa II de México: Noroeste	Municipal	De 0 a 1, los municipios presentan diversidad de puntajes entre 0 y 1
(Santa María Torres et al., 2020)	Zona Media de San Luis Potosí, México	Regional	55.3
(Wurtz et al., 2018)	Chihuahua, México	Municipal	De 0 a 1, los municipios presentan diversidad de puntajes entre 0 y 0.6

Fuente: Elaboración de la autora.

No obstante, los estudios sobre pobreza hídrica en México restringen el análisis a ciertas entidades federativas y/o regiones hídricas particulares; lo que limita la posibilidad de comprender el fenómeno a lo largo de todo el territorio. En respuesta a ello, este estudio sostiene que el enfoque multidimensional del IPH, acompañado de la clasificación empleada por El-Gafy (2018), constituye un adecuado enfoque para entender en qué medida los municipios de México enfrentan pobreza hídrica en la actualidad.

## **IV. Métodos**

### **Objetivo general y objetivos específicos**

El presente estudio constituye una investigación cuantitativa de corte transversal, cuyo objetivo es describir, con base en el IPH, en qué medida los municipios de México enfrentan pobreza hídrica en la actualidad. En ese sentido, los objetivos específicos de esta investigación son:

1. Calcular, mediante el ACP, el IPH en los municipios de México para el año de 2020
2. Analizar, con base en el cálculo del IPH, en qué medida los municipios de México enfrentan pobreza hídrica.
3. Analizar, a partir de la clasificación empleada por El-Gafy (2018), cómo está distribuida la pobreza hídrica a lo largo del territorio mexicano
4. Identificar los municipios con mayores niveles de pobreza hídrica
5. Proponer intervenciones de política pública que permitan minimizar los niveles de pobreza hídrica de los municipios más vulnerables de México.

### **Datos**

Previo a realizar la construcción y el cálculo del IPH, es importante describir los datos empleados resumidos en la Tabla 2. En términos de la elección de indicadores, en su mayoría el estudio parte de la literatura sobre pobreza hídrica en México para seleccionar los indicadores de los componentes de “recurso”, “acceso” y “capacidad” del IPH (López Álvarez et al., 2013; Santa María Torres et al., 2020; Wurtz et al., 2018). En el caso de los componentes de “uso” y “ambiente”, dada la escasez de indicadores a nivel municipal, el estudio emplea fuentes de información alternativa a aquellas empleadas por los estudios de pobreza hídrica en México—sin embargo, el estudio no descarta las posibles implicaciones de dichos indicadores, las cuales analiza en el apartado de discusión.

En primer lugar, la investigación parte de datos del Sistema Nacional de Información del Agua (SINA) por parte de la CONAGUA para construir el componente de “recurso” del IPH. No obstante, para analizar el indicador a escala local, el estudio construye el componente a partir del grado promedio de sobreexplotación de aguas subterráneas localizadas en cada municipio—medición diferente a estudios previos en la literatura, los cuales emplean una escala regional o subnacional de estudio. Para ello, el estudio calcula, por cada uno de los municipios, el grado

promedio de sobreexplotación de los acuíferos que pasan por el municipio en cuestión, lo cual presenta la siguiente formula:

$$E1 = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{EX_i}{R_i}}{N}$$

donde  $EX_i$  representa el nivel de extracción hídrica anual del acuífero  $i$  medida en  $hm^3$ ,  $R_i$  representa el nivel de recarga hídrica anual del acuífero  $i$  medida en  $hm^3$  y  $N$  representa el número de acuíferos que pasan por el municipio en cuestión.

De esta forma, este estudio calcula la ecuación anterior con cada uno de los municipios para obtener un indicador de la disponibilidad hídrica de los cuerpos de agua subterránea a nivel municipal.

Para operacionalizar el componente de “acceso” del IPH, la investigación calcula el puntaje promedio de tres indicadores a nivel municipal del Censo de Población y Vivienda del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) para el año de 2020. En primer lugar, la investigación emplea el porcentaje de viviendas particulares habitadas a nivel municipal con agua entubada en la vivienda. En segundo lugar, el estudio utiliza el porcentaje de viviendas particulares habitadas a nivel municipal con excusado o sanitario en la vivienda. Finalmente, el tercer indicador es el porcentaje de viviendas particulares habitadas a nivel municipal con conexión a la red de drenaje. A partir del promedio de estos indicadores, el estudio construye el componente de “acceso” del IPH para reflejar en qué medida los municipios de México tienen acceso a los servicios de agua, higiene y saneamiento.

Adicionalmente, el estudio construye el componente de “capacidad” con base en la media de dos indicadores municipales de pobreza para el año 2020. El primer indicador constituye el porcentaje de personas en situación de pobreza en cada municipio proveniente del Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL). En segundo lugar, la investigación incorpora el grado promedio de escolaridad a nivel municipal como parte del componente de “capacidad” del IPH obtenido del Censo de Población y Vivienda de 2020 del INEGI.

En cuarto lugar, la investigación utiliza información del año 2020 del Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México publicado en

el año 2021, para construir el componente de “uso”. En particular, el estudio utiliza el indicador del total de tomas de agua existentes en operación para abastecimiento público. De esta forma, el estudio muestra en qué medida los municipios de México cuentan con la infraestructura necesaria para el adecuado uso y aprovechamiento de los recursos hídricos del territorio.

Finalmente, al igual que con el componente de “uso”, esta investigación operacionaliza el componente de “ambiente” a partir de datos del año 2020 provenientes del Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México, publicado en 2021. El estudio utiliza el indicador del total de puntos de descarga al ambiente de aguas residuales municipales sin tratamiento. Si bien, el estudio reconoce que el indicador anterior no constituye en sí mismo un indicador ambiental que muestre el estado de los ecosistemas en los cuales existe el recurso hídrico, la escasez de indicadores ambientales a escala municipal limita su estudio a la información existente. De esta forma, la presente investigación considera que el total de puntos de descarga al ambiente de aguas residuales municipales sin tratamiento constituye un adecuado acercamiento para comprender el grado de contaminación del ambiente en el cual se encuentran los cuerpos de agua.

A partir de lo anterior, el presente estudio emplea una muestra de 2,434 municipios de un total de 2,469. Lo anterior porque, para el periodo de estudio, 35 municipios no reportan información completa sobre los ocho indicadores necesarios para la construcción y cálculo del IPH; particularmente sobre el grado promedio de sobreexplotación de cuerpos de agua subterránea a nivel municipal. En ese sentido, el presente estudio realiza el cálculo del IPH únicamente para los 2,434 municipios que reportan información completa sobre los indicadores anteriores.



**Tabla 2. Componentes para el cálculo del IPH**

<b>Componente</b>	<b>Codificación</b>	<b>Indicador</b>	<b>Fuente de datos</b>
Recurso (R)	R1	Grado promedio de sobreexplotación de cuerpos de agua subterránea a nivel municipal.	(CONAGUA, 2021)
Acceso (A)	A1	Porcentaje de viviendas particulares habitadas con agua entubada dentro de la vivienda.	(INEGI, 2021a)
	A2	Porcentaje de viviendas particulares habitadas con excusado o sanitario dentro de la vivienda.	(INEGI, 2021a)
	A3	Porcentaje de viviendas particulares habitadas con conexión a la red de drenaje.	(INEGI, 2021a)
Capacidad (C)	C1	Grado promedio de escolaridad a nivel municipal.	(INEGI, 2021a)
	C2	Porcentaje de personas en situación de pobreza a nivel municipal.	(CONEVAL, 2020)
Uso (U)	U1	Número de obras de toma de agua en operación para abastecimiento público a nivel municipal.	(INEGI, 2021b)
Ambiente (E)	E1	Número de puntos de descarga al ambiente de aguas residuales municipales sin tratamiento.	(INEGI, 2021b)

Fuente: Elaboración de la autora.

## **Análisis estadístico**

La metodología del estudio está dividida en diferentes etapas. En primer lugar, la investigación analiza medidas de tendencia central para comprender la composición y distribución de los datos. En segundo lugar, el estudio emplea el ACP para evitar una asignación arbitraria de pesos a los subcomponentes del IPH y definir, la importancia de cada uno de ellos en el índice. Finalmente, el estudio calcula el IPH con base en la metodología de Sullivan et al. (2003) y clasifica las puntuaciones del IPH a partir de los niveles propuestos por El-Gafy (2018).

## **Análisis de componentes principales**

El ACP es un método estadístico y una técnica de aprendizaje computacional no supervisada cuyo objetivo es reducir la dimensionalidad de espacios muestrales sin perder información sobre ellos (Amat, 2020). Así, dada una muestra de “n” individuos caracterizados por “p” número de variables ( $X_1, X_2, \dots, X_p$ ), el ACP permite encontrar ciertos componentes principales “z” (donde  $z \leq p$ ) que contengan la misma varianza que las “p” variables originales; donde las componentes principales constituyen transformaciones lineales de las variables originales, no correlacionadas entre sí (Amat, 2020). De esta forma, de acuerdo con Amat (2020), cada componente principal “ $z_i$ ” puede expresarse de la siguiente forma:

$$z_i = \varphi_{11}X_1 + \varphi_{21}X_2 + \dots + \varphi_{pi}X_p$$

Donde  $\varphi_{pi}$  expresa el autovalor de la variable “p” en el componente “i” y “ $X_p$ ” expresa la variable original “p”. Para obtener cada una de las componentes principales, es necesario: (1) estandarizar los datos originales con media igual a cero y varianza igual a uno y (2) calcular los autovalores de cada variable en cada una de las componentes.

Con base en lo anterior será posible establecer el peso o importancia de cada una de las variables del conjunto de datos. Por un lado, la importancia de cada componente estará (en forma descendente) en función de la proporción de varianza explicada. La primera componente será aquella que explique la mayor proporción de varianza de los datos originales y, por tanto, la de mayor importancia relativa, mientras que la segunda componente será aquella que explique cierta proporción de varianza de los datos no explicada por la primera componente, y así consecutivamente con el resto de componentes principales. Por otro lado, la importancia de cada una de las variables estará en función del autovalor o peso relativo de la variable “p” en el

componente “ $i$ ”. No obstante, dado que  $p \geq z > 1$ , una vez calculado el ACP, cada una de las variables originales no tendrá un solo peso, sino que tendrá un total de “ $i$ ” pesos relativos; su peso relativo o autovalor para cada una de las componentes principales.

Para evitar la asignación arbitraria de pesos a los componentes del IPH la investigación emplea el ACP. El proceso a seguir es el siguiente:

1. Estandarizar los datos originales con media cero y varianza igual a uno: los 8 indicadores presentados en la Tabla 1.
2. Calcular las componentes principales y obtener la matriz de autovalores de cada variable en cada una de las componentes. Dado que el propósito metodológico es evitar la asignación arbitraria de pesos y no reducir la dimensionalidad, el estudio calcula el mismo número de componentes principales que de variables originales, es decir, calcula ocho componentes principales.
3. Obtener la proporción de varianza explicada por cada componente.
4. Multiplicar cada uno de los autovalores,  $\varphi_{pi}$ , por la proporción de varianza que explique su respectiva componente  $z_i$ , obteniendo una nueva matriz con los pesos  $\alpha_p$  de las variables originales en cada una de las componentes.
5. Sumar para cada vector de variables originales, todos los pesos  $\alpha_p$  obtenidos en cada componente principal, obteniendo un nuevo vector que expresa el peso final de cada variable.
6. Agrupar los valores anteriores según su pertenezcan a los componentes del IPH y calcular un peso promedio para cada uno de los cinco componentes (R, A, C, U y E).
7. Normalizar los pesos finales entre 0 y 100 para realizar el cálculo del IPH.

### **Cálculo del Índice de Pobreza Hídrica**

Una vez calculados los pesos, la investigación realiza el cálculo del IPH con base en la metodología de Sullivan et al., (2003). Para ello sigue el siguiente proceso:

1. Normalizar los datos originales entre 0 y 100, de tal forma todos los indicadores “ $x_i$ ” de un municipio “ $j$ ” se encuentren normalizados con respecto a su valor mínimo ( $min_j(x_i)$ ) y su valor óptimo ( $max_j(x_i)$ ):

$$X_{ij} = \frac{(x_{ij} - \min_j(x_i))}{(\max_j(x_i) - \min_j(x_i))}$$

Para aquellos indicadores cuyo valor óptimo sea 0, el presente estudio sigue una lógica inversa para el proceso de normalización de valores:

$$X_{ij} = \frac{(\max_j(x_{ij}) - x_{ij})}{(\max_j(x_i) - \min_j(x_i))}$$

2. Agrupar los indicadores normalizados según pertenezcan a los componentes del IPH y obtener un valor promedio para cada componente.
3. Calcular el IPH a partir del valor promedio de los cinco componentes y de los pesos obtenidos con base en el ACP. Para ello, este estudio emplea la metodología propuesta por Sullivan et al., (2003) explicada en apartados anteriores:

$$IPH = \frac{w_r R + w_a A + w_c C + w_u U + w_e E}{w_r + w_a + w_c + w_u + w_e}$$

4. Clasificar las puntuaciones del IPH según los cinco niveles de El-Gafy (2018):

**Tabla 3. Clasificación de puntajes del IPH**

<b>Clasificación de puntajes del IPH</b>		
<b>Puntaje IPH</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Nivel de pobreza hídrica</b>
0-20	1	Muy alto
20-40	2	Alto
40-60	3	Medio
60-80	4	Escaso
80-100	5	Muy escaso

Fuente: Elaboración de la autora.

## V. Resultados

### Medidas de tendencia central

#### Recurso

Previo a analizar en qué medida los municipios de México enfrentan pobreza hídrica y cómo está distribuida la pobreza hídrica a lo largo del territorio mexicano, el presente estudio analiza algunas medidas de tendencia central de los componentes del IPH para conocer la composición y distribución de los datos, los cuales son resumidos en la Tabla 4. Con respecto al componente de “recurso” del IPH, es importante recordar que dicho componente está compuesto por el grado promedio de sobreexplotación de los cuerpos de agua subterránea a nivel municipal. El indicador constituye un corte entre 0 y 1 donde, por un lado, un valor de 0 o cercano a 0 indica un bajo grado de sobreexplotación de las aguas subterráneas de un determinado municipio. Por otro lado, un valor igual o mayor que 1 indica un alto grado de sobreexplotación de los cuerpos de agua—es decir, un alto nivel de extracción de aguas subterráneas y un bajo nivel de recarga de los acuíferos que pasen por el municipio en cuestión.

En términos de medidas de tendencia central, la muestra de los 2,434 municipios que reportaron información para la construcción del IPH indica que, en promedio, los municipios de México presentan un alto nivel de sobreexplotación de los cuerpos de aguas subterráneas, con una media de 0.62; un valor cercano a 1. No obstante, al considerar que el valor promedio anterior presenta una desviación estándar de 0.60, es posible identificar una amplia dispersión de los datos. Esto ya que, a pesar de presentar un grado promedio de sobreexplotación de los cuerpos de aguas subterráneas de 0.62, la desviación estándar indica que la concentración de niveles de sobreexplotación acuífera va desde 0.01—municipios con escasos niveles de sobreexplotación—hasta 1.23—municipios con un alarmante problema de sobreexplotación acuífera.

Lo anterior sin descartar los valores extremos (mínimo y máximo) de la muestra. Por un lado, los municipios de Chanal, Huixtán, Altamirano y Maravilla Tenejapa, pertenecientes al estado de Chiapas al sur del país, representan los principales casos de éxito del país, alcanzando el valor mínimo de sobreexplotación de aguas subterráneas de 0.00023. Por otro lado, el municipio de Coyame del Sotol perteneciente al estado de Chihuahua al norte del país, resulta ser el caso más preocupante de sobreexplotación acuífera, con un valor de 8.88, seguido del

municipio de Ahumada perteneciente al mismo estado con un valor de 8.12. De esta forma es posible identificar que, a pesar de la media muestral, las condiciones de disponibilidad hídrica en México difieren en gran medida según el municipio en cuestión; existe un amplio nivel de variabilidad de disponibilidad de los cuerpos de agua subterránea a lo largo del territorio mexicano.

### **Acceso**

El componente de “acceso” está constituido a partir de tres indicadores medidos en términos porcentuales: (1) el porcentaje de viviendas particulares habitadas con acceso a agua entubada en el ámbito de la vivienda, (2) el porcentaje de viviendas particulares habitadas con acceso a excusado o sanitario y (3) el porcentaje de viviendas particulares habitadas con conexión a la red de drenaje. En términos del acceso a agua entubada dentro de la vivienda, la muestra de los 2,434 municipios indica que, en promedio, los municipios de México tienen una cobertura de 93.42% de viviendas con agua entubada dentro de la vivienda, con una desviación estándar de 9.15. Al considerar que el indicador está medido en términos porcentuales (de 0 a 100), lo anterior indica que en general, la concentración de la cobertura de hogares con agua entubada a nivel municipal gira en torno al 84.26% y el 100%; lo que indica una moderada dispersión de las observaciones.

A pesar de la moderada dispersión de los datos, es importante tomar en cuenta los casos extremos o atípicos de cobertura de agua entubada en el país, como es el caso de algunos de los municipios del país con menor cantidad de viviendas con cobertura de agua entubada. Por ejemplo, en el municipio de San Nicolás al norte del país en el estado de Tamaulipas solo el 20.43% de las viviendas cuentan con conexión a la red de agua entubada. De manera similar, el municipio de Oxchuc en Chiapas y Santa María Texcatitlán en Oaxaca presentan una deficiente cobertura de viviendas conectadas a la red de agua entubada, alcanzando solo el 30.05% y el 31.39% respectivamente. De esta forma, aunque la concentración del porcentaje de viviendas con agua entubada a nivel municipal se encuentre entre los valores más altos (84.26% y 100%), es importante considerar la existencia de casos con valores notablemente alejados de dicho intervalo de concentración; de los 2,434 municipios de la muestra, alrededor de 277 presentan un porcentaje de viviendas con agua entubada por debajo del rango anterior.

A diferencia de la variable anterior, el indicador del porcentaje de viviendas con servicio de excusado o sanitario a nivel municipal muestra una mayor dispersión de las observaciones alrededor de la media. Si bien, en promedio los municipios del país presentan una cobertura del 82.70% de viviendas con excusado o sanitario, la desviación estándar del presente indicador fue de 19.78. Esto quiere decir que, en general, la concentración porcentual de viviendas con excusado o sanitario a nivel municipal oscila entre 62.91% y 100%. Al igual que con indicadores anteriores, algunos municipios principalmente pertenecientes a los estados de Veracruz (Xoxocotla, Tehuipango y Texcatepec) y Oaxaca (San Vicente Lachixío, San Juan Petlapa, San Pedro Jlaltepango, San Miguel Huautla, Santiago Amoltepec, San Lorenzo Texmelúcan y San Marcial Ozolotepec) presentan los niveles más bajos de viviendas con cobertura de excusado o sanitario—oscilando entre el 4.26% y el 6.78%. En suma, un total de 359 municipios de la muestra presentan una cobertura menor al rango establecido con base en la desviación estándar (menor a 62.91%), lo que indica una mayor dispersión de las observaciones en comparación con la variable anterior.

Finalmente, en promedio, los municipios de México tienen una cobertura del 85.81% de viviendas con conexión a la red de drenaje, con una desviación estándar de 19.26—oscilando la concentración de valores entre el 66.55% y el 100%. No obstante, 297 municipios muestran una cobertura de drenaje menor al rango anterior, siendo los municipios de San Francisco Logueche, Santiago Amoltepec, San Juan Teita, San Pedro Huamelula y Santa María Peñoles—todos ellos pertenecientes al estado de Oaxaca—los municipios con menor cobertura de viviendas conectadas a la red de drenaje, con valores de 0.89%, 0.90%, 1.20%, 1.86% y 2.75% respectivamente.

### **Capacidad**

En tercer lugar, el componente de “capacidad” está conformado por dos indicadores: (1) el porcentaje de personas en situación de pobreza y (2) el grado promedio de escolaridad. Con respecto al primer indicador, en promedio, el 61.93% de la población en los municipios de México se encuentra en situación de pobreza, con una desviación estándar de 21.93. Esto quiere decir que, en general, la concentración de personas en situación de pobreza a nivel municipal se encuentra entre el 40.003% y 83.86%; lo que indica una amplia dispersión de los datos. No obstante, municipios como San Pedro Garza García y Parás en el estado de Nuevo León o Benito

Juárez en la Ciudad de México, reportan valores alejados de la concentración anterior de los datos; con porcentajes mínimos de población en situación de pobreza de 5.45%, 7.31% y 7.88% respectivamente.

Por otro lado, la muestra indica que la población de los municipios de México tiene, en promedio 7.83 años de escolaridad con una desviación estándar de 1.49. Si bien aquellos municipios con niveles mínimos de escolaridad no parecen diferir en gran medida de la media— como lo es el municipio de Cochoapa el Grande en Guerrero con un promedio de 3.4 años de escolaridad—, los municipios con niveles óptimos de escolaridad difieren en gran medida. Por ejemplo, el municipio de Benito Juárez en la Ciudad de México y el municipio de San Pedro Garza García en Nuevo León, presentan un promedio de 13.16 y 14.55 años de escolaridad respectivamente. De esta forma, a pesar de que los niveles de escolaridad a nivel municipal oscilen entre los 6.33 y 9.32 años, existen casos sobresalientes (tanto en términos positivos como negativos) cuyos niveles de educación podrían generar notables desigualdades intermunicipales en términos de la capacidad (particularmente económica) de la población para afrontar el costo de los servicios de agua, higiene y saneamiento.

## **Uso**

En términos de la cantidad de infraestructura hídrica disponible a nivel municipal para satisfacer la demanda de recursos hídricos de la población, los municipios muestran tener, en promedio, 9.49 obras de toma de agua para el abastecimiento público, con una desviación estándar de 18.44. Sin embargo, la existencia de casos extremos indica graves diferencias con respecto al nivel de uso y aprovechamiento de los recursos hídricos en los municipios. Por ejemplo, por un lado, existen 22 municipios que no poseen ninguna obra de toma de agua para el abastecimiento público, como lo son los municipios de Boca del Río en el estado de Veracruz y el de Frontera en el estado de Coahuila. Por otra parte, municipios como el de Aguascalientes en el estado de Aguascalientes y el de Mérida en el estado de Yucatán, presentan niveles de infraestructura extremadamente elevados; con un total de 226 y 304 obras construidas respectivamente. De esta forma, casos extremos como los anteriores son los que particularmente marcan las disparidades en el componente de “uso” del IPH.



## Ambiente

Finalmente, el componente de “ambiente” del IPH está compuesto por el total de puntos de descarga de aguas residuales sin tratamiento al ambiente a nivel municipal. En general, la muestra indica que, en promedio, los municipios de México tienen 1.98 puntos de descarga de aguas residuales al ambiente. No obstante, al igual que con indicadores anteriores, la existencia de casos extremos desafía en gran medida la media muestral, como lo son el municipio de Aguascalientes en Aguascalientes y el municipio de Centro en Tabasco. Por un lado, el municipio de Aguascalientes posee 89 puntos de descarga de aguas residuales al ambiente. De manera similar, el municipio de Centro en Tabasco cuenta con 83 puntos de descarga al ambiente. De esta forma, a pesar de que, en promedio los municipios cuentan con aproximadamente 1.98 puntos de descarga de aguas residuales al ambiente, casos atípicos como los anteriores pueden influir en gran medida en que existan graves disparidades ambientales intermunicipales y, por tanto, graves diferencias en la puntuación final del IPH.

**Tabla 4. Medidas de tendencia central**

<b>Medidas de tendencia central</b>					
<b>Indicador</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación E.</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
R1	2,434	0.62	0.60	0.0002	8.88
A1	2,434	93.42	9.15	20.43	100
A2	2,434	82.70	19.78	4.26	100
A3	2,434	85.81	19.26	0.89	100
C1	2,434	7.83	1.49	3.4	14.55
C2	2,434	61.93	21.93	5.45	99.64
U1	2,434	9.49	18.44	0	304
E1	2,434	1.98	4.20	0	89

Fuente: Elaboración de la autora.

## Análisis de componentes principales

### Matriz de autovalores

El presente estudio realiza un ACP para evitar una asignación arbitraria de pesos a los cinco componentes del IPH. No obstante, previo a realizar el ACP, los datos son estandarizados de tal

forma que los ocho indicadores del IPH tengan media igual a cero y varianza igual a uno. Una vez que el conjunto de datos tiene la misma escala—es decir, que los indicadores son comparables entre sí—, el estudio calcula las ocho componentes principales, a partir de las cuales obtiene la matriz de autovalores de cada indicador en cada una de las componentes. Para mayor detalle de la matriz de autovalores, ver Tabla 5.

**Tabla 5. Matriz de autovalores**

<b>Matriz de autovalores</b>								
	<b>R1</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>U1</b>	<b>E1</b>
<b>Z1</b>	0.2042	0.3094	0.4702	0.4474	0.4247	-0.4402	0.2205	0.1351
<b>Z2</b>	0.0405	-0.2968	-0.2231	-0.2337	0.1557	-0.0110	0.6220	0.6280
<b>Z3</b>	0.7560	-0.1276	-0.2418	-0.2923	0.1504	-0.2391	0.0815	-0.4261
<b>Z4</b>	-0.5359	-0.0781	-0.0395	-0.0698	0.2335	-0.1223	0.5106	-0.6081
<b>Z5</b>	-0.1129	-0.8241	0.1332	0.1640	0.2567	-0.2516	-0.3656	0.0201
<b>Z6</b>	0.2696	-0.3362	0.3241	0.4179	-0.4659	0.3550	0.3989	-0.1789
<b>Z7</b>	-0.1107	-0.0090	-0.0328	-0.0566	-0.6587	-0.7362	0.0645	0.0566
<b>Z8</b>	-0.0018	-0.0367	0.7383	-0.6708	-0.0327	0.0489	-0.0047	0.0089

Fuente: Elaboración de la autora.

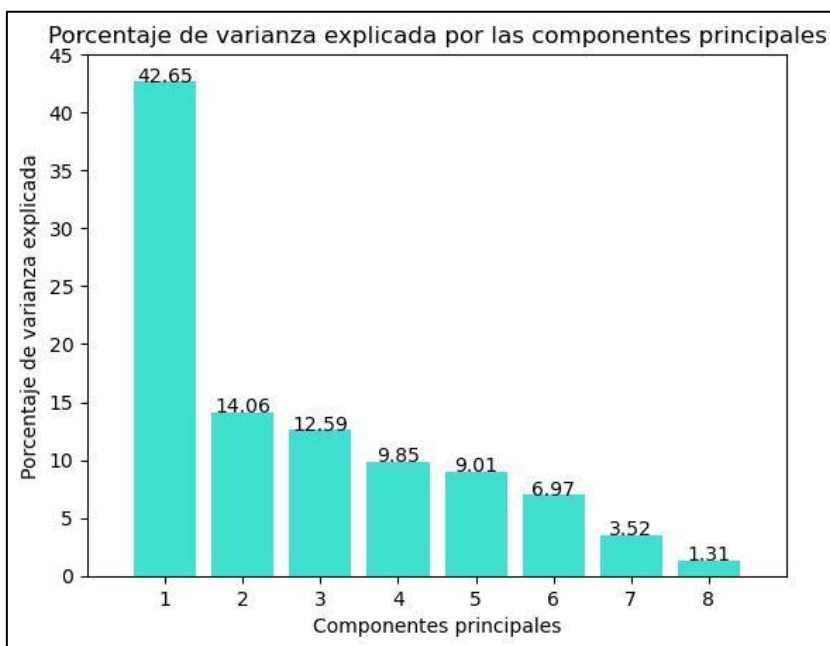
Con base en los resultados de la Tabla 5 es posible identificar que cada indicador tiene un autovalor distinto según sea la componente principal. Por ejemplo, en la primera componente Z1, el porcentaje de viviendas particulares habitadas con excusado o sanitario (A2) constituye el indicador de mayor importancia para explicar la información contenida en la primera componente, con un autovalor de 0.4702. No obstante, en la transformación generada con la segunda componente Z2, no es A2 sino E1—el total de puntos de descarga al ambiente de aguas residuales municipales—el indicador más relevante de la componente en cuestión, con un autovalor 0.6280. De esta forma es que, cada una de las componentes posee un indicador distinto que explica la mayor cantidad de información de la componente. Al analizar las componentes en orden ascendente—de Z1 a Z8—, y partiendo de los valores absolutos de la Tabla 5—puesto que en ACP el signo de los autovalores no indica la magnitud sino la dirección del vector de la componente principal—es posible identificar que los indicadores más importantes en cada una

de ellas son A2, E1, R1, E1, A1, C1, C2 y A2, respectivamente. Para mayor detalle respecto a los indicadores de mayor relevancia en cada componente principal, ver Anexo I.

### Porcentaje de varianza explicada y construcción de matriz de pesos relativos

Tal como el presente estudio menciona en apartados anteriores, la importancia de cada una de las componentes principales “ $Z_i$ ” se encuentra en función del porcentaje de varianza del conjunto de datos que explique cada una de las componentes. En el presente caso, la primera componente  $Z_1$  es la de mayor relevancia, pues logra explicar hasta el 42.65% de la varianza total del conjunto de datos. En seguida, la segunda y tercera componente ( $Z_2$  y  $Z_3$ ) explican el 14.06% y el 12.59% de la varianza, respectivamente. Finalmente, las cinco componentes restantes explican un escaso nivel de la varianza de datos, con porcentajes de 9.85%, 9.01%, 6.97%, 3.52% y 1.31%, respectivamente. La Figura 1 muestra los porcentajes de varianza explicada por cada una de las componentes.

**Figura 1. Porcentaje de varianza explicada por las componentes principales**



Fuente: Elaboración de la autora.

La relevancia de los porcentajes de varianza explicada por cada una de las componentes radica en que dicho ratio permite construir, a partir de la matriz de autovalores, una nueva matriz que contenga los pesos relativos de cada indicador en cada una de las componentes principales,

los cuales muestra la Tabla 4. Como muestra la tabla, para generar la nueva matriz, cada autovalor de la Tabla 3, se multiplica por el porcentaje de varianza que explique la componente principal a la cual pertenezca el autovalor en cuestión. Adicionalmente, la matriz de pesos es construida a partir de los valores absolutos pues, bajo el ACP, la relevancia del signo de cada uno de los autovalores radica únicamente en informar la dirección del vector generado por la transformación de la componente principal, y no en indicar la magnitud del peso relativo; así, la matriz de pesos presentada en la Tabla 6 es generada a partir de los valores absolutos de la matriz de autovalores presentada en la Tabla 5.

**Tabla 6. Matriz de pesos a partir del porcentaje de varianza explicada**

	<b>R1</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>U1</b>	<b>E1</b>
<b>Z1</b>	0.0871	0.1319	0.2005	0.190	0.1811	0.1877	0.0940	0.0576
<b>Z2</b>	0.0057	0.0417	0.0313	0.0328	0.0219	0.0015	0.0874	0.0883
<b>Z3</b>	0.0952	0.0160	0.0304	0.0368	0.0189	0.0301	0.0102	0.0536
<b>Z4</b>	0.0528	0.0077	0.0038	0.0068	0.0230	0.0120	0.0503	0.0599
<b>Z5</b>	0.0101	0.0742	0.0120	0.0147	0.0231	0.0226	0.0329	0.0018
<b>Z6</b>	0.0188	0.0234	0.0226	0.0291	0.0325	0.0247	0.0278	0.0124
<b>Z7</b>	0.0038	0.0003	0.0011	0.0019	0.0232	0.0259	0.0022	0.0019
<b>Z8</b>	0.00002	0.0004	0.0097	0.0088	0.0004	0.0006	0.0022	0.0001

Fuente: Elaboración de la autora.

Con base en la Tabla 6 es posible identificar que, al ajustar los autovalores por el porcentaje de varianza explicada, no se generan modificaciones—en comparación con la Tabla 5—respecto a cuáles son los indicadores de mayor importancia en cada una de las componentes. Por ejemplo, en la primera componente el indicador C2 mantiene su posición como la variable de mayor importancia, con un peso de 0.1877. De igual forma, en la segunda componente, el indicador E1 conserva el puesto del indicador más importante, con un peso obtenido de 0.0883. En consecuencia, al analizar las componentes ascendentemente, es posible identificar que, independientemente del ajuste con respecto al porcentaje de varianza explicada, el orden de importancia de los indicadores según sea la componente se mantiene igual que en la Tabla 5: A2, E1, R1, E1, A1, C1, C2 y A2.

## Determinación y agrupación de pesos por componentes del IPH

Una vez obtenida la matriz de pesos a partir del porcentaje de varianza explicada, el presente estudio calcula los pesos finales de los indicadores empleados en la construcción del IPH. Dado que el ACP es calculado a partir de ocho componentes, cada indicador posee un total de ocho diferentes pesos. Para obtener un solo peso por variable, el estudio suma para cada indicador, los pesos obtenidos en cada una de las componentes. A partir de lo anterior, se obtiene el vector final de pesos individuales, el cual se muestra en la Tabla 6.

**Tabla 7. Pesos iniciales**

Pesos iniciales							
R1	A1	A2	A3	C1	C2	U1	E1
0.2737	0.2960	0.3118	0.3222	0.3243	0.3055	0.3052	0.2760

Fuente: Elaboración de la autora.

A partir de los resultados de la Tabla 7 es posible notar que, el grado promedio de escolaridad (C1) seguido del porcentaje de viviendas con conexión a la red de drenaje (A3), son los indicadores de mayor importancia con pesos de 0.3243 y 0.3222, respectivamente. En seguida, el porcentaje de viviendas particulares con excusado o sanitario (A2) y el porcentaje de personas en situación de pobreza (C2) toman el tercer y el cuarto lugar de importancia, con pesos de 0.3118 y 0.3055, respectivamente. Luego, el total de obras de toma de agua para abastecimiento público (U1) adquiere un peso de 0.3052, seguido por el porcentaje de viviendas particulares con agua entubada dentro de la vivienda (A1) con un peso de 0.2960. Finalmente, los indicadores vinculados con el estado del ambiente (E1) y la disponibilidad hídrica a nivel municipal (R1), obtienen escasos pesos de 0.2760 y 0.2737, respectivamente. Así, los resultados muestran que, aquellos indicadores vinculados tanto con el acceso a la infraestructura doméstica necesaria para los servicios de agua y saneamiento como con la capacidad económica de la población para acceder a dicha infraestructura son las variables que han de tener un mayor peso en la construcción del IPH—particularmente C1, A3, A2 y C2. Por el contrario, aquellos indicadores vinculados tanto con el estado del ambiente en el cual se encuentran los recursos hídricos como con la disponibilidad hídrica municipal (E1 y R1) son los que obtienen una menor valoración durante la construcción y cálculo del IPH.

Una vez calculados los pesos para cada uno de los indicadores, el estudio procede a normalizarlos, de tal forma que sus valores oscilen entre 0 y 100. Esto ya que, tal como señala la literatura, para que el IPH sea calculable tanto las puntuaciones correspondientes a los cinco componentes del IPH como sus respectivos pesos deben ser normalizados ya sea entre 0 y 1 o bien, entre 0 y 100; de tal forma que los resultados sean interpretables. En ese sentido, la Tabla 8 muestra los pesos finales de los indicadores una vez normalizados.

**Tabla 8. Pesos iniciales normalizados**

<b>Pesos finales normalizados</b>							
<b>R1</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>U1</b>	<b>E1</b>
0	43.99	75.23	95.80	100	62.79	62.25	4.45

Fuente: Elaboración de la autora.

Tal como muestra la Tabla 8, al normalizar entre 0 y 100 los pesos de los indicadores del IPH, el indicador R1 adquiere un peso de 0—como resultado de poseer el peso mínimo de los ocho indicadores—mientras que el indicador C1 adquiere un peso igual a 100—por poseer el mayor peso de los ocho indicadores. A partir de dicho rango, los indicadores restantes obtienen pesos oscilando entre 0 y 100. Después del indicador C1, las variables A3 y A2 muestran ser las variables más relevantes para el índice, con pesos de 95.80 y 75.23, respectivamente. Posteriormente, C2 y U1 presentan pesos de 62.79 y 62.25. Finalmente, antes de R1 (con un peso igual a 0), los indicadores de A1 y E1 muestran escasos pesos de 43.99 y 4.45, respectivamente. A partir de los indicadores y pesos anteriores se puede identificar que, mientras que la capacidad económica de la población de un municipio (particularmente los niveles de población en situación de pobreza) representa un indicador de gran relevancia para la construcción del presente IPH, la disponibilidad hídrica subterránea de un municipio se encuentra en la situación opuesta, con un nulo peso en el índice—lo cual plantea implicaciones tanto metodológicas como empíricas, las cuales son analizadas en el apartado de discusión del estudio.

Como último paso para obtener los pesos finales de los cinco componentes del IPH, el estudio agrupa los ocho pesos de la Tabla 6 según correspondan a los cinco componentes del índice. Si bien, para aquellos componentes compuestos por un solo indicador no es necesario—

como es el caso del componente de “recurso”, “uso” y “ambiente”—, en el caso de los componentes de “acceso” y “capacidad” es necesario agrupar sus respectivos pesos de tal forma que adquieran uno solo por componente. Para ello, el estudio obtiene, en estos últimos dos componentes, un peso promedio a partir de los pesos adquiridos por sus indicadores, los cuales presenta la Tabla 9.

**Tabla 9. Pesos finales por componentes del IPH**

<b>Pesos finales por componentes del IPH</b>				
<b>R</b>	<b>A</b>	<b>C</b>	<b>U</b>	<b>E</b>
0	71.67	81.39	62.25	4.45

Fuente: Elaboración de la autora.

Al concluir la agrupación de pesos por componentes del IPH, la Tabla 9 muestra que el componente de “capacidad” (C) constituye el de mayor importancia para el IPH con un peso final de 81.39. En segundo lugar, el componente de “acceso” (A) muestra un nivel de relevancia similar con una puntuación de 71.67. Posteriormente, el componente de “uso” (U) presenta un peso relativamente medio de 62.25. Finalmente, los componentes vinculados tanto con el estado ambiental de los recursos hídricos del municipio (E) como con el propio nivel de disponibilidad hídrica subterránea (R) representan componentes con un escaso nivel de importancia para el presente IPH, con pesos de 4.45 y 0, respectivamente.

### **Pobreza hídrica en los municipios de México**

Una vez obtenidos los pesos del índice a partir del ACP, el estudio calcula—para los 2,434 municipios—el IPH para comprender en qué medida los municipios de México enfrentan pobreza hídrica y cómo está distribuida a lo largo del territorio mexicano. En términos generales, los resultados del estudio indican que, en promedio, la puntuación del IPH en los municipios de México es de 45.84, con una desviación estándar de 10.70. Al considerar que, de acuerdo con Sullivan et al. (2018), una puntuación de 0 implica niveles alarmantes de pobreza hídrica y una puntuación de 100 refleja el escenario ideal, el panorama anterior muestra que los municipios de México presentan un nivel medio de pobreza hídrica. Además, al seccionar las puntuaciones del IPH con base en la clasificación propuesta por El-Gafy (2018), el estudio encuentra que 45 municipios presentan un nivel muy alto de pobreza hídrica, 597 muestran un nivel alto y 1,632

un nivel regular, mientras que tan solo 158 y 2 municipios presentan un nivel escaso y muy escaso de pobreza hídrica, respectivamente—la Tabla 10 resume los resultados anteriores.

**Tabla 10. Resultados generales del IPH en los municipios de México**

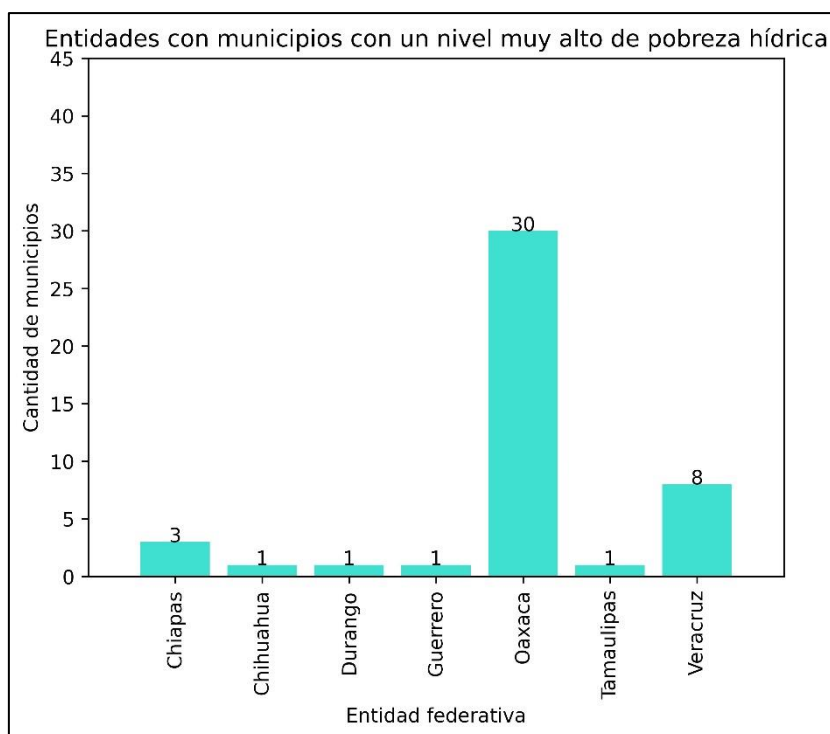
<b>Resultados generales del IPH en los municipios de México</b>					
<b>Clasificación</b>	<b>Pobreza hídrica</b>	<b>Puntuación IPH</b>	<b>n</b>	<b>Media IPH</b>	<b>Desviación E.</b>
1	Muy alta	0-20	45	17.12	2.32
2	Alta	20-40	597	33.07	5.19
3	Regular	40-60	1632	49.49	5.45
4	Escasa	60-80	158	63.98	4.16
5	Muy escasa	80-100	2	85.53	4.77

Fuente: Elaboración de la autora.

En primer lugar, los resultados del IPH muestran que 45 municipios de México presentan puntajes entre 0 y 20 y, por tanto, corresponden a la clasificación 1 del IPH; lo que resulta sumamente preocupante al considerar que, de acuerdo con El-Gafy (2018), un puntaje entre 0 y 20 indica niveles muy altos de pobreza hídrica. En general, el grupo está conformado por municipios pertenecientes a los estados de Chiapas, Chihuahua, Durango, Guerrero, Oaxaca, Tamaulipas y Veracruz. Tal como muestra la Figura 2, de los 45 municipios con niveles muy altos de pobreza hídrica, 3 corresponden al estado de Chiapas, 1 al estado de Chihuahua, 1 al estado de Durango, 1 a Guerrero, 30 a Oaxaca, 1 a Tamaulipas y 8 al estado de Veracruz. De esta forma es posible identificar que los municipios con un nivel muy alto de pobreza hídrica se encuentran principalmente ubicados ya sea en entidades federativas localizadas al sur y sureste del territorio (Guerrero, Chiapas, Oaxaca y Veracruz) o bien, en entidades al norte del país (Chihuahua y Durango).



**Figura 2. Entidades con municipios con un nivel muy alto de pobreza hídrica**



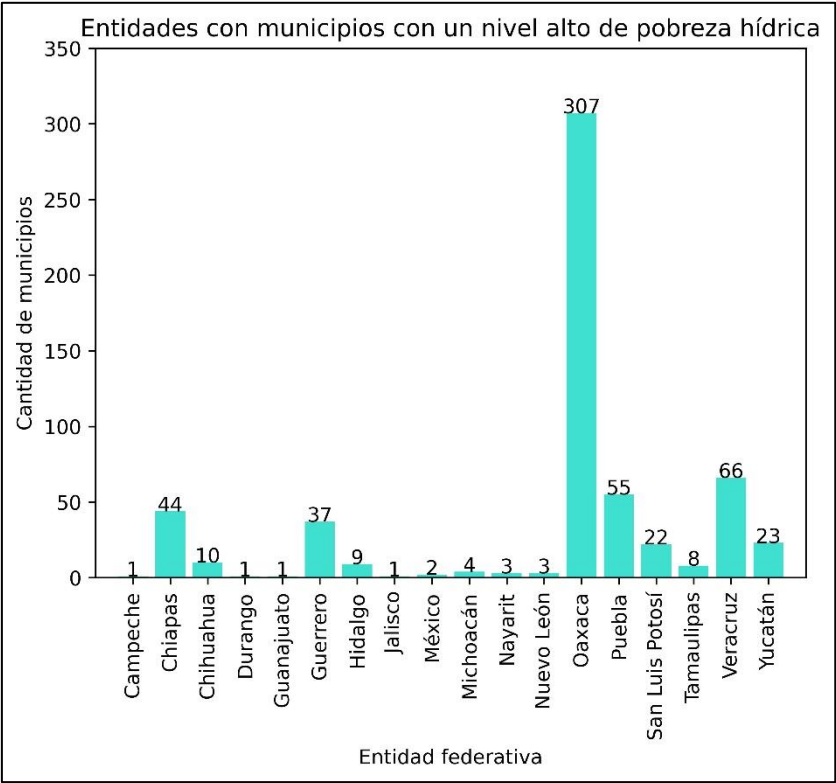
Fuente: Elaboración de la autora.

A pesar de que, en promedio, los 45 municipios anteriores presentan un puntaje de 17.12 en el cálculo del IPH, la existencia de casos extremos con puntajes mínimos cristaliza la severidad de la pobreza hídrica en México. Tal es el caso de los municipios de Santa María Texcaltitlán, Mixtla de Altamirano y Tehuipango, ubicado el primero en el estado de Oaxaca y los dos últimos en el estado de Veracruz (al sureste del país). Por un lado, el municipio de Tehuipango y el de Mixtla de Altamirano constituyen el segundo y el tercer lugar a nivel nacional, con los niveles más altos de pobreza hídrica, alcanzando apenas un puntaje de 11.62 y 12.98, respectivamente. Por otra parte, el municipio de Santa María Texcaltitlán resulta un caso de aun mayor preocupación con un IPH de 10.15. Así, aunque únicamente el 1.84% de los municipios se encuentren en una situación de pobreza hídrica extremadamente alta, resulta alarmante que aun persistan municipios en México con niveles tan escasos de capacidad económica, recursos e infraestructura hídrica pública para satisfacer las necesidades hídricas de sus territorios—ya sean de carácter doméstico, agrícola y/o industrial.

En segundo lugar, el estudio encuentra que un total de 597 municipios presentan altos niveles de pobreza hídrica, es decir, valores oscilando entre 20 y 40 puntos del IPH. A diferencia

de aquellos municipios con niveles muy altos de pobreza hídrica localizados en zonas del territorio más definidas, la distribución de los municipios con un alto nivel de pobreza hídrica es de mayor amplitud; localizados entre 18 entidades federativas distintas. En dicho grupo destacan las entidades de Oaxaca y San Luis Potosí pues, tal como muestra la Figura 3 y, considerando el número de municipios de cada entidad, el 53% (307) de los municipios del estado de Oaxaca y el 37% (22) de los de San Luis Potosí presentan un nivel alto de pobreza hídrica.

**Figura 3. Entidades con municipios con un nivel alto de pobreza hídrica**



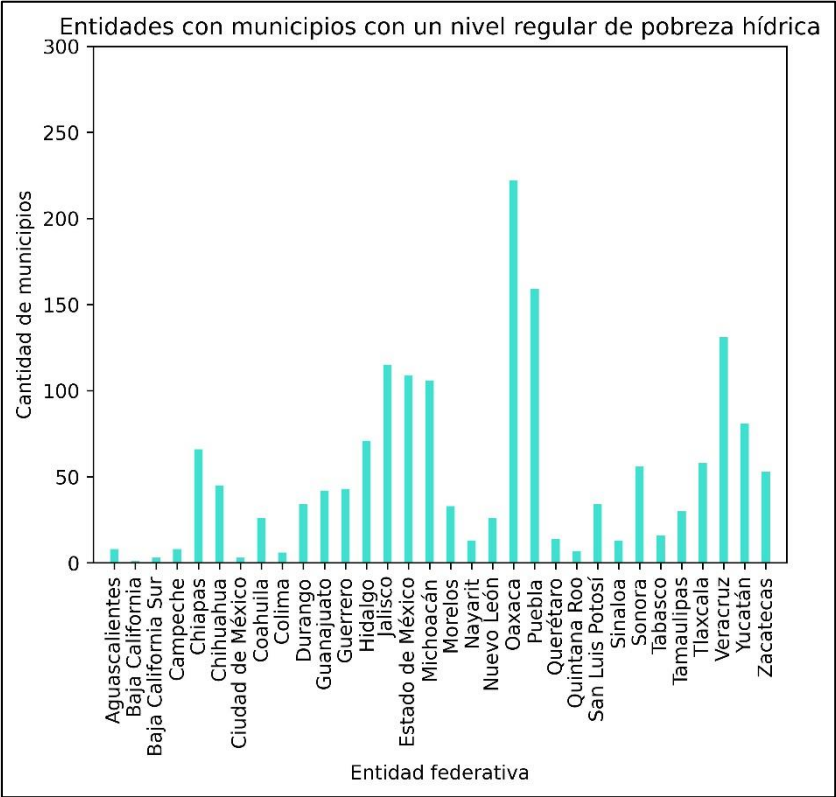
Fuente: Elaboración de la autora.

No obstante, al considerar los resultados en números absolutos y sin contemplar el número de municipios por entidad federativa, es posible identificar que la mayoría de los municipios con un nivel muy alto y alto de pobreza hídrica se encuentran en el estado de Oaxaca y Veracruz. Ambos estados concentran, el 84.43% de los municipios en situación de pobreza hídrica extremadamente alta—con 38 municipios de un total de 45. De manera similar, dichas entidades federativas concentran el 62.47% de los municipios con altos niveles de pobreza hídrica—373 de 597 municipios. Así, el estudio encuentra que, de 642 municipios con niveles

de pobreza hídrica altos y muy altos, 411 se encuentran ubicados al sureste del país, en Veracruz y Oaxaca. Sin embargo, para entender la gravedad del fenómeno en cada entidad, es importante analizar los resultados considerando la cantidad de municipios por cada estado.

En tercer lugar, el estudio encuentra que 1,632 municipios, localizados a lo largo de las 32 entidades, enfrentan un nivel medio de pobreza hídrica, alcanzando un IPH entre 40 y 60. No obstante, es posible identificar que la mayor cantidad de municipios de dicho grupo se encuentran en los estados de Oaxaca (con 222 municipios en dicho grupo), Puebla (con 158 municipios y Veracruz (con 131 municipios)—la Figura 4 muestra los resultados. Sin embargo, al igual que en la clasificación anterior, para un análisis más detallado a nivel estatal es importante considerar la cantidad de municipios por entidad federativa.

**Figura 4. Entidades con municipios con un nivel medio de pobreza hídrica**

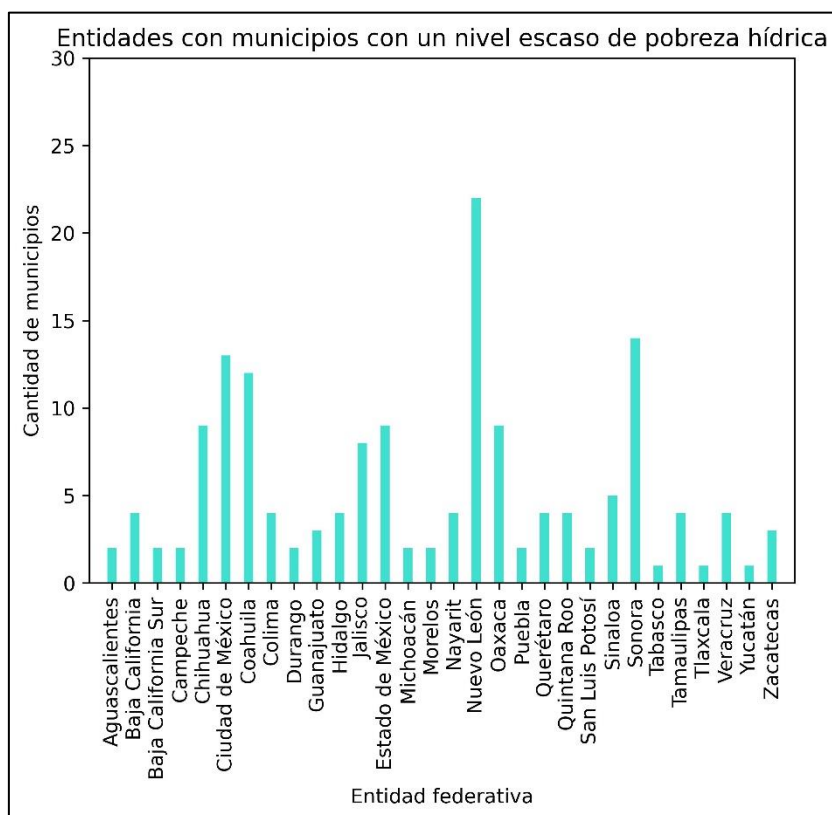


Fuente: Elaboración de la autora.

Finalmente, única y desafortunadamente 160 municipios de la muestra presentan niveles escasos o muy escasos de pobreza hídrica a nivel nacional. Por un lado, la Figura 5 muestra que, de un total de 2,434 municipios, solo 158 presentan niveles escasos de pobreza hídrica, es decir,

un IPH entre 60 y 80; lo cual resulta sumamente alarmante al considerar que esto no representa más que el 6.49% de la muestra representativa a nivel nacional. Por otra parte, únicamente el municipio de Aguascalientes y el de Mérida representan el escenario ideal de pobreza hídrica (con un nivel muy escaso); Aguascalientes con un IPH de 80.76 y Mérida con una puntuación de 90.31. De esta forma, los resultados anteriores muestran que, desafortunadamente en México, son escasos los municipios con niveles bajos o muy bajos de pobreza hídrica.

**Figura 5. Entidades con municipios con un nivel escaso de pobreza hídrica**



Fuente: Elaboración de la autora.

En suma, el estudio encuentra que la mayoría de los municipios de México se encuentran en un nivel medio de pobreza hídrica; con puntuaciones entre 40 y 60 del IPH. Sin embargo, los resultados anteriores restringen el análisis del fenómeno a las puntuaciones finales del IPH, sin considerar las características (económicas, sociales y ambientales) de los municipios que definen las propias puntuaciones del IPH. En ese sentido, para comprender los resultados finales del IPH, a continuación, el estudio analiza los cinco componentes del índice según los resultados obtenidos por los municipios.

## **Acceso**

En general, los municipios de México muestran un alto grado de “acceso” en el IPH. Una vez normalizados y agrupados los indicadores según los componentes del índice, los resultados indican que, en promedio, la puntuación de los municipios de México en el componente de “acceso” es de 86.44; lo que resulta favorable al recordar que una puntuación de 100 refleja el escenario ideal de los componentes del IPH. No obstante, el panorama anterior no refleja la situación de todos los municipios. En el caso de aquellos municipios con niveles muy altos y altos de pobreza hídrica, los resultados muestran una puntuación promedio de “acceso” de 32.14 y 70.40, respectivamente. De esta forma, a pesar de que, en su mayoría, los municipios con menor pobreza hídrica presenten niveles relativamente altos de “acceso”—como es el caso de los municipios con pobreza hídrica regular, escasa y muy escasa con puntajes de acceso promedio de 92.65, 98.29 y 98.95, respectivamente—, la conexión entre un bajo nivel de acceso a infraestructura hídrica en el hogar y un mayor nivel de pobreza hídrica, aún persiste en la realidad de los municipios de México.

## **Capacidad**

En términos de “capacidad”, el estudio encuentra que la población de los municipios de México carece de la capacidad económica para acceder a los servicios de agua, higiene y saneamiento. Lo anterior ya que, de los 2,434 municipios, 349 muestran un nivel de capacidad económica muy bajo, 889 un nivel de capacidad bajo, 872 un nivel regular, 314 un nivel alto y tan solo 10 un nivel muy alto. Esto quiere decir que, mientras que el 50.86% de los municipios cuentan con una capacidad económica baja o muy baja para afrontar los costos de los servicios hídricos, solo el 13.31% tienen la suficiente capacidad económica (alta o muy alta) para acceder a ellos. De ahí que no sea sorprendente que, por un lado, los municipios con un nivel muy alto o alto de pobreza hídrica tengan un puntaje promedio de “capacidad” de 11.86 y 21.06 respectivamente, y por otro, aquellos con un nivel escaso o muy escaso apenas alcancen un puntaje promedio de 71.03 y 74.41 respectivamente.

## **Uso**

Con respecto al componente de “uso” construido a partir de las tomas de agua disponibles para abastecimiento público, el estudio encuentra que la mayoría de los municipios no disponen de la infraestructura hídrica necesaria para abastecer de agua potable a la población. Esto ya que,

además de apenas alcanzar un puntaje promedio de 3.12 en una escala de 0 a 100, mientras que 2,381 y 41 municipios disponen de un nivel muy bajo y bajo de infraestructura hídrica para abastecimiento público, 8 municipios disponen de un nivel regular, 3 de un nivel alto y únicamente 1 municipio de un nivel muy alto. Con base en lo anterior, es entendible que el puntaje promedio del componente de “uso” en la mayoría de los municipios sea relativamente bajo, independientemente del nivel de clasificación de pobreza hídrica al que pertenezcan.

Por un lado, aquellos municipios con un nivel de pobreza hídrica muy alto y alto (con IPH de 0 a 20 y de 20 a 40), alcanzan apenas un puntaje promedio de 0.80 y 1.10 en el componente de “uso” respectivamente—en la escala de 0 a 100. Por otro lado, los municipios con un grado regular de pobreza hídrica (con IPH de 40 a 60) obtienen una puntuación promedio de 2.87 en el mismo componente. Finalmente, aquellos que presentan un nivel escaso o muy escaso de pobreza hídrica (con IPH de 60 a 80 y de 80 a 100), alcanzan un puntaje de 12.87 y 87.17, respectivamente. En ese sentido, a excepción de aquellos municipios con niveles muy escasos de pobreza hídrica—los cuales representan únicamente el municipio de Aguascalientes y el de Mérida—, la gran mayoría de los municipios en México muestra un deficiente nivel en el componente de “uso” del IPH.

## **Ambiente**

A diferencia de componentes anteriores—particularmente del componente de “capacidad” y el de “uso”—, el componente de “ambiente” muestra una mayor cantidad de puntajes en sentido positivo. Del total de 2,434 municipios de la muestra, 2,416 muestran una puntuación muy alta en el componente (entre 80 y 100), 14 una puntuación alta (de 60 a 80), 1 un puntaje regular (de 40 a 60), 2 un puntaje bajo (de 20 a 40) y, únicamente 2 municipios—Aguascalientes y el municipio de Centro en Tabasco—una puntuación muy baja en el componente de “ambiente” (de 0 a 20). De esta forma, es posible identificar que los municipios de México cuentan con escasos puntos de descarga de aguas residuales al ambiente, alcanzando así un puntaje promedio en el componente de “ambiente” de 97.76 en la escala de 0 a 100.

Además, al seccionar los municipios según su nivel de pobreza hídrica, el estudio encuentra por un lado que, la puntuación de los municipios con un nivel muy alto y alto de pobreza hídrica en el componente de “ambiente” es de 99.67 y 98.67, respectivamente. Por otro lado, para aquellos municipios con un grado medio de pobreza hídrica la puntuación promedio

en el componente de ambiente es de 97.48. Finalmente, los municipios con escasa y muy escasa pobreza hídrica alcanzan puntajes de 97.30 y 50, respectivamente. Así, a excepción de los municipios con niveles muy bajos de pobreza hídrica, en su mayoría los municipios de México presentan niveles altos del componente de “ambiente” empleado en la construcción del presente IPH.

### **Recurso**

En términos de la disponibilidad física de los acuíferos que pasan por cada uno de los municipios, los resultados del componente “recurso” del IPH muestran que en general, los municipios de México mantienen un nivel elevado de disponibilidad hídrica subterránea; alcanzando en la escala de 0 a 100, un puntaje promedio de 92.92. Al seccionar los municipios según su puntaje en el componente de “recurso”, el estudio encuentra que, de los 2,434 municipios, 2,346 tienen un nivel de “recurso” muy alto (de 80 a 100), 78 de ellos un nivel alto (de 60 a 80), 6 un nivel regular (de 40 a 60) y tan solo 4—Coyame del Sotol y Ahumada en Chihuahua y San Cirilo de Acosta y Tierra Nueva en San Luis Potosí—un nivel muy bajo de “recurso” (de 0 a 20). De esta forma, el estudio encuentra que, con base en el indicador empleado en el presente IPH, los municipios de México muestran un aceptable nivel en el componente de “recurso” del IPH.

En suma, los resultados anteriores muestran que, de los cinco componentes del IPH, el componente de “capacidad” y de “uso” son los que presentan un mayor grado de vulnerabilidad en los municipios de México, con puntuaciones promedio de 39.91 y 3.12, respectivamente. En un nivel medio, el componente de “acceso” alcanza un puntaje relativamente elevado de 86.44. Finalmente, los componentes de “recurso” y “ambiente” resultan los de mayor fortaleza en los municipios, con puntajes de 92.92 y 97.76, respectivamente. En el caso de los municipios con niveles muy altos, altos, regulares y bajos de pobreza hídrica, el componente “uso” del IPH resulta ser el de mayor vulnerabilidad mientras que, para los municipios con un nivel muy bajo de pobreza hídrica, el componente de “ambiente” del IPH obtiene el menor puntaje promedio de los cinco componentes.

### **Discusión**

En general, los principales hallazgos del estudio son los siguientes:

- La capacidad económica de la población (C) y el nivel de acceso a la infraestructura hídrica básica para los servicios de agua y saneamiento (A) son los principales componentes del presente IPH.
- El estado del ambiente en el cual se encuentran los cuerpos de agua (E) y la disponibilidad física de los recursos hídricos (R) son los componentes más débiles del presente IPH.
- 45 municipios enfrentan un nivel muy alto de pobreza hídrica, la mayoría de ellos localizados en los estados de Veracruz y Oaxaca.
- 597 municipios enfrentan un nivel alto de pobreza hídrica, la mayoría de ellos ubicados en los estados de Oaxaca, Veracruz y Puebla.
- 1,632 municipios enfrentan un nivel regular de pobreza hídrica, ubicados a lo largo de las 32 entidades federativas.
- 158 municipios enfrentan un nivel bajo de pobreza hídrica.
- 2 municipios enfrentan un nivel muy bajo de pobreza hídrica, Aguascalientes y Mérida.

No obstante, es importante analizar de forma crítica diversos aspectos tanto teóricos como empíricos relativos a los resultados anteriores. En términos teóricos y metodológicos, el estudio reconoce dos principales aspectos objetos de crítica del presente IPH: (1) el proceso de normalización—entre 0 y 100—de los pesos de los cinco componentes del índice y (2) los indicadores empleados en el presente IPH para la medición de los componentes “uso”, y “ambiente”. Sobre el primer aspecto, el estudio reconoce que, al normalizar los pesos obtenidos en el ACP en una escala de 0 a 100, las puntuaciones finales del IPH pueden incurrir en un potencial sesgo. Esto ya que, tras haber sido normalizados, el componente que alcance el menor peso en el ACP, obtendrá un peso igual a 0 en el proceso de normalización y, por tanto, quedará fuera de la estimación final del IPH. Por el contrario, el componente que obtenga el mayor peso en el ACP, obtendrá un peso igual a 1 en la normalización y, por tanto, será el que tenga una mayor influencia en la puntuación final del IPH.

Tal como muestra la sección de resultados, el componente de “recurso” (R) del IPH obtuvo la menor puntuación en el ACP, mientras que el componente de “capacidad” (C) obtuvo el mayor puntaje. Al realizar el cálculo del IPH para los municipios de México, el componente R es eliminado de la estimación, mientras que el componente C obtiene el máximo peso posible—



un peso igual a 100. Así, es posible identificar que, una de las limitaciones del uso del ACP acompañado de un proceso de normalización para obtener los pesos del IPH es que, a pesar de que empíricamente no exista justificación alguna para eliminar componentes tan relevantes como lo es el nivel de disponibilidad hídrica en un territorio, el proceso metodológico de normalización de pesos obliga a descartar a aquel componente que obtenga el menor peso. Sin embargo, el estudio no identifica justificación teórica alguna—sugerida principalmente por la literatura del IPH—para contrarrestar tal implicación por lo que, limita la construcción y asignación de pesos del IPH a los mecanismos empleados por la literatura existente, entre ellos el ACP acompañado de un proceso de normalización.

Con respecto al segundo aspecto, el estudio reconoce que los indicadores empleados en los componentes de “uso” y “ambiente” no representan directamente el significado de dichos componentes; lo cual puede influir en el cálculo del ACP y en los resultados finales del IPH. En primer lugar, aunque idealmente el componente de “uso” deba ejemplificar la intensidad de uso del agua para las necesidades humanas, este estudio representa dicho componente a través del nivel de infraestructura disponible para el abastecimiento público de agua potable; lo cual puede reflejar cuestiones alternativas a la intensidad o uso del agua, entre ellas solo la existencia de infraestructura hídrica sin funcionamiento. Además, si bien, el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA)—perteneciente a la CONAGUA—contiene información sobre los títulos inscritos de volumen de agua concesionada a los municipios del país para satisfacer actividades de carácter doméstico, agrícola o industrial (lo cual podría fungir como un buen indicador para representar el componente de “uso”), no todos los municipios del país registran dichos volúmenes concesionados ante el REPDA. Así, en ausencia de un indicador existente para todos los municipios que mida directamente el aprovechamiento del agua a nivel municipal, el estudio utiliza como variable proxy el total de tomas de agua para abastecimiento público a nivel municipal.

Por otra parte, el estudio representa el componente de “ambiente” mediante los puntos de descarga al ambiente de aguas residuales sin tratamiento. En un mejor escenario, el presente estudio esperaría contar con indicadores tales como el número de cuerpos de agua contaminados a nivel municipal o bien, el grado de contaminación acuífera (sea por residuos urbanos, sustancias químicas, desechos fecales, etcétera) a nivel a municipal. Sin embargo, en ausencia

de dichos indicadores, la investigación sostiene que el total de puntos de descarga al ambiente de aguas residuales sin tratamiento constituye un buen indicador no solo para comprender qué tan contaminados están los ecosistemas en cada municipio, sino también la capacidad y disposición gubernamental para proteger dichos ecosistemas.

Con base en lo anterior, es necesario reconocer que la escasez de indicadores más precisos, podría alterar las puntuaciones finales del IPH y, por tanto, la interpretación de los resultados. Para ver lo anterior, el estudio replica—únicamente como mecanismo de comparación—el proceso de asignación de pesos del IPH excluyendo a los componentes que además de (1) no tener en el presente cálculo un peso elevado en la construcción del IPH, (2) no necesariamente reflejan el significado del componente en cuestión: los componentes de “ambiente” y de “uso”.

Tal como muestra la Tabla 11 del Anexo I, al realizar la asignación de pesos sin el indicador de obras de toma de agua para abastecimiento público a nivel municipal, hay una considerable redistribución de pesos entre los componentes del IPH. Si bien, los indicadores pertenecientes al componente de “capacidad” continúan siendo los de mayor peso para la construcción del IPH, con pesos de 34.76 (C1) y 34.76 (C2), hay una modificación en el componente de menor relevancia para el índice. En este caso, el componente de “ambiente” (el de menor precisión) constituye el componente de menor importancia para el índice, con un peso de 28.30, mientras que el componente de “recurso”—que constituye el de menor peso en el IPH inicial—pasa a ser el segundo componente más relevante del IPH después del de “capacidad”, con un peso de 33.62. Finalmente, el peso del componente de “acceso” disminuye, pasando a ser el tercer componente de mayor relevancia después del componente de “recurso”. Así, al realizar la asignación de pesos con los indicadores que reflejan en mayor medida la esencia de los componentes del IPH, el estudio identifica que tanto el componente de “capacidad” y “recurso” constituyen los indicadores más importantes para entender el fenómeno de la pobreza hídrica en México—para mayor detalle de los pesos finales normalizados, ver Tabla 12 y 13 del Anexo II.

Sin embargo, lo anterior no ocurre al asignar los pesos sin el indicador de puntos de descarga al ambiente de aguas residuales sin tratamiento. En esta segunda estimación—expuesta en las Tabla 14 del Anexo II—, el componente de “capacidad” continúa siendo el componente más relevante para el IPH, con pesos de 35.25 (C1) y 34.05 (C2). Sin embargo, al igual que en el IPH inicial, el componente de “recurso” vuelve a ser el componente de menor importancia, con

un peso de 31.56. Por último, el componente de “uso” y de “acceso” pasan a ser el segundo y tercer componente más relevante para el IPH, con peso de 33.60 (U1) (en el componente de “uso”) y 32.57 (A1), 33.39 (A2) y 34.19 (A3) (en el componente de “acceso”). Por lo tanto, una vez empleado el proceso de normalización de pesos, el componente de “recurso” sería excluido de nuevo del cálculo de las puntuaciones finales del IPH—para mayor detalle de los pesos finales normalizados, ver Tabla 15 y 16 del Anexo III. Por lo tanto, la comparación refleja que es sumamente importante contar con indicadores a nivel municipal que verdaderamente reflejen la esencia de los componentes del IPH pues, de no ser así, habrá mayor dificultad para comprender cuáles son los aspectos sociales, económicos y ambientales más relevantes de los municipios para construir el IPH.

Sin embargo, lo anterior no invalida la construcción y cálculo del presente IPH. A pesar de la escasez de indicadores precisos—particularmente ambientales—a nivel municipal, el presente IPH constituye uno de los primeros esfuerzos académicos por tratar de entender la pobreza hídrica a lo largo de todo el territorio mexicano; acentuando las disparidades del fenómeno según las demarcaciones municipales. Adicionalmente, el presente IPH representa uno de los escasos esfuerzos en la literatura por robustecer el proceso metodológico de la construcción y cálculo del IPH a través del ACP. No obstante, dadas las implicaciones metodológicas antes mencionadas, es importante interpretar con cautela la realidad o empirismo del fenómeno de la pobreza hídrica en los municipios de México, especialmente al tomar en cuenta el panorama hidrológico de los municipios.

Tal como muestran los resultados, los municipios con un nivel alto y muy alto de pobreza hídrica están localizados al Sureste del país, particularmente en Veracruz y Oaxaca. Sin embargo, dado el nulo peso que recibe el componente de “recurso” en el IPH, los resultados anteriores no contemplan la influencia que tiene la disponibilidad hídrica en las puntuaciones finales del IPH. De acuerdo con la CONAGUA (2021), en 2020, México contaba con cuatro entidades federativas cuya totalidad de municipios presentaba algún grado de sequía: Aguascalientes, Chihuahua, Sinaloa y Sonora (CONAGUA, 2021). Simultáneamente, la CONAGUA muestra que la mayoría de los acuíferos en estado de sobreexplotación en 2020 se encontraban ubicados la zona centro y norte del territorio mexicano (Comisión Nacional del Agua, 2022). En ese sentido, el hecho de que el componente de “recurso” adquiera un peso nulo

en el presente IPH, no implica que dicho componente no tenga relevancia empírica para el estudio de la pobreza hídrica en México. Tal como señalan los datos de la CONAGUA (2022), el centro y el norte del país constituyen las zonas de mayor vulnerabilidad física hídrica y, por tanto, las de mayor prioridad a nivel nacional. Sin embargo, dados los indicadores y criterios metodológicos empleados por el presente estudio, son los componentes de “capacidad” y “acceso” los que han de tener mayor importancia en el cálculo del índice y, por tanto, los que han de tener mayor atención en la realidad.

En suma, el estudio encuentra dos hallazgos principales. En primer lugar, el estudio identifica que las características socioeconómicas de la población son aspectos fundamentales para entender la pobreza hídrica en México. En segundo lugar, la investigación encuentra que las zonas más vulnerables del país en términos de pobreza hídrica se encuentran al sureste del país, particularmente por su escasa capacidad económica para acceder a servicios hídricos sostenibles y resilientes. Al comparar dichos hallazgos con estudios nacionales antes mencionados, es posible identificar dos aspectos principales. Por un lado, a diferencia de estudios donde el componente de recurso ha sido el de mayor importancia para la construcción y cálculo del IPH, esta investigación encuentra que el componente de capacidad y de acceso son los de mayor importancia. Por otro lado, en términos de las puntuaciones del IPH, el estudio encuentra niveles similares de pobreza hídrica a lo largo del territorio, de tal forma que es abundante la cantidad de municipios con un nivel medio y alto de pobreza hídrica, mientras que la cantidad de municipios con un bajo nivel de pobreza hídrica es escasa.

No obstante, esto no implica que las características hidrológicas y ambientales de los municipios no influyan en los niveles de pobreza hídrica, sino que (1) el proceso metodológico para el cálculo del IPH y (2) la escasez de indicadores ambientales disponibles a nivel municipal, limitan la comprensión de la pobreza hídrica en México a los hallazgos anteriores. Por lo tanto, además de promover acciones concretas que aumenten la capacidad económica de la población, (principalmente al sureste del país) para acceder a los servicios hídricos, es indispensable mejorar la calidad y cantidad de indicadores hidrológicos y ambientales a nivel municipal para capturar con mayor precisión el panorama hídrico de los municipios de México.

## **VI. Implicaciones de política pública**

En términos de política pública, el presente estudio sugiere algunas recomendaciones que permitan (a) fortalecer metodológicamente el estudio y comprensión de la pobreza hídrica en México a escala local y (b) reducir empíricamente, los niveles de pobreza hídrica en los municipios más vulnerables de México.

### **Fortalecimiento del estudio y comprensión de la pobreza hídrica**

Tal como muestra el apartado de discusión, una de las limitaciones para el estudio de la pobreza hídrica a nivel local en México es la escasez de indicadores de calidad a nivel municipal que reflejen mayoritariamente la esencia de los componentes del IPH. De acuerdo con la CONAGUA (2015), para medir en su totalidad la eficiencia y desempeño de los servicios de agua, higiene y saneamiento, es necesario vigilar periódicamente la operación de los servicios hídricos, especialmente a nivel subnacional (CONAGUA, 2015). En ese sentido, la CONAGUA (2015) propone la creación, en cada una de las entidades federativas, de un Sistema Estatal de Información del Agua que, en coordinación con el gobierno federal y municipal, construyan y recopilen la información de cuatro categorías de indicadores de gestión: (1) “indicadores de la estructura del servicio”, (2) “indicadores de operación”, (3) “indicadores de calidad del servicio” e (4) “indicadores económico-financieros” (CONAGUA, 2015).

Si bien, el presente estudio reconoce la importancia de la propuesta anterior, es importante señalar dos cuestiones al respecto. En primer lugar, la propuesta no contempla el papel preponderante de los municipios como principales gestores y proveedores de los servicios de agua, higiene y saneamiento en México, a través de los organismos operadores de agua. En segundo lugar, la recomendación no considera la importancia de recopilar información hidrológica y ambiental a escala subnacional y/o local no solo para mejorar la eficiencia y el desempeño de los servicios hídricos sino también para comprender fenómenos más complejos como la pobreza hídrica.

En ese sentido, el presente estudio parte de la recomendación anterior para proponer lo siguiente:

- La creación de Sistemas Municipales de Información del Agua cuya principal función sea construir, recopilar y divulgar públicamente información sobre seis categorías de

indicadores: (1) indicadores de la estructura del servicio, (2) indicadores de operación del servicio, (3) indicadores de calidad del servicio, (4) indicadores económico-financieros, (5) indicadores sobre el estrés y la disponibilidad hídrica del territorio e (6) indicadores ambientales relativos al estado de los recursos hídricos.

A partir de dicha propuesta, será posible fortalecer las herramientas metodológicas tanto para la comprensión del desempeño de los servicios hídricos en los municipios, como para el estudio de fenómenos más complejos como la pobreza hídrica.

### **Reducción de pobreza hídrica en México**

Alrededor de 642 municipios del país presentan un nivel alto y muy alto de pobreza hídrica, derivado tanto de la escasez de recursos económicos como de la infraestructura pública para garantizar las necesidades hídricas del territorio. En ese sentido, uno de los principales programas que han emergido a nivel nacional por parte de CONAGUA en materia de agua, higiene y saneamiento, ha sido el “Programa de Agua Potable, Drenaje y Tratamiento”, mejor conocido como PROAGUA. El objetivo de PROAGUA consiste en financiar, a través de las entidades federativas, cuatro tipos de apoyos que permitan “incrementar y sostener las coberturas de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento” de localidades rurales y urbanas: (1) infraestructura de agua potable, alcantarillado y saneamiento, (2) desarrollo integral de los organismos operadores de agua, (3) desinfección del agua y (4) atención a fenómenos naturales perturbadores (Diario Oficial de la Federación, 2022)

Si bien, actualmente PROAGUA representa el principal mecanismo para lograr el acceso y la asequibilidad de los servicios hídricos, uno de los principales retos que enfrenta es la escasa supervisión de la distribución y ejercicio del financiamiento otorgado a las entidades federativas; de modo que se verifique que dicho financiamiento realmente esté focalizado en (1) acciones dirigidas al incremento de la cobertura de los servicios de agua y alcantarillado y (2) en aquellas localidades con mayor grado de vulnerabilidad hídrica. Al auditar el gasto federalizado de PROAGUA perteneciente a 12 entidades federativas, la Auditoría Superior de Fiscalización (ASF) reportó que, de 1,471.5 millones de pesos auditados, 83.1 millones presentaron “falta de documentación comprobatoria de las erogaciones” o bien “omisión o reintegro extemporáneo de recursos o interés a la cuenta del fondo, a la TESOFE o a las tesorerías estatales” (Auditoría Superior de la Federación, 2020: 23). Esto resulta sumamente

problemático pues revela que, tan solo en 2020, no hubo certeza o claridad en que aproximadamente 83.1 millones de pesos (de solo 12 entidades federativas) fueran ejercidos en aumentar la cobertura y calidad de los servicios de agua potable y alcantarillado en aquellas localidades de mayor prioridad.

En ese sentido, para contrarrestar la situación anterior, promover el acceso a los servicios hídricos y, por tanto, reducir los niveles de pobreza hídrica en México—particularmente en aquellas zonas con mayor vulnerabilidad de infraestructura hídrica—, el presente estudio propone las siguientes recomendaciones:

- Promover, por parte de la ASF, la continuidad de mecanismos de auditoría y control interno del ejercicio de recursos provenientes de PROAGUA en todas las entidades federativas.
- Promover, ya sea por parte de CONAGUA o de las propias entidades federativas, mecanismos de auditoría y control interno de la distribución geográfica de recursos provenientes de PROAGUA; para verificar que la asignación presupuestal esté realmente focalizada en aquellas zonas de atención prioritaria.

De tomar en cuenta las recomendaciones anteriores, los municipios cuya población tenga escasa capacidad económica para acceder a la infraestructura hídrica recibirán el financiamiento necesario para invertir en sus respectivos sistemas de agua potable y alcantarillado, aumentarán su nivel de cobertura de los servicios de agua, higiene y saneamiento y, por tanto, reducirán en conjunto la pobreza hídrica en México.

## **VII. Conclusión**

Durante la última década, la gestión y conservación del agua en México se han convertido en asuntos no solo de prioridad ambiental, sino también de equidad. El constante deterioro y agotamiento de los cuerpos de agua, acompañados de una reducción mínima en el nivel de pobreza de la población, han propiciado que el acceso y garantía del derecho humano al agua en contextos de escasez de agua constituyan un reto tanto de carácter social como gubernamental. En ese sentido, diversos estudios en la literatura muestran un gran interés por estudiar el vínculo entre la escasez de agua y la pobreza en México, siendo el enfoque conceptual y metodológico de la pobreza hídrica uno de los más relevantes. Así, con el propósito de entender el vínculo anterior, el presente estudio parte del enfoque de la pobreza hídrica y del método de análisis de componentes principales para indagar en qué medida los municipios de México enfrentan pobreza hídrica en la actualidad. El estudio encuentra que, en su mayoría, los municipios de México enfrentan un nivel medio de pobreza hídrica, siendo el sureste del país la zona más vulnerable del territorio dada (1) su escasa capacidad económica para asumir el costo de los servicios hídricos y (2) su limitado acceso a infraestructura hídrica en el hogar. De esta manera, el estudio plantea implicaciones de política pública que permitan (1) fortalecer el estudio y comprensión de la pobreza hídrica y (2) reducir los niveles de pobreza hídrica a lo largo del territorio mexicano; con énfasis en aquellas zonas de atención prioritaria. Por un lado, la investigación incita a promover y fortalecer las herramientas metodológicas—especialmente la creación de indicadores de calidad a nivel municipal—para el estudio de la pobreza hídrica en México a escala local. Por otro lado, es indispensable que los tres niveles de gobierno fortalezcan los mecanismos de auditoría y control interno a nivel local y subnacional sobre la asignación y ejercicio del presupuesto público en materia de agua, higiene y saneamiento; de modo que sean los municipios de mayor vulnerabilidad socioeconómica e hídrica quienes se vean principalmente beneficiados. Solo a partir de la coordinación intersectorial, será posible entender holísticamente y subsanar de forma contextual el vínculo entre la escasez de agua y la pobreza en México desde una perspectiva local.



## VIII. Referencias

- Alqatarneh, G., & Al-Zboon, K. K. (2022). Water Poverty Index: A Tool for Water Resources Management in Jordan. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(11), 461. <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05892-3>
- Amat, J. (2020). *PCA con Python*. <https://www.cienciadedatos.net/documentos/py19-pca-python.html>
- Auditaría Superior de la Federación. (2020). *Programa de Agua Potable, Drenaje y Tratamiento*. [https://www.asf.gob.mx/Trans/Informes/IR2020c/Documentos/Auditorias/MR-PROAGUA\\_a.pdf](https://www.asf.gob.mx/Trans/Informes/IR2020c/Documentos/Auditorias/MR-PROAGUA_a.pdf)
- Banco Mundial. (2019). *Recursos de agua dulce internos renovables per cápita (metros cúbicos)*. Data. <https://datos.bancomundial.org/indicador/ER.H2O.INTR.PC>
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2022). *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf>
- Cazares-Palacios, I. M., Valdés-García, K. P., Arce, A. de, Cazares-Palacios, I. M., Valdés-García, K. P., & Arce, A. de. (2021). Estrategias de las mujeres del noreste de México para la sostenibilidad de la vida frente a la escasez del agua. *Región y sociedad*, 33. <https://doi.org/10.22198/rys2021/33/1415>
- Cho, D. I., Ogwang, T., & Opio, C. (2010). Simplifying the Water Poverty Index. *Social Indicators Research*, 97(2), 257-267. <https://doi.org/10.1007/s11205-009-9501-2>
- Comisión Nacional del Agua. (2011a). *Atlas del agua en México 2011*. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/259341/\\_2011\\_\\_Atlas\\_del\\_Agua\\_en\\_M\\_xico\\_2011.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/259341/_2011__Atlas_del_Agua_en_M_xico_2011.pdf)
- Comisión Nacional del Agua. (2011b). *Estadísticas del agua en México, edición 2011*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/259373/\\_2011\\_EAM2011.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/259373/_2011_EAM2011.pdf)
- Comisión Nacional del Agua. (2022). *Estadísticas del Agua en México 2021*. [http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM\\_2021.pdf](http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2021.pdf)
- CONAGUA. (2015). *Guía de Políticas Públicas en el Ámbito Estatal en Materia de Agua Potable y Saneamiento*. <https://www.gob.mx/conagua/documentos/guia-de-politicas-publicas-en-el-ambito-estatal-en-materia-de-agua-potable-y-saneamiento>

- CONAGUA. (2021). *Monitor de sequía en México al 31 de diciembre de 2020*.  
<https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Climatolog%C3%ADa/Sequ%C3%ADa/Monitor%20de%20sequ%C3%ADa%20en%20M%C3%A9xico/Seguimiento%20de%20Sequ%C3%ADa/MSM20201231.pdf>
- CONAGUA. (2021). *Sistema Nacional de Información del Agua. SINA*.  
<http://sina.conagua.gob.mx/sina/index.php>
- CONEVAL. (2019). *Diez años de medición de pobreza multidimensional en México: Avances y desafíos en política social. Medición de la pobreza serie 2008-2018*.  
[https://www.coneval.org.mx/medicion/mp/documents/pobreza\\_18/pobreza\\_2018\\_coneval.pdf](https://www.coneval.org.mx/medicion/mp/documents/pobreza_18/pobreza_2018_coneval.pdf)
- CONEVAL. (2022). *Medición multidimensional de la pobreza en México, 2016-2020*.  
[https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Documents/MMP\\_2018\\_2020/Pobreza\\_multidimensional\\_2016\\_2020\\_CONEVAL.pdf](https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Documents/MMP_2018_2020/Pobreza_multidimensional_2016_2020_CONEVAL.pdf)
- CONEVAL. (2020). *Pobreza a nivel municipio 2010-2020*.  
<https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/Pobreza-municipio-2010-2020.aspx>
- Diario Oficial de la Federación. (2022). *Reglas de Operación del Programa de Agua Potable, Drenaje y Tratamiento (PROAGUA), a cargo de la Comisión Nacional del Agua, aplicables a partir de 2023*.  
[https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5676166&fecha=30/12/2022#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5676166&fecha=30/12/2022#gsc.tab=0)
- El-Gafy, I. K. E.-D. (2018). The water poverty index as an assistant tool for drawing strategies of the Egyptian water sector. *Ain Shams Engineering Journal*, 9(2), 173-186.  
<https://doi.org/10.1016/j.asej.2015.09.008>
- Goel, I., Sharma, S., & Kashiramka, S. (2020). The Water Poverty Index: An application in the Indian context. *Natural Resources Forum*, 44(3), 195-218.  
<https://doi.org/10.1111/1477-8947.12192>
- Guevara S., A., & Lara P., J. A. (2015). Agua, pobreza y uso del tiempo en México: Análisis cuantitativo como sustento del diseño de una política pública de doble dividendo. *Nova scientia*, 7(15), 462-481.
- INEGI. (2021a). *Censo de Población y Vivienda 2020*.  
[https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Datos\\_abiertos](https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Datos_abiertos)

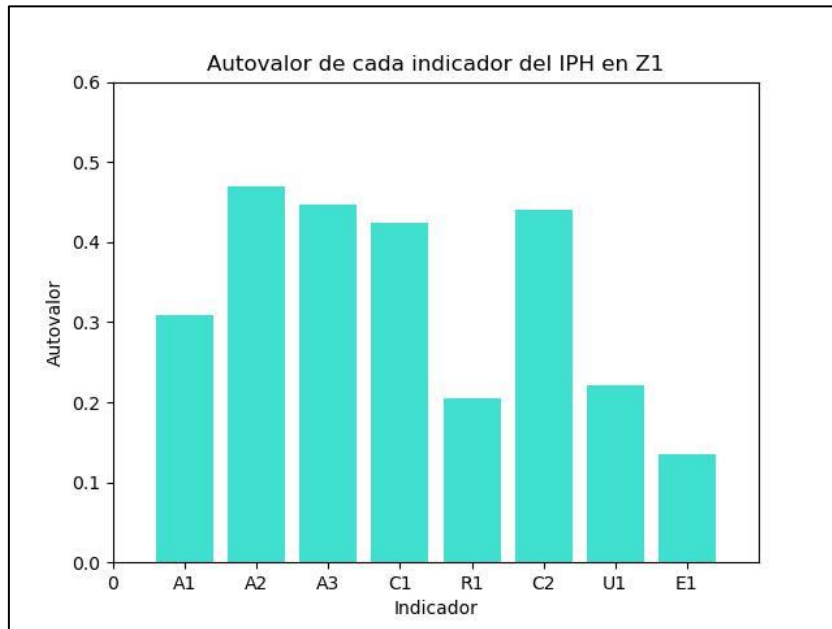
- INEGI. (2021b). *Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México 2021*. [https://www.inegi.org.mx/programas/cngmd/2021/#Datos\\_abiertos](https://www.inegi.org.mx/programas/cngmd/2021/#Datos_abiertos)
- Jemmali, H., & Abu-Ghunmi, L. (2016). Multidimensional analysis of the water-poverty nexus using a modified Water Poverty Index: A case study from Jordan. *Water Policy*, 18(4), 826-843. <https://doi.org/10.2166/wp.2016.147>
- Lawrence, P., Meigh, J., & Sullivan, C. (2002). The Water Poverty Index: An International Comparison. *Keele Economics Research Papers*, 19.
- López Álvarez, B., Ramos Leal, J. A., Santacruz, G., Morán Ramírez, J., Carranco Lozada, S. E., Noyola Medrano, M. C., & Pineda Martínez, L. F. (2013). Cálculo del índice de pobreza del agua en zonas semiáridas: Caso Valle de San Luis Potosí, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 29(4), 249-260.
- Olivas, M. J., Camberos, M., Olivas, M. J., & Camberos, M. (2021). El índice de pobreza hídrica para México: Una comparación con países de la OECD. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 15(29), 54-62. <https://doi.org/10.31908/19098367.1848>
- Olivas-Palma, M. J., & Camberos-Castro, M. (2021). Pobreza hídrica en 78 municipios del Noroeste de México: Una reflexión a partir del Índice de Pobreza Hídrica y la Pobreza Multidimensional, 2015. *Revista IDeAS*, 15(1), Article 1.
- Panthi, J., Khatiwada, K. R., Shrestha, M. L., & Dahal, P. (2019). Water poverty in the context of climate change: A case study from Karnali river basin in Nepal Himalaya. *International Journal of River Basin Management*, 17(2), 243-250. <https://doi.org/10.1080/15715124.2018.1531421>
- Santa María Torres, D. J., López Álvarez, B., Santa María Torres, D. J., & López Álvarez, B. (2020). Cálculo del índice de pobreza del agua en la Zona Media de San Luis Potosí. *Revista de El Colegio de San Luis*, 10(21). <https://doi.org/10.21696/rcsl102120201176>
- Sen, A. (1999). Poverty as Capability deprivation. En *Development as freedom* (Vol. 6, pp. 87-110).
- Senna, L. D. de, Maia, A. G., & Medeiros, J. D. F. de. (2019). The use of principal component analysis for the construction of the Water Poverty Index. *RBRH*, 24, e19. <https://doi.org/10.1590/2318-0331.241920180084>

- Stewart, A., Seepersad, C., Hosein, A., Tripathi, V., Mohammed, A., Agard, J., Cashman, A., Chadee, D., & Ramsabhag, A. (2021). Water Poverty Indices of three rural communities in the southern Caribbean. *Water Supply*, 22(3), 3158-3177. <https://doi.org/10.2166/ws.2021.409>
- Sullivan, C. (2002). Calculating a Water Poverty Index. *World Development*, 30(7), 1195-1210. [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(02\)00035-9](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(02)00035-9)
- Sullivan, C. a., Meigh, J. r., & Giacomello, A. m. (2003). The Water Poverty Index: Development and application at the community scale. *Natural Resources Forum*, 27(3), 189-199. <https://doi.org/10.1111/1477-8947.00054>
- Wurtz, M., Angeliaume, A., Herrera, M. T. A., Blot, F., Paegelow, M., & Reyes, V. M. (2018). A spatial application of the water poverty index (WPI) in the State of Chihuahua, Mexico. *Water Policy*, 21(1), 147-161. <https://doi.org/10.2166/wp.2018.152>

## IX. Anexos

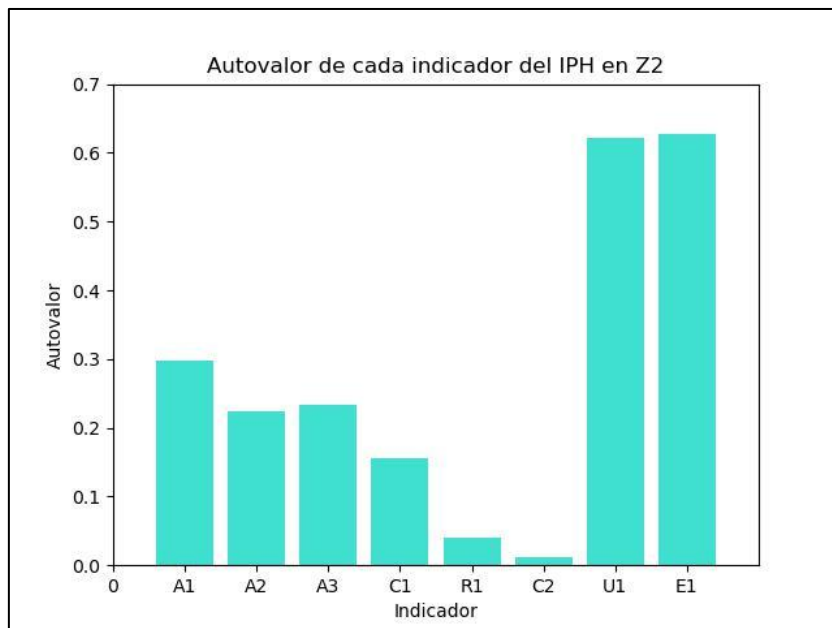
### Anexo I: Autovalores de los indicadores del IPH en cada componente principal

Figura 6. Autovalor de cada indicador del IPH en Z1



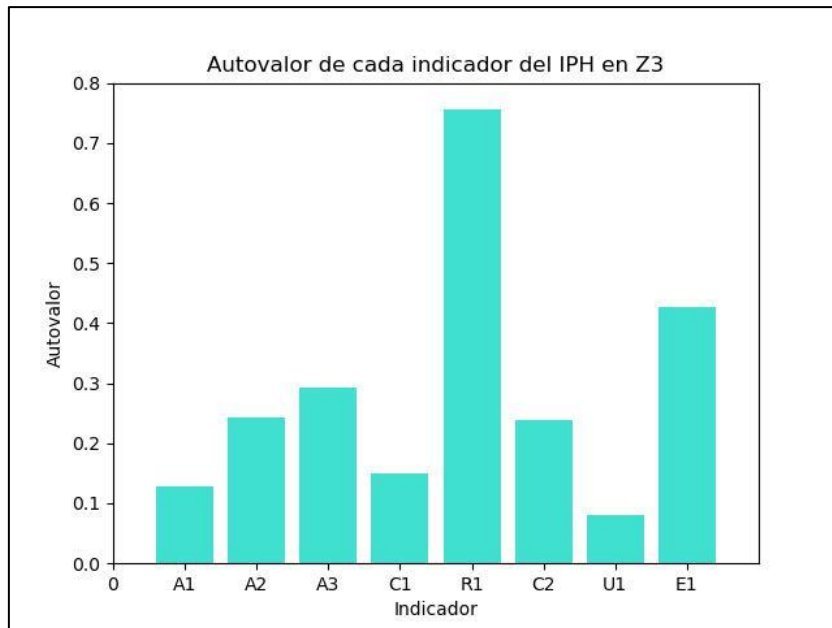
Fuente: Elaboración de la autora.

Figura 7. Autovalor de cada indicador del IPH en Z2



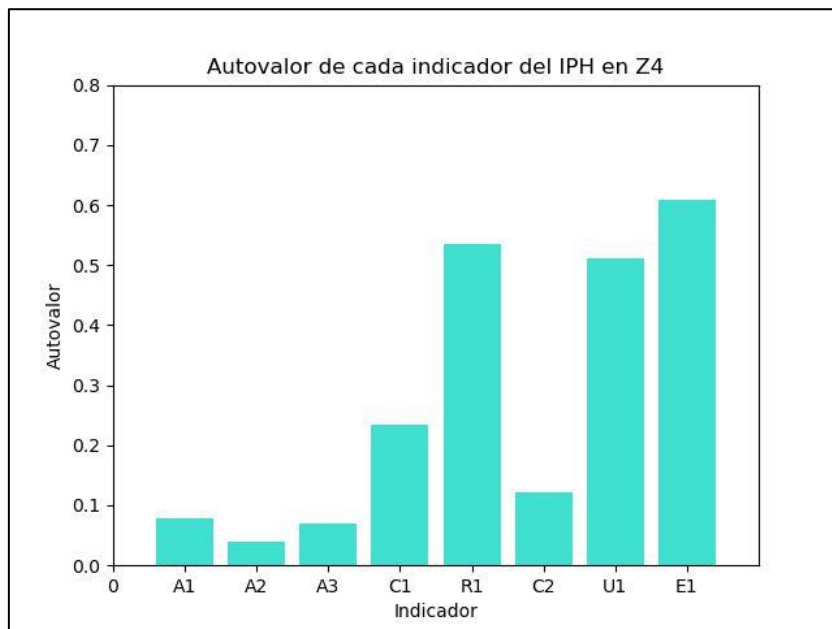
Fuente: Elaboración de la autora.

**Figura 8. Autovalor de cada indicador del IPH en Z3**



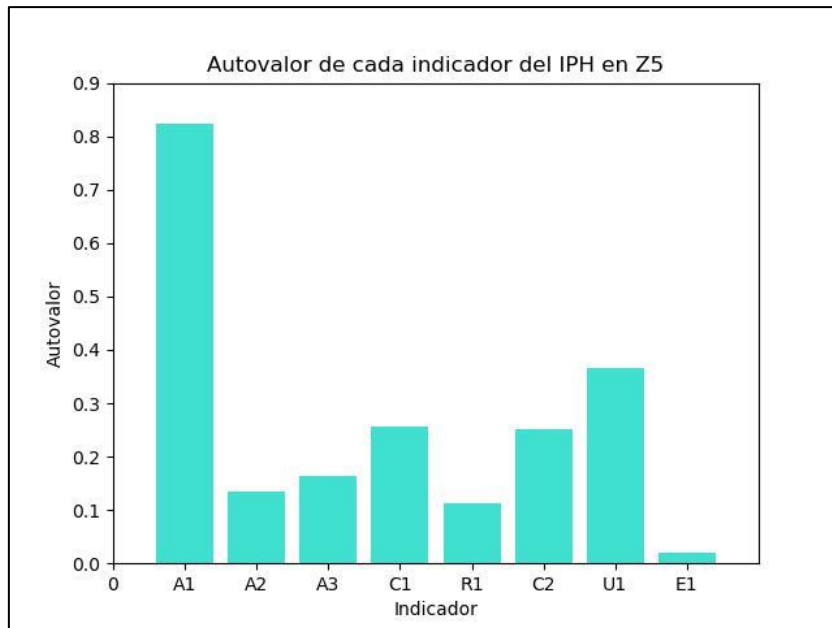
Fuente: Elaboración de la autora.

**Figura 9. Autovalor de cada indicador del IPH en Z4**



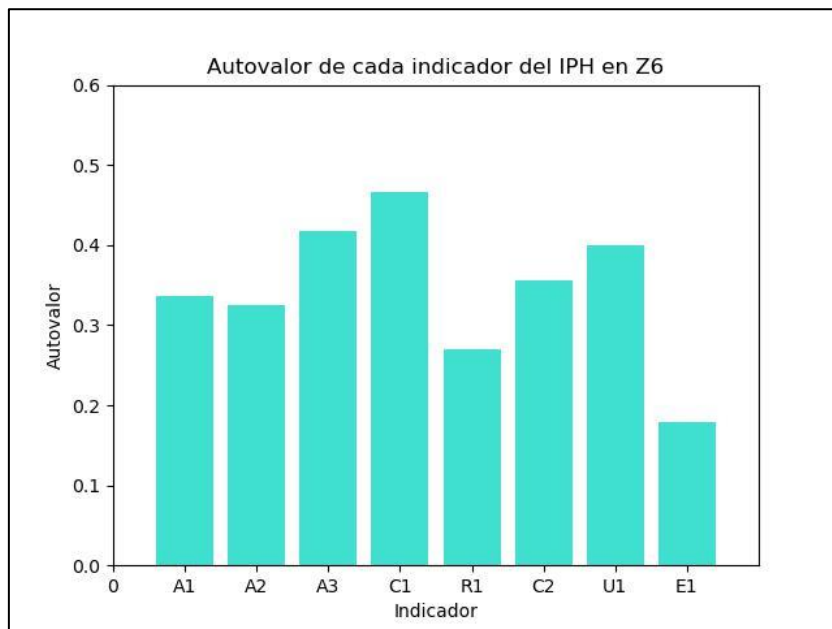
Fuente: Elaboración de la autora.

**Figura 10. Autovalor de cada indicador del IPH en Z5**



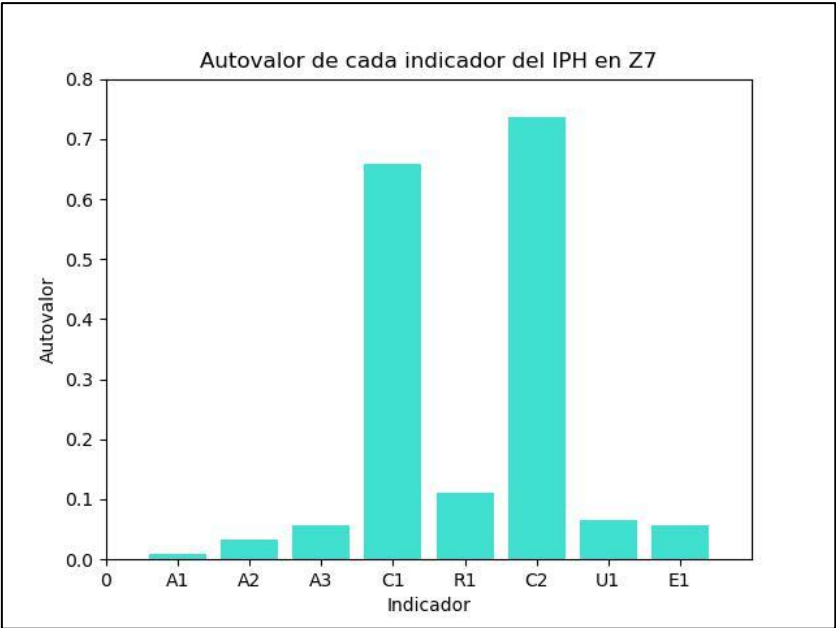
Fuente: Elaboración de la autora.

**Figura 11. Autovalor de cada indicador del IPH en Z6**



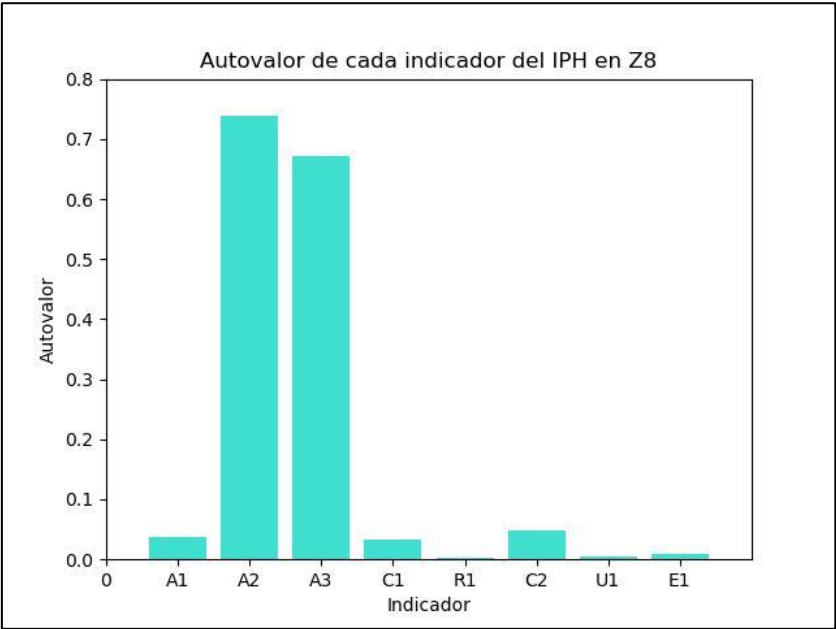
Fuente: Elaboración de la autora.

**Figura 12. Autovalor de cada indicador del IPH en Z7**



Fuente: Elaboración de la autora.

**Figura 13. Autovalor de cada indicador del IPH en Z8**



Fuente: Elaboración de la autora.



## Anexo II: Asignación de pesos sin componente de “uso” del IPH

**Tabla 11. Pesos iniciales sin componente de “uso”**

<b>Pesos Finales</b>						
<b>R1</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>E1</b>
33.62	32.29	33.17	33.88	34.76	34.76	28.30

Fuente: Elaboración de la autora.

**Tabla 12. Pesos iniciales normalizados sin componente de “uso”**

<b>Pesos finales normalizados</b>						
<b>R1</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>E1</b>
82.35	61.76	75.38	86.37	1	1	0

Fuente: Elaboración de la autora.

**Tabla 13. Pesos finales por componentes del IPH sin componente de “uso”**

<b>Pesos por componentes del IPH</b>			
<b>R</b>	<b>A</b>	<b>C</b>	<b>E</b>
82.35	74.50	1	0

Fuente: Elaboración de la autora.

### Anexo III: Asignación de pesos sin componente de “ambiente” del IPH

**Tabla 14. Pesos iniciales sin componente de “ambiente”**

<b>Pesos finales</b>						
<b>R1</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>U1</b>
31.56	32.57	33.39	34.19	35.25	34.05	33.60

Fuente: Elaboración de la autora.

**Tabla 15. Pesos iniciales normalizados sin componente de “ambiente”**

<b>Pesos finales normalizados</b>						
<b>R1</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>U1</b>
0	27.37	49.59	71.27	1	67.47	55.28

Fuente: Elaboración de la autora.

**Tabla 16. Pesos finales por componentes del IPH sin componente de “ambiente”**

<b>Pesos por componentes del IPH</b>			
<b>R</b>	<b>A</b>	<b>C</b>	<b>U</b>
0	49.412	83.73	55.28

Fuente: Elaboración de la autora.

**Anexo IV: Fuentes de bases de datos para la construcción del IPH**

**Tabla 17. Fuentes de datos empleadas para la construcción de los componentes del IPH**

<b>Compon ente</b>	<b>Codifica ción</b>	<b>Fuente de datos</b>	<b>Hipervínculo</b>
<b>R</b>	<b>R1</b>	Sistema Nacional de Información del Agua (SINA)	<a href="https://sina.conagua.gob.mx/sina/">https://sina.conagua.gob.mx/sina/</a>
<b>A</b>	<b>A1</b>	Censo de Población y Vivienda 2020 perteneciente al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)	<a href="https://www.inegi.org.mx/programas/cpv/2020/#Datos_abiertos">https://www.inegi.org.mx/programas/cpv/2020/#Datos_abiertos</a>
<b>A</b>	<b>A2</b>	Censo de Población y Vivienda 2020 perteneciente al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)	<a href="https://www.inegi.org.mx/programas/cpv/2020/#Datos_abiertos">https://www.inegi.org.mx/programas/cpv/2020/#Datos_abiertos</a>
<b>A</b>	<b>A3</b>	Censo de Población y Vivienda 2020 perteneciente al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)	<a href="https://www.inegi.org.mx/programas/cpv/2020/#Datos_abiertos">https://www.inegi.org.mx/programas/cpv/2020/#Datos_abiertos</a>
<b>C</b>	<b>C1</b>	Censo de Población y Vivienda 2020 perteneciente al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)	<a href="https://www.inegi.org.mx/programas/cpv/2020/#Datos_abiertos">https://www.inegi.org.mx/programas/cpv/2020/#Datos_abiertos</a>
<b>C</b>	<b>C2</b>	Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL)	<a href="https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/Pobreza-municipio-2010-2020.aspx">https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/Pobreza-municipio-2010-2020.aspx</a>

<b>U</b>	<b>U1</b>	Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México 2021	<a href="https://www.inegi.org.mx/programas/cngmd/2021/#Datos_abiertos">https://www.inegi.org.mx/programas/cngmd/2021/#Datos_abiertos</a>
<b>E</b>	<b>E1</b>	Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México 2021	<a href="https://www.inegi.org.mx/programas/cngmd/2021/#Datos_abiertos">https://www.inegi.org.mx/programas/cngmd/2021/#Datos_abiertos</a>

Fuente: Elaboración de la autora.