

## Percepción social de la salinización del agua para uso doméstico en Puerto Madero, Chiapas, México

Iris Barrios Ramos<sup>a</sup>, Alejandro Espinoza Tenorio<sup>a</sup>, M. Azahara Mesa Jurado<sup>b</sup>, Cristian Tovilla Hernández<sup>c</sup>, Manuel Mendoza Carranza<sup>b</sup>

---

**RESUMEN:** La salinización del agua potable en la zona costera representa una creciente preocupación de la seguridad hídrica. Nuestro objetivo fue explorar, a través de entrevistas semiestructuradas, la percepción de la salinización del agua para uso doméstico en Puerto Madero, México, una comunidad fronteriza con altos niveles de migración, y contrastarla con datos cuantitativos de salinidad. La población de esta localidad costera depende sustancialmente de pozos artesanales sin monitoreo gubernamental. Aunque no se encontraron pozos que puedan catalogarse como salinos, los resultados evidencian que los pozos artesanos que presentan valores extremos de concentración de sólidos disueltos tienen incidencia en la salud humana.

---

### Social perception of the salinization of water for domestic use in Puerto Madero, Chiapas, México

---

**ABSTRACT:** The salinization of drinking water in the coastal zone is a growing concern for water security. Our objective was to know the perception of water salinization for domestic use through semi-structured interviews in Puerto Madero, Mexico, a border community with high levels of migration, and then to contrast it with quantitative salinity data. The population of this coastal locality depends substantially on artisan wells without government monitoring. Although no wells were classified as saline, results show that artisan wells that present extreme values of dissolved-solid concentration have impact in human health conditions.

---

**PALABRAS CLAVE / KEY WORDS:** Agua subterránea, cambio climático, percepción ambiental, sobreexplotación hídrica, zona costera/ underground water, climate change, environmental perception, water overexploitation, coastal area.

---

**Clasificación JEL/ JEL classification:** Q25, L95, Q57.

---

**DOI:** <https://doi.org/10.7201/earn.2021.01.01>.

---

<sup>a</sup> El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Campeche. México. Email: [aespinoza@ecosur.mx](mailto:aespinoza@ecosur.mx), [irisbarrios\\_ramos@hotmail.com](mailto:irisbarrios_ramos@hotmail.com).

<sup>b</sup> El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Villahermosa. México. E-mail: [mmesa@ecosur.mx](mailto:mmesa@ecosur.mx), [mcarranza@ecosur.mx](mailto:mcarranza@ecosur.mx).

<sup>c</sup> El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Tapachula. México. E-mail: [ctovilla@ecosur.mx](mailto:ctovilla@ecosur.mx).

*Agradecimientos:* Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada para estudios de posgrado, al Laboratorio Transdisciplinario para la Sustentabilidad (LATSU) de ECOSUR por el espacio de colaboración y discusión facilitado, a la Lic. C. Robledo por el apoyo en la formulación de la entrevista, al Mtro. F.J. Valle Mora por las recomendaciones en el análisis estadístico, a G.M. Williams Jara por la elaboración del mapa de localización del área de estudio, y a M. Hernández por la revisión de estilo.

*Citar como:* Barrios-Ramos, I., Espinoza-Tenorio, A., Mesa-Jurado, M.A., Tovilla-Hernández, C. & Mendoza-Carranza, M. (2021). "Percepción ambiental sobre la calidad de agua y su salinización en Puerto Madero, Chiapas, México". *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 21(1). 7-34; <https://doi.org/10.7201/earn.2021.01.01>.

*Dirigir correspondencia a:* Alejandro Espinoza Tenorio.

Recibido en junio de 2020. Aceptado en febrero de 2021.

## 1. Introducción

La apremiante necesidad de salvaguardar los recursos hídricos ha estado en la agenda global desde la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano celebrada en Estocolmo (1972). No obstante, es hasta la década de los noventa, tras el énfasis puesto en los Principios de Dublín (ICWE, 1992) sobre la importancia vital del agua para el ser humano y el medio ambiente, que el compromiso por la conservación de los recursos hídricos alcanza un mayor protagonismo en conferencias, cumbres y planes de acción de las Naciones Unidas. En los Objetivos de Desarrollo del Milenio de la Agenda 2015, presentados durante la Cumbre del Milenio (2000), se estableció el compromiso de reducir a la mitad el porcentaje de personas que carecen de acceso a fuentes de agua segura y saneamiento básico a través del objetivo 7 “Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente” (UN, 2015). Tres décadas después de la cumbre de Estocolmo, se reconoce el Derecho Humano al Agua con la Observación General N° 15 (2002), entendiéndose que el acceso al agua limpia y saneamiento básico son claves para el cumplimiento de los derechos humanos (CDESC, 2002). Este consenso general sobre la importancia del agua se incorporó en el acuerdo global post-2015, materializado en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, donde se le dedica en exclusiva uno de los Objetivos Globales enunciando que se debe “garantizar la disponibilidad de agua y la gestión sostenible y el saneamiento para todos” (objetivo 6; UN, 2015).

Las metas de estos esfuerzos en pro de la seguridad hídrica y el saneamiento tienen que encontrar los mecanismos para revertir que, en las últimas dos décadas, el 71 % de la población mundial (4.3 billones de personas) viva en condiciones de moderada a severa escasez de agua durante al menos un mes al año (Mekonnen & Hoekstra, 2016). La situación se vuelve aún más alarmante teniendo en cuenta que para el año 2050 se proyecta un aumento del 55 % de la demanda global de agua dulce con respecto al año 2000, debido principalmente al crecimiento demográfico, la urbanización, procesos macroeconómicos regidos por la globalización, y los cambios en la dieta (WWAP, 2015). En este contexto, el agua subterránea juega un papel fundamental en la provisión de agua para uso doméstico y producción de alimentos, lo cual convierte a los acuíferos en los reservorios de agua dulce disponible más importantes a nivel global (PHI-UNESCO, 2015).

Los acuíferos costeros representan la principal fuente de abastecimiento para la creciente población en las regiones litorales (Ferguson & Gleeson, 2012). Las costas brindan a sus pobladores la oportunidad de desarrollar actividades productivas particularmente lucrativas (e.g., pesca, acuicultura y turismo), así como estratégicas (transporte y comercio marítimo). Se estima que el 38%, de la población mundial se encuentra asentada en una franja situada a 20 m de altitud y 20 km de distancia de la línea de costa (Small & Nicholls, 2003), siendo mayor la densidad de la población costera que la que habita tierra adentro (Neumann *et al.*, 2015). Esta mayor concentración poblacional genera más presión sobre los recursos costeros y ocasiona drásticos impactos como la sobreexplotación, la contaminación y la salinización de los acuíferos (Anderson & Al-Thani, 2016).

La sobreexplotación de los acuíferos es la principal causa de la salinización del agua (Castillo-Gurrola, 2003; Deng *et al.*, 2017), y esta problemática se exacerba con el cambio climático y su relación con el aumento del nivel del mar (Vineis *et al.*, 2011), los cambios en los caudales de los ríos (Ferguson & Gleeson, 2012), y los fuertes procesos de erosión de playas (Dwarakish *et al.*, 2009). La progresiva salinización de las fuentes de agua para consumo humano es reconocida como una creciente amenaza mundial que podría causar graves daños a la salud humana y a la biodiversidad, así como comprometer la provisión de servicios que proporcionan los ecosistemas costeros (Herbert *et al.*, 2015).

Aunque es evidente la importancia de los problemas asociados a la intrusión salina en los acuíferos costeros, poco se sabe de las implicaciones y la percepción de la sociedad respecto a la calidad del agua para uso y consumo humano. Las estrategias de adaptación de la población van a depender de cómo los individuos perciben (o no) el problema. En este sentido, conviene resaltar que un problema es socialmente irrelevante si no es percibido y asumido (Lezama, 2001). Por ello, explorar la percepción social de la salinidad del agua para uso doméstico en las comunidades costeras vulnerables en un contexto de riesgo de intrusión salina potencial o presente es un prerrequisito para diseñar políticas que permitan formular estrategias de adaptación efectivas y eficientes.

En México, el Anexo constitucional sobre el derecho humano al agua (2012) obliga al Estado a garantizar el recurso hídrico en forma accesible, suficiente, salubre, aceptable y asequible. No obstante, la situación en la zona costera es compleja. El Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2014) proyecta que las ciudades costeras turísticas tendrán un crecimiento poblacional del 1 % durante el periodo 2010-2030. Por su parte, Azuz-Adeth & Rivera-Arriaga (2007), prevén que para ese mismo periodo habrá un crecimiento de 3.5 millones de habitantes en los estados costeros, y que aproximadamente el 15 % será en Chiapas, estado costero del Pacífico mexicano que colinda con Guatemala. Aunado a la presión sobre los recursos hídricos que este crecimiento supone, ya se reportan evidencias de la tendencia creciente a la elevación del nivel del mar para la costa Pacífica Mexicana (16.08 mm/año), provocada principalmente por los fuertes procesos de erosión que han ocurrido en las últimas décadas (Zavala-Hidalgo *et al.*, 2008). En el año 2015 se identificaron 32 acuíferos con presencia de suelos salinos y agua salobre, además de 18 acuíferos costeros con intrusión marina debido a las características geológicas y de baja precipitación (CNA, 2016). En algunos puntos de la costa, la cuña salina ha avanzado hasta 8,5 km y la interfaz agua dulce-salada ahora se encuentra a 2 m de profundidad (Castillo-Gurrola, 2003).

El objetivo del presente estudio fue explorar la percepción social de la salinización del agua de uso doméstico en Puerto Madero, Chiapas, localidad que presenta fuertes procesos de erosión costera y elevación del nivel medio del mar (Barrios, 2013; Castro-Castro *et al.*, 2016). Se utilizaron entrevistas semiestructuradas para identificar la percepción ambiental de los habitantes, además de recopilarse información para describir a la comunidad y su contexto. Con el propósito de comparar las percepciones ambientales de los pobladores con datos cuantitativos de salinidad, se

complementó el esquema metodológico con un monitoreo rápido de variables físico-químicas. Los resultados del trabajo proveen información necesaria para entender los procesos sociales que actúan sobre la calidad de agua en comunidades costeras, con la cual se pueden diseñar, priorizar e implementar soluciones socialmente inclusivas para la atención de las problemáticas (Benneyworth *et al.*, 2016).

### ***1.1. Percepción sobre la calidad de agua***

La percepción es la capacidad humana de recibir estímulos del exterior. Aunque se da desde un nivel inconsciente, termina siendo reconocida debido a que el ser humano percibe ciertos acontecimientos a través de sensaciones sociales y físicas del ambiente, además de las distintas experiencias adquiridas. De igual manera, el individuo y la sociedad conforman percepciones particulares derivadas principalmente de una serie de procesos que se mantienen en interacción, así como de demarcaciones sociales como la clase, identidad, etnicidad y género (Ruiz-Meza, 2014). La memoria y la simbolización también juegan un papel muy importante al momento de crear la percepción (Vargas-Melgarejo, 1994).

El estudio de percepciones ambientales permite identificar vínculos humano-naturaleza, los cuales incluyen actividades de conservación y concientización, pero también admite involucrar a las personas en los procesos de gestión que buscan mejorar la calidad de vida al identificar lo que necesita ser cambiado y las acciones para favorecerlo (Tarannum *et al.*, 2018). Conocer la percepción sobre los problemas ambientales que afectan a las personas que habitan comunidades rurales contribuye a “tener datos acerca de las distintas perspectivas, visiones y respuestas de los diversos grupos sociales, todas ellas relevantes para aminorar su vulnerabilidad social” (Ruiz-Meza, 2014; pág. 80).

Se ha encontrado que los usuarios de agua de pozo tienen una mayor percepción de agua salada con respecto a los usuarios de la red pública de suministro; sin embargo, también existen diferencias en las características percibidas con respecto al tipo de pozo y, de acuerdo con la estación del año, los usuarios tienen una calidad “promedio del agua que utilizan” aun cuando el análisis físicoquímico caracteriza el agua como salobre o altamente salobre (Alameddine *et al.*, 2017; pág. 576).

Factores como el nivel educativo y el acceso a la información influyen en la conciencia de las personas, lo que favorece que estas identifiquen la sobreexplotación del agua subterránea como un problema ambiental grave y tangible (Kuo *et al.*, 2013). Estas diferencias entre grupos sociales explican por qué en otros sitios los habitantes no perciben la salinización del agua y el sabor aun cuando la totalidad de las muestras de agua realizadas rebasan los límites permisibles (Benneyworth *et al.*, 2016). El género también influye, pues se ha encontrado que la implementación de medidas preventivas ante la mala calidad de agua depende de si el hogar está representado por una mujer (Bukanya, 2008), ya que generalmente son las mujeres las responsables de las tareas domésticas y las primeras en percibir el problema. En cuanto a la percepción ante el fenómeno de salinización, Alameddine *et al.* (2017) encontraron que los parámetros organolépticos (color, olor y sabor) son menos importantes para los habi-

tantes cuando perciben salinidad en el agua que utilizan. Además, las características del agua son especialmente percibidas en la época de verano y no difieren por fuente de abastecimiento (grifo y agua de pozo). Ellos mismos encontraron que la educación no influye en la determinación para evitar consumir agua salada, pero sí en la actividad productiva.

## **1.2. Una localidad rural costera: Puerto Madero, Chiapas**

El caso de estudio está situado en el estado de Chiapas, perteneciente a la Región Hidrológica Administrativa XI de la Comisión Nacional del Agua (CNA). Esta región tiene la mayor abundancia de agua dulce continental en el país, además de que sostiene gran parte del sistema hidroeléctrico nacional gracias a cuatro grandes presas (Peñitas, La Angostura, Malpaso y Chicoasen) que, en conjunto, proveen el 40 % de energía eléctrica al país (4.828 MW; 10.441 GW/h). Sin embargo, en la costa, el escenario hídrico se ha complicado en los últimos años a causa de un inadecuado manejo de las cuencas. En un intento de mitigar los impactos de la deforestación y la erosión en la cuenca, se ha intentado controlar las avenidas temporales de agua mediante la rectificación del curso de los ríos con el propósito de evitar inundaciones cuenca abajo, sin embargo, esto ha modificado la ecología y funcionalidad de los mismos, poniendo en riesgo la disponibilidad de agua para uso doméstico (Rodiles-Hernández *et al.*, 2013).

La costa chiapaneca tiene una longitud total aproximada de 212,8 km y el clima predominante es cálido húmedo (27 °C) con abundantes lluvias (mayo-octubre) y una marcada temporada de estiaje (noviembre-abril). Sobre esta línea de costa se encuentra Puerto Madero, localidad que pertenece al municipio de Tapachula. El puerto fue oficialmente construido en 1978 con fines de exportación debido a la alta producción de frutas tropicales (Castillo-de-la-Peña, 2008), actualmente también es un puerto pesquero y turístico. Según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2010a), en el año 2010 se registraba una población aproximada de 10,000 habitantes. La población de la localidad presenta un grado de marginación alto (CONAPO, 2010). Cerca del 15 % de la población es analfabeta y el 10 % de los habitantes entre 6 y 14 años no asiste a la escuela. El 2 % de las viviendas particulares habitadas no cuenta con excusado y el 1 % carece de energía eléctrica. El grado de marginación local es alto y, de acuerdo con los datos publicados por INEGI (2010a), el 39 % de la población no es derechohabiente de servicios de salud. Las actividades productivas que se llevan a cabo son principalmente la pesca, el turismo y la agricultura, esta última en menor grado (INEGI, 2010a).

Puerto Madero presenta vegetación secundaria arbustiva de manglar y agricultura de temporal en menor escala, y se encuentra dentro de la Zona Sujeta a Conservación Ecológica (ZSCE) “El Cabildo Amatal”. Esta zona se encuentra conectada con el océano Pacífico a través del canal intercostero. La localidad se encuentra a 1 m sobre el nivel medio del mar y en los suelos predomina la fase salina, caracterizada por poseer sales solubles suficientes con el potencial de reducir la fertilidad del suelo (INEGI, 2010b). La línea de costa de Puerto Madero es de 3,1 km y presenta una tasa

promedio de erosión de  $-1,0$  m/año en tres de sus playas (Los Cocos, San Benito y Villa San José), Barrios (2013); esto pese a que la Secretaría de Comunicaciones y Transportes la ha protegido con infraestructura costera como espigones hechos con rocas y cubos de concreto. Aun así, la localidad padece daños ambientales (Foto 1) ocasionados por los fenómenos de mar de fondo, intensidad de huracanes, el aumento del nivel del mar, y económicos debido a los efectos en la salud humana y la disminución de la actividad pesquera (Castro-Castro *et al.*, 2016).

### FOTO 1

#### Imágenes de la erosión en el litoral de costa en Puerto Madero\*



\* 1) Carretera federal en playa “Las Escolleras”; 2 y 4) panteón; 3 y 5) restaurantes; 6) instalaciones eléctricas. Fotografías tomadas de: I.I. Barrios-Ramos (1, 3 y 5); V. Castro-Castro (2 y 4); M.E. Gutiérrez-Hernández (6). Fuente: Elaboración propia.

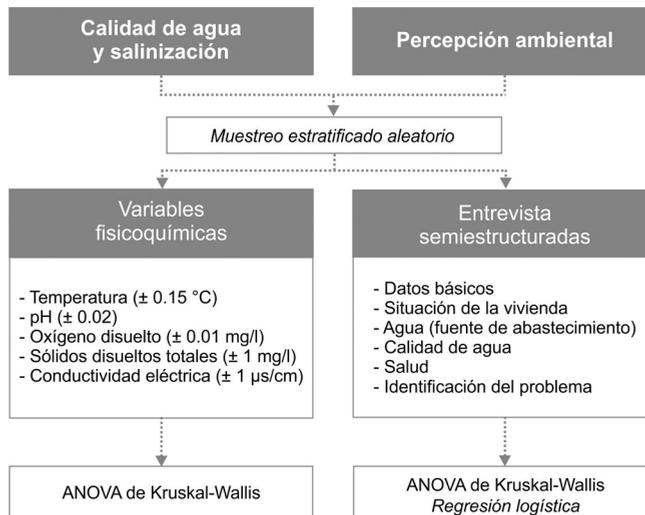
Solo el 29 % de la población se abastece principalmente de agua potable, la cual está a cargo del Comité de Agua Potable y Alcantarillado de Tapachula (COAPATAP) y es suministrada desde un pozo subterráneo que tiene aproximadamente 80 m de profundidad con un caudal de 36 l/s. La cloración del pozo es muy básica, consiste en la aplicación de 3 kg de cloro sólido al día previamente diluidos en agua (*com. pers.*). El pozo está situado a 1,5 km hacia adentro del continente, por lo que se considera que no debe presentar problemas de salinidad. Esta cloración no implica la potabilización del agua apta para consumo humano, es decir, para beber o preparar alimentos. El resto de la población obtiene el agua que utiliza a través de dos tipos de pozos privados: el pozo artesano y el pozo de puyón. El pozo artesano se alimenta de una fuente subterránea de agua; en la localidad generalmente son construidos con anillos de concreto y ladrillos. El pozo de puyón, en cambio, es construido mediante una perforación dentro de la que se introduce un tubo de policloruro de vinilo (PVC), el cual se conecta a una bomba eléctrica.

## 2. Métodos

Con el propósito de identificar el nivel de la salinidad del agua para uso doméstico de la localidad de Puerto Madero y explorar las percepciones de sus habitantes, el trabajo de campo se realizó en dos etapas (Gráfico 1): 1) medición rápida de salinidad y otras variables fisicoquímicas y 2) aplicación de entrevistas semiestructuradas para conocer la percepción de los usuarios.

GRÁFICO 1

### Esquema metodológico de estudio

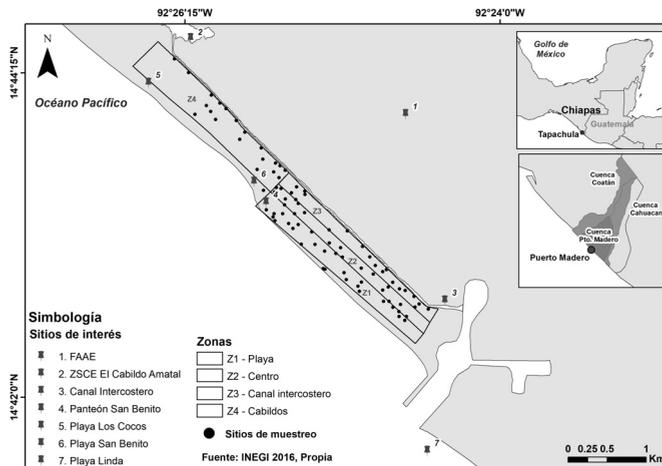


El criterio para determinar el número de entrevistas fue el punto de saturación teórica (Hernández-Carrera, 2014). Con esto se asegura que la información es confiable, repetible y con una probabilidad baja de encontrar nuevos datos. Además de este aspecto, el número de entrevistas y muestreos de agua dependió de factores como: contar con el permiso de los entrevistados para aceptar ser entrevistados y acceder a sus viviendas para muestrear en condiciones que garantizaran la seguridad de la persona que entrevistaba, así como la factibilidad para llevar a cabo todos los análisis del agua muestreada. Se utilizó un muestreo aleatorio estratificado por zona (Morales-Vallejo, 2012) alcanzando un tamaño de muestra de 84 viviendas (Mapa 1) de acuerdo con la siguiente zonificación:

- Zona de playa (Z1; 21 sitios). Limita con el océano y cuenta con aproximadamente 600 viviendas; está conformada en un 50 % por asentamientos humanos recientemente fundados (< 20 años).
- Zona centro (Z2; 23 sitios). Cuenta con aproximadamente 650 viviendas y es la zona más antigua de la localidad.
- Zona canal intercostero (Z3; 19 sitios). Limita con el canal intercostero, donde existen 550 viviendas. En su mayoría son terrenos federales invadidos.
- Zona cabildos (Z4; 21 sitios). Se ubica en la parte NW del Puerto, entre el canal intercostero y el océano, con 585 viviendas aproximadamente; es el área donde existen menos casas con servicio de agua potable.

MAPA 1

### Localización del área de estudio y sitios de muestreo\*



\* FAAP = Fuente de Abastecimiento de Agua Potable); ZSCE = Zona Sujeta a Conservación Ecológica.

Fuente: Elaboración propia.

## 2.1. Muestreo de salinidad

La salinidad del agua se puede medir a partir de la concentración total de sales presentes (Kemker, 2014) y se basa en tres variables principales: la concentración de sólidos totales disueltos (STD), la conductividad eléctrica (CE) y la concentración del ion cloruro (Cl). En el presente trabajo se registró *in situ* la temperatura (T), el potencial de hidrógeno (pH), el oxígeno disuelto (OD), la conductividad eléctrica (CE) y los sólidos disueltos totales (STD). Las lecturas fueron registradas por triplicado y guardadas en el medidor multiparamétrico HANNA HI 9828. La medición de las variables se realizó en temporada de sequía (marzo) del año 2018, con el propósito de registrar la salinización del agua durante la temporada más severa del estiaje.

La cuantificación de los sólidos disueltos totales es una medida proporcional a la salinidad (en agua “limpia”) y dicha variable se encuentra registrada en la lista de la NOM-127-SSA1-1994 Salud ambiental. Dicha normativa establece  $< 1000$  mg/l en aguas dulces mientras que la Organización Mundial de la Salud (OMS) (OMS, 2011) establece un límite no mayor a 600 mg/l. En este estudio se presentan los valores de sólidos disueltos totales para determinar la salinización del agua. Los resultados se compararon con lo que establece la CNA, que clasifica la situación del agua de acuerdo con los valores de sólidos disueltos totales:  $\leq 1000$  = dulce;  $1000 < 2000$  = ligeramente salobre;  $2000 < 10000$  = salobre; y  $> 10000$  = salina. El pH recomendable va de 6,5 a 8,0 según la OMS (OMS, 2011) y la NOM-127-SSA1-1994 recomienda de 6,5 a 8,5 unidades. Las variables fisicoquímicas (pH, STD) fueron estimadas a partir de la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994-Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano (DOF, 2000).

Para identificar si existen diferencias significativas entre la salinidad del agua en las zonas de estudio y las fuentes de abastecimiento se aplicó un análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis ( $\alpha = 0.05$ ), ya que los datos no presentaron ni normalidad, ni homogeneidad de varianza. Los datos fueron presentados en gráficos de *beanplot* con la finalidad de distinguir patrones o tendencias (Kampstra, 2008). Los cálculos y gráficos se realizaron con el programa R software V4.0.2 (R Core Team, 2017).

## 2.2. Entrevistas

El diseño de la entrevista se estructuró en seis grandes temas: 1) datos básicos del encuestado; 2) situación de la vivienda; 3) fuente de abastecimiento de agua; 4) calidad del agua; 5) características del agua y 6) salud y participación/identificación del problema por parte de las autoridades o alguna dependencia. Previamente se aplicó una prueba piloto a diez personas para disminuir riesgos de entendimiento e incluir formas de expresión comunes en la población. Con el propósito de no afectar las actividades cotidianas del entrevistado, se realizó una visita previa a la vivienda identificando a la persona con la responsabilidad principal sobre las tareas domésticas y se explicaron los objetivos de la investigación, si la persona aceptaba participar, se acordaba un día con fecha y hora para llevar a cabo la entrevista.

Las preguntas se realizaron en persona durante los meses de abril y mayo de 2018. La realización de cada entrevista tomó un tiempo promedio de 15 minutos. Antes de realizar la entrevista, se solicitó permiso para grabar y fotografiar; además de solicitar autorización personal mediante firma del consentimiento informado. Para poder medir si la percepción de las personas respecto a la calidad de agua seguía un patrón respecto a la salinidad de las diversas fuentes de agua, se agruparon los datos de salinidad entendidos como sólidos disueltos totales, en dos grupos de percepción (mala y buena calidad) y sus valores fueron comparados a través de un análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis ( $\alpha = 0,05$ ) y presentados en gráficos de *beanplot* (Kampstra, 2008).

Se aplicó un análisis de regresión logística para predecir una respuesta binaria dependiente de la calidad de agua fundamentada en las características locales socio-demográficas que podrían estar influyendo en el desarrollo de las percepciones de los entrevistados (Anderson *et al.*, 2007):  $\text{Log} [P/(1-P)] = \beta_0 + \beta_1 (\text{Fuente de agua}) + \beta_2 (\text{Color del agua}) + \beta_3 (\text{Edad}) + \beta_4 (\text{Escolaridad}) + \beta_5 (\text{Género}) + \beta_6 (\text{Número de habitantes}) + \beta_7 (\text{Olor del agua}) + \beta_8 (\text{Caract. raras}) + \beta_9 (\text{Sabor del agua}) + \beta_{10} (\text{Tipo de vivienda})$ . Donde:  $\beta_0$  es el intercepto y  $\beta_n$  los coeficientes de regresión de cada factor.

### 3. Resultados

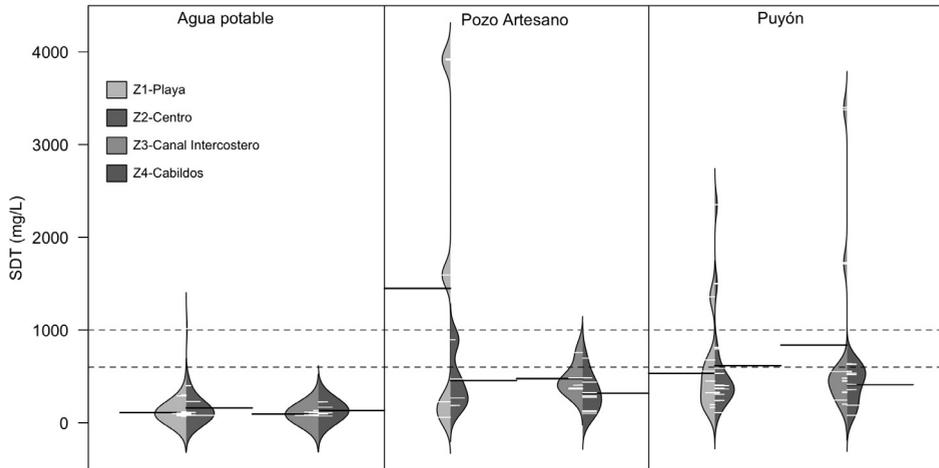
#### 3.1. Variables fisicoquímicas del agua

El promedio de SDT más alto se encontró en el agua de pozos artesanos de la zona de playa ( $1.448,83 \pm 1.614$  mg/l; Gráfico 2), donde también se encontraron los valores más altos de SDT (3.225 mg/l). Sin embargo, más del 60 % de los datos se encuentran con valores abajo de 1.593 mg/l. Este valor promedio fue el único que sobrepasó los valores límites de las normas (líneas horizontales punteadas). El segundo mayor promedio se encontró en el agua de pozo de puyón de la zona canal intercostero ( $837,43 \pm 960,07$  mg/l). El resto de los valores promedio no sobrepasaron los valores límites de las normas. En este estrato y tipo de agua también se encontró un valor extremo arriba de 300 mg/l.

Del total de fuentes muestreadas, 14 presentaron valores arriba de las normas de la OMS, 7 de ellas por arriba de 1000 mg/l, valor límite para la norma mexicana. De las fuentes de agua que sobrepasaron los 1000 mg/l de SDT, la mayoría (5) fueron pozos de puyón. De las muestras de agua que se encontraron entre los 600 y 1.000 mg/l de SDT, 4 fueron de pozos de puyón. Ninguna muestra proveniente de agua potable superó los valores de las normas.

GRÁFICO 2

**Sólidos disueltos totales por origen del agua en las zonas muestreadas.  
Las líneas punteadas horizontales corresponden a los valores límite  
de la NOM-127-SSA1-1994 y a la OMS\***



\* Las líneas negras horizontales son el promedio.

Fuente: Elaboración propia.

La prueba no paramétrica de ANOVA de Kruskal-Wallis encontró diferencias significativas entre los grupos ( $K-W = 166$ ; g.l. = 11;  $p < 0,01$ ). La prueba *pos hoc* indicó que los valores de SDT del agua proveniente de pozo artesanal de la zona de playa fueron los que tuvieron diferencias significativas con los otros grupos. Asimismo, los valores de STD del agua de puyón de las zonas centro y canal intercostero fueron significativamente diferentes a los valores de SDT del agua potable y de pozo artesano en las cuatro zonas.

Respecto a las demás variables fisicoquímicas (Cuadro 1), la temperatura y pH se comportaron de manera similar en todos los estratos y orígenes del agua, no existiendo diferencias significativas entre éstos. En el caso de la conductividad eléctrica, los valores más altos se observaron en el agua de pozo artesano de la zona de playa ( $3109 \pm 3462 \mu\text{s}/\text{cm}$ ). En general, los valores promedio más altos se encontraron en las zonas de playa y el canal intercostero, mientras que los valores más bajos se hallaron en la zona cabildos.

## CUADRO 1

## Promedio y desviación estándar de las variables fisicoquímicas analizadas

Zona	Origen	Temperatura (°C)	pH	Conductividad (µs/cm)	Oxígeno disuelto
Playa	Agua potable	28,97 ± 3,17	6,86 ± 0,32	239 ± 142	4,93 ± 1,01
	Pozo artesano	29,2 ± 0,45	6,64 ± 0,16	3109 ± 3462	3,65 ± 1,25
	Puyón	28,9 ± 0,86	6,93 ± 0,34	1141 ± 798	3,95 ± 2,06
	Promedio	28,99 ± 2,33	6,84 ± 0,32	1013 ± 1798	4,41 ± 1,53
Centro	Agua potable	29,69 ± 1,33	7,88 ± 4,87	291 ± 219	5,04 ± 1,36
	Pozo artesano	28,55 ± 1,00	6,79 ± 0,11	980 ± 633	3,27 ± 0,44
	Puyón	29,88 ± 1,79	7,02 ± 0,36	1335 ± 1271	4,27 ± 2,03
	Promedio	29,62 ± 1,59	7,31 ± 3,01	890 ± 1037	4,42 ± 1,74
Canal Intercostero	Agua potable	28,95 ± 1,29	6,89 ± 0,76	200 ± 38	4,06 ± 1,16
	Pozo artesano	29,58 ± 0,99	6,81 ± 0,58	1031 ± 311	4,34 ± 1,85
	Puyón	29,87 ± 1,74	7,18 ± 0,54	1840 ± 2098	2,60 ± 1,46
	Promedio	29,45 ± 1,49	6,99 ± 0,66	1022 ± 1513	3,53 ± 1,61
Cabildos	Agua potable	29,73 ± 1,01	6,79 ± 0,44	261 ± 112	4,07 ± 1,21
	Pozo artesano	29,52 ± 1,76	6,77 ± 0,26	692 ± 417	4,38 ± 1,28
	Puyón	30,67 ± 1,57	7,30 ± 0,47	916 ± 441	5,06 ± 1,21
	Promedio	30,04 ± 1,62	6,99 ± 0,47	696 ± 454	4,60 ± 1,29

Fuente: Elaboración propia.

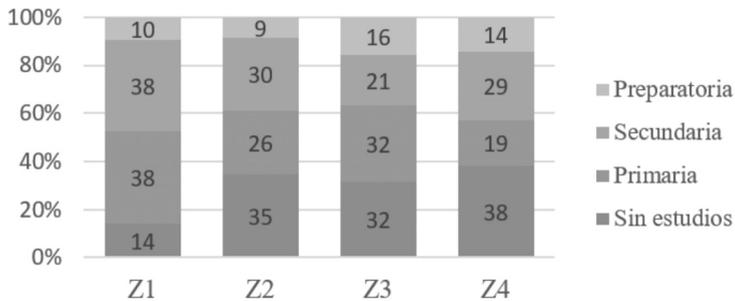
### 3.2. Perfil de la comunidad costera

La mayoría de los entrevistados son de nacionalidad mexicana (94 %), aunque también hay personas de origen guatemalteco (4 %) y hondureño (2 %). De los nacidos en México, el 42 % son originarios de Puerto Madero, el 54 % proviene principalmente de otros municipios costeros vecinos (48 %), aunque también del centro del estado (6 %). El porcentaje restante (4 %) proviene de otros estados como Oaxaca, Guerrero y Colima. Los entrevistados tienen un tiempo promedio de residencia en la localidad de 32 años.

El 59 % de la población cuenta con un nivel básico de estudios (primaria 29 %, secundaria 30 %), aunque el 30 % de la población no cuenta con ningún nivel educativo concluido (Gráfico 3). Solo el 11 % de los entrevistados cuenta con estudios de nivel medio superior. El nivel de escolaridad muestra que en la zona Playa existe un mayor número de personas con nivel de estudios básico (76 %), mientras que el mayor porcentaje de personas sin estudios se encontró en la zona cabildos (38 %). La zona con mayor número de personas que cuenta con estudios de nivel medio superior fue el canal intercostero (16 %).

GRÁFICO 3

**Nivel de escolaridad de los entrevistados según las zonas de Puerto Madero.**  
**Z1 = playa; Z2 = centro, Z3 = canal intercostero; Z4 = cabildos**



Fuente: Elaboración propia.

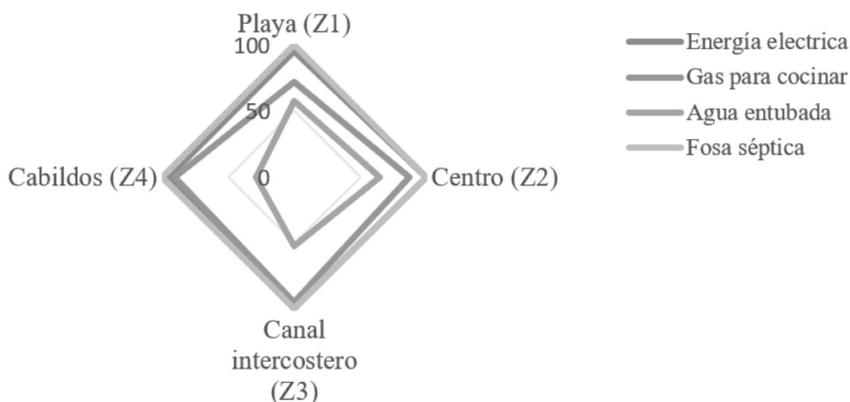
El 79 % de los entrevistados son mujeres y su edad promedio es de 44 años. El 19,7 % de las entrevistadas están casadas, 43,9 % en unión libre, 25,8 % solteras y un 10,6 % viudas. Las principales actividades a las que se dedican las mujeres son: comercio ambulante, ama de casa, lavandera de ropa ajena, cocinera y partera. En cuanto a los hombres entrevistados, la edad promedio fue de 56 años. El 50 % están casados, 33,3 % en unión libre, 11,1 % solteros y 5,6 % viudos. La mayoría se dedica principalmente a actividades como la pesca, la albañilería, la pintura, la producción de ladrillos y la agricultura.

Del total de las viviendas muestreadas, más de la mitad fueron construidas con ladrillos y techo de lámina (55 %). El resto son de madera con techo de palma (19 %), bloques de concreto (18 %) u otro material como láminas o cartón (4 %). El 92% de las viviendas tiene piso de concreto, el resto tiene piso de tierra. En lo que se refiere a la propiedad de la vivienda, el 71% cuenta con casa propia, mientras que el resto vive en casa de familiares (11 %), en calidad de préstamo (7 %) o pagan renta (10 %).

### 3.3. Servicios básicos: agua potable y su gestión

Se encontró que el 98 % de los entrevistados cuenta con energía eléctrica, el 86 % utiliza gas para cocinar y el 14 % utiliza leña. Ninguna de las viviendas cuenta con drenaje, por lo que utilizan fosa séptica. Las variaciones de la gráfica (Gráfico 4) muestran que los entrevistados en la zona centro tienen acceso a mejores servicios básicos que los entrevistados en la zona de playa. El canal intercostero y cabildos son las zonas con menor acceso al agua potable.

GRÁFICO 4  
Servicios básicos de las viviendas por zonas de estudio



Fuente: Elaboración propia.

El agua de pozos artesanales y de puyón se usa para actividades domésticas: aseo personal, limpieza en general, lavar ropa y trastes, regar plantas de interior y jardín, drenar el sanitario. El 8 % de los usuarios de pozos utilizan el agua para beber y cocinar (Cuadro 2). La mayoría de los pozos tienen menos de 15 años de construcción.

CUADRO 2  
Uso del agua, tiempo de construcción, profundidad y mantenimiento por fuente de abastecimiento

Variables	Pozos	Agua potable	Ambas
Fuente de abastecimiento	50 %	24 %	26 %
Beber y cocinar	8 %	37 %	45 %
Tiempo promedio de construcción (años)	15	22	20
	1-15	8 %	13 %
	16-30	6 %	6 %
	31-50	6 %	5 %
No recuerda	6 %	4 %	2 %
Rango de profundidad (m)	2,5-15	*	1,5-15
Realiza mantenimiento	35 %	*	15 %
Frecuencia de mantenimiento	1 mes-3 años	*	1 mes-3 años

\* No aplica.

Fuente: Elaboración propia.

Del total de los entrevistados, solo el 51 % cuenta con servicio de agua potable, y el 27 % de ellos también utiliza agua de pozo, ya sea artesano o de puyón. El 37 % del total de los usuarios de agua potable la utiliza para beber y cocinar.

El 26 % de los usuarios que tiene ambas fuentes de abastecimiento (agua potable y de pozo) no padece en ningún momento la falta del agua, sin embargo, cuando no se cuenta con agua potable, las personas que la utilizan para beber se ven en la necesidad de comprar agua de garrafón para beber y cocinar.

### **3.4. Gestión local del agua**

El 30 % de los usuarios de agua potable desconoce dónde denunciar las irregularidades sobre la calidad del agua en su localidad; solo una persona mencionó que posiblemente sea con el COAPATAP. El 45 % afirmó que diariamente cuenta con abastecimiento de agua potable, y que cuando no hay abastecimiento es principalmente por actividades de mantenimiento realizadas por COAPATAP, cuyo tiempo promedio llega a ser de 15 días.

Casi todos los usuarios de agua potable (98 %) afirman que ningún funcionario público o miembro de organización civil ha llegado a la comunidad a realizar algún estudio o análisis del agua. Una minoría (7 %) mencionó que personal de la Secretaría de Salud se ha acercado a llevarles bolsas de “abate” (polvo que sirve para erradicar los moscos) alguna vez.

Los usuarios del agua potable consideran que esta es “potable”, por lo que sienten la seguridad de utilizarla para beber y cocinar. Esto pese a que detectan que el agua potable presenta coloración amarilla y olor a óxido (una persona mencionó que ha sentido olor a “animal muerto”). También mencionaron que el agua llega con basura y tierra, e incluso que a veces sale con “sanguijuelas”.

El 23 % de los usuarios de agua potable desconoce el lugar de procedencia de esa agua, y solo una persona utiliza filtro. Del 51 % de los entrevistados que utilizan el agua para beber, el 18 % no hierva el agua antes de usarla, y mencionó desconocer cómo se deben realizar las acciones de limpieza o mantenimiento de los pozos. Cuando se preguntó si conocían algún programa o acción sobre cómo mantener el pozo limpio, el 25 % mencionó que desconoce cómo realizarlo, pero el 8 % dijo que el Centro de Salud recomienda que agreguen cloro comercial al agua y en alguna ocasión han hablado sobre el tema en pláticas del programa de inclusión social PROSPERA<sup>1</sup>. De manera general, el mantenimiento de los pozos consiste en desazolver y retirar basura acumulada, así como agregar directamente cloro comercial; algunos entrevistados declararon verter hasta dos litros cada seis meses.

---

<sup>1</sup> PROSPERA: El programa de Inclusión Social PROSPERA contribuye a fortalecer el cumplimiento efectivo de los derechos sociales de las personas en situación de pobreza, a través de acciones que amplíen sus capacidades y mejoren su acceso a otras dimensiones del bienestar. <https://datos.gob.mx/busca/organization/about/prospera>.

### 3.5. Percepción del agua

El 75 % de los entrevistados percibe que el agua es de buena calidad, aunque más de la mitad (54,8 %) distingue características raras en el agua. Esta tendencia se mantiene en el caso del agua proveniente de pozos artesanales, pues se encontró que el 72 % percibe que es buena y el 44 % encuentra características raras. Aunque la percepción de la calidad es ligeramente mayor (76,9 %), en los pozos de puyón el número de personas que perciben características raras aumenta (56,4 %). La presencia de características raras es aún mayor en el caso del agua potable (65 %).

Las características identificadas como raras son principalmente de tipo organoléptico (color, olor y sabor). En agua de pozos perciben coloración amarilla y café, “pesada” o con cierta dureza, sabor salobre y olor a drenaje (“huevo podrido”); consideran que el agua es “como si tuviera jabón”. De los usuarios de agua de pozo artesano, el 3 % ha observado esas características raras desde hace menos de cinco años, el 4 % desde que construyó el pozo y el 6 % siempre las ha percibido. Con respecto a los usuarios de pozo de puyón, el 10 % nota estas características raras desde hace menos de cinco años, el 7 % desde siempre, el 1 % hace más de 15 años; el 15 % no recuerda.

Del porcentaje total de usuarios de agua potable, el 6 % mencionó que siempre ha percibido dichas características, el 5 % hace menos de cinco años, el 4 % de manera ocasional y el 1 % las percibe solo cuando se realizan actividades de mantenimiento. Sobre las causas, estas suelen asociarse a “contaminación subterránea”, “drenajes o el aumento en la construcción de fosas sépticas”, “cercanía con el canal”, “cercanía al mar” y “lluvia”.

El 42 % de los entrevistados (19 % pozo de puyón, 11 % artesano y 12 % potable) observa coloración café o turbia en el agua. Los usuarios (4 % puyón, 2 % artesano, 6 % potable) afirman que dicha coloración aumenta conforme los años pasan, además de observarla durante distintos eventos y periodos del año: agua de pozo de puyón (lluvias 9 %, siempre 9 %, y hace menos de un año 1 %); pozo artesano (lluvias 7 %, siempre 2 %, ocasional 2 %) y agua potable (lluvia 3 %, siempre 5 %, estiaje, ocasionalmente, hace menos de un año, y por actividades de mantenimiento, 1 % en cada caso). El resto de los entrevistados (58 %) no observa ningún tipo de características en el agua.

Con respecto al olor, el 17 % de los usuarios afirma percibir un mal olor en el agua (9 % puyón, 5 % artesano, 3 % potable), de los cuales solo el 2 % de los usuarios de agua potable afirma que el olor aumenta conforme pasan los años. El olor es percibido por los usuarios de pozo de puyón en distintos eventos (lluvias 4 %, ocasionalmente 2 %, estiaje, siempre, y hace menos de un año, 1 % en cada caso), pozo artesano (siempre 3 %, lluvias y ocasionalmente 1 % en cada caso) y usuarios de agua potable (lluvias 3 %, siempre 2 %).

### 3.5.1. Salinidad

El sabor a sal es percibido por el 26 % de los usuarios (41 % pozo de puyón, 16 % artesano y 10 % potable), de los cuales solo el 6 % señala que aumenta conforme los años pasan. Los usuarios de pozo de puyón perciben un permanente sabor a sal (9 %), que es apreciado incluso en marea alta o pleamar (3 %). El 5 % de los usuarios de pozo artesano distinguen la salinidad desde siempre. El 1 % de los usuarios de agua potable perciben la salinidad siempre y otro 1 % solo durante estiaje.

Las principales quejas que externaron los usuarios de agua de pozos artesanos cuando la salinidad fue percibida son las siguientes: “las plantas se secaron” (plantas de ornato) y “la sentimos muy pesada” cuando la beben. Los usuarios de pozos de puyón mencionaron que “se siente como el sabor a suero”, “es salada” y “el agua era salada una cuadra antes de mi casa”.

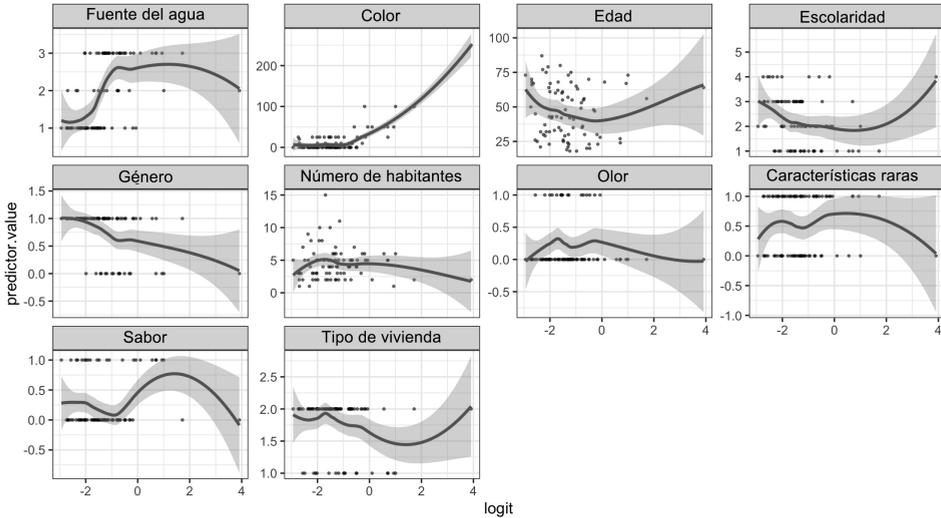
Los usuarios de agua potable también mencionaron percibir un sabor a sal, “sabor salobre y como el suero”. Lo anterior les afecta en distintas formas que pueden ir desde dejar de utilizarla (“no puedo usarla para otras actividades”) hasta tener que hacer adecuaciones a su modo de vida (“dejo de usarla para beber y cocinar”, “cuesta que agarre el jabón la ropa”, “dejo de hacer mis actividades y las plantas se mueren”, “no podemos usar jabón de tocador para bañarnos”, y “me afecta porque la uso para cepillarme los dientes y bañarme”). Esto también tiene implicaciones económicas (“tengo que comprar de garrafón para beber y cocinar”, y “hay que usar mucho jabón polvo para lavar”).

Las personas siguen utilizando el agua potable porque argumentan que no tienen recursos para comprar la embotellada y que ya se acostumbraron. Uno de los usuarios mencionó hervir el agua, ya que se ha dado cuenta que la sal disminuye. En este sentido, solo el 25 % de los entrevistados considera que el agua que utilizan podría afectar su salud, de los cuales el 10 % ya ha presentado problemas de salud relacionados con la calidad del agua. Los síntomas que han presentado son: dolor e infección en el estómago, diarrea y dolor de cabeza. Solo un 6 % de los entrevistados ha acudido al médico en esos casos y el diagnóstico fue infección estomacal e intestinal.

El análisis de regresión logística indicó que la percepción de la calidad del agua como “buena” o “mala”, se relaciona significativamente solamente con el color del agua ( $P = 0,026$ ), el resto de las variables incluidas en el modelo (Características raras, Fuente del agua, Edad, Escolaridad, Género, Número habitantes en el hogar, Olor, Sabor a sal, Tipo de vivienda) no fueron significativas. El factor de inflación de la varianza indicó que las variables incluidas en el modelo no fueron colineales. La relación entre calidad percibida del agua y las variables incluidas en el modelo se observan en el Gráfico 5.

## GRÁFICO 5

## Relación entre los diversos factores incluidos en la regresión binomial y su poder de predicción



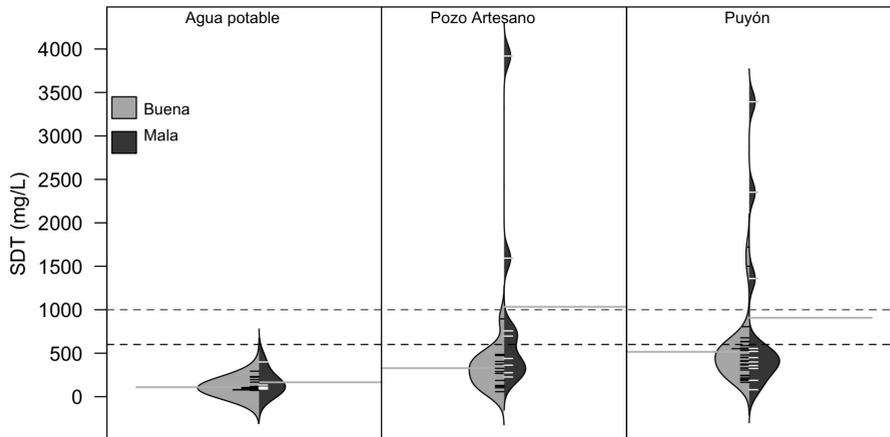
Fuente: Elaboración propia.

Con relación a la percepción de calidad del agua y la cantidad de SDT en esta, la percepción para el agua potable no tiene ninguna relación con los SDT (Gráfico 6). Los promedios de SDT del agua son similares ( $108 \pm 52$  mg/l en calidad buena y  $165 \pm 131$  mg/l en calidad mala) a los de las personas que tuvieron una percepción buena y mala del agua. No existieron diferencias significativas entre los valores de SDT entre ambas percepciones.

El agua de los pozos artesanos que registró el mayor valor de STD (4000 mg/L), y el mayor valor promedio de SDT ( $1033 \pm 1245$  mg/l) y fue en estos pozos donde las personas percibieron la calidad del agua como mala (lado derecho del beanplot en pozo artesano, Gráfico 6). El amplio valor de desviación estándar observado en este caso se debe a los valores extremos, pero se puede observar que las personas catalogaron como agua de mala calidad a aquella de fuentes con valores por debajo de las normas oficiales. Existieron diferencias significativas entre los valores de SDT para ambas percepciones ( $p = 0,04$ ).

Para el agua proveniente de los pozos de puyón, el promedio de SDT asociado a las personas que la percibieron con buena calidad fue de  $515 \pm 551$  mg/l, mientras que el promedio de SDT para el agua percibida como mala fue de  $907 \pm 1051$  mg/l (Gráfico 7). Sin embargo, no hubo diferencias estadísticas significativas de los valores de SDT entre ambos grupos de clasificación.

GRÁFICO 6  
**Relación entre los Solidos Disueltos Totales (SDT) y la percepción de las distintas fuentes de agua**

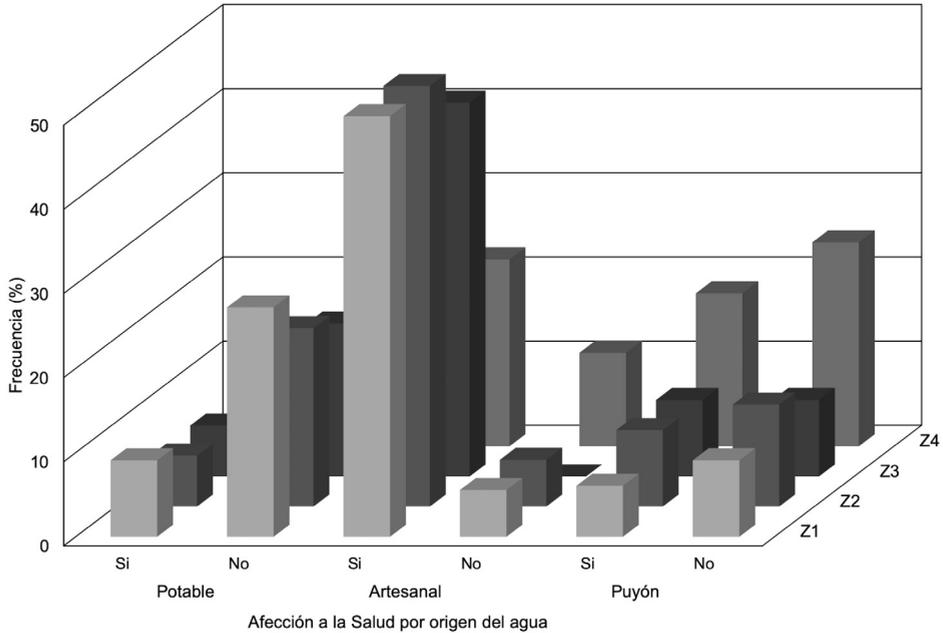


Fuente: Elaboración propia.

Referente a la posible relación del origen del agua con respecto a la percepción de posibles enfermedades por su uso, se observó que en la gran mayoría de los casos las personas entrevistadas asociaron más frecuentemente afecciones a su salud (problemas estomacales e intestinales) al uso del agua proveniente de pozos artesanales. En la mayoría de los casos con frecuencias mayores al 20 %, alcanzando sus máximos en las zonas 1 a 3 donde los valores oscilaron en el 50 %. En caso del agua de puyón no hubo una tendencia marcada entre ambas percepciones. En el caso del agua potable, la gran mayoría de las personas menciona que no ha tenido afecciones por su consumo (Gráfico 7).

La localidad de Puerto Madero, Chiapas es considerada como la típica comunidad rural costera que, además, se encuentra cerca de una frontera trasnacional. La presencia de extranjeros, el bajo nivel educativo de la población y la ocupación, principalmente en actividades en sectores primarios, son indicadores de esta ruralidad. El porcentaje de mujeres entrevistadas es alto (79 %) con respecto al reportado por Faviel-Cortez *et al.* (2019) en una localidad rural costera ubicada en la Reserva de la Biosfera “La Encrucijada”, quien reportó un 63 % de mujeres entrevistadas. No obstante, este dato se encuentra dentro de los valores normales, ya que las mujeres siguen llevando la carga de las tareas domésticas como principales responsables.

GRÁFICO 7  
Relación entre la percepción de afecciones (infecciones estomacales e intestinales) por uso de agua respecto a su origen y zona



Fuente: Elaboración propia.

#### 4. Discusiones

En la comunidad de Puerto Madero no se encontraron pozos que puedan catalogarse como salinos de acuerdo con el rango de Sólidos Disueltos Totales (SDT) establecidos por la CNA. Sin embargo, el 14 % de los usuarios de agua de pozo (artesano y puyón) utiliza agua con una cantidad mayor a 1000 mg/l de SDT, la cual entra en la categoría de salobre; además, el 6 % de los pozos está cerca de pasar a la categoría ligeramente salobre (700-1000 mg/l). Dichos usuarios estarían consumiendo agua para su uso doméstico con valores de SDT por arriba de los establecidos en la Norma Oficial Mexicana. La OMS afirma que no hay suficiente evidencia de los efectos de los SDT sobre la salud (OMS, 2011), aunque un valor mayor a 600 mg/l SDT disminuye drásticamente la aceptabilidad del sabor del agua. En Puerto Madero existen un total de 19 pozos con valores mayores a 600 mg/l, lo que significa que el 25 % de los entrevistados utiliza agua con palatabilidad no aceptable según los límites de la OMS. El agua potable se encuentra dentro de los límites permisibles de SDT con respecto a la Norma Oficial Mexicana y a lo descrito por la OMS.

Al igual que los SDT, el oxígeno disuelto y el pH no representan efectos nocivos sobre la salud; no obstante, cuando los valores de SDT son excesivos generan incrustaciones ferrosas en tuberías, calentadores, calderas y electrodomésticos (OMS, 2011). En el caso del oxígeno disuelto, altos niveles aumentan la concentración de hierro ferroso, provocando cambios en la coloración del agua al salir de la tubería y tener contacto con el aire, además de deteriorar las tuberías de metal (OMS, 2011). Con respecto al pH, la OMS recomienda que es importante que la cloración del agua se realice con valores menores a 8 unidades, pues de ser más alta será corrosiva, también puede provocar mal sabor y color, además de contaminación. Este deterioro en las tuberías podría explicar por qué los niveles de conductividad eléctrica son mayores en las zonas más cercanas al mar.

En este estudio se reporta una mayor incidencia de enfermedades estomacales e intestinales en las personas que consumen agua proveniente de pozos artesanales, que son los que mostraron valores más extremos de SDT. De seguir aumentando los niveles de salinidad en el agua, los riesgos en la salud también se incrementarán (Herbert *et al.*, 2015). Esto ya ha sucedido en sitios costeros bajo condiciones similares y donde ya se han reportado afectaciones a la salud humana, como el riesgo de preclamsia e hipertensión gestacional (Vineis *et al.*, 2011; Khan *et al.*, 2011). La fluorosis dental es otra potencial afectación a la salud y cuya relación con la salinización del agua debería de ser analizada sistemáticamente. Los reportes de esta enfermedad se están incrementado en Puerto Madero, pues en ocho meses se atendieron 85 pacientes, de los cuales 32 son niños de 3 a 15 años (Centro de Salud; *com. pers.*). La OMS recomienda que la población debiera tener acceso a fuentes de agua seguras debido a que se ha registrado que el agua de mala calidad aumenta la exposición a enfermedades intestinales e infecciosas y que, además, cuando esto sucede puede dañar la salud de poblaciones enteras (OMS, 2006). Asimismo, afirma que las propiedades organolépticas del agua constituyen un factor de insatisfacción de los usuarios. Los valores ( $> 600$  mg/l) de sólidos disueltos totales indican que la palatabilidad del agua se está viendo afectada, lo cual significa que a nivel local no se está cumpliendo con lo propuesto en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Objetivo 6; UN, 2016).

Además, la meta 6.b del mismo programa establece que las comunidades locales deben contar con apoyo para fortalecer la gestión del agua y el saneamiento, algo que tampoco sucede en esta localidad. Con el fin de aminorar la salinización del manto freático en Puerto Madero, el diseño de un programa de ordenamiento costero permitiría favorecer la seguridad de la población, tomando en cuenta aspectos de salud, urbanización, protección al ambiente y al recurso hídrico. Programas de esta índole podrían considerar mejoras en el acopio y manejo del agua dulce en la zona costera a través de estrategias como captar y reciclar el agua de lluvia en los hogares para uso doméstico (Anaya-Garduño, 1998; Solano *et al.*, 2017). Las instituciones además deberían implementar programas de reforestación costera con especies nativas para captar más agua y propiciar una mayor precipitación, además de proteger al suelo de erosión y a la población humana del embate de eventos climáticos extremos.

#### 4.1. Percepción salina

El porcentaje total de entrevistados (75 %) que percibe la calidad del agua “buena”, se contradice con el mismo porcentaje de usuarios (62 %) que reportan percibir características organolépticas raras en el agua. Con excepción del color, parecería que el olor y sabor no son considerados para definir la calidad del agua ni para usarla. El porcentaje de usuarios que perciben el agua de mala calidad (25 %) coincide con el porcentaje total de pozos identificados fuera de los límites permisibles de SDT.

El análisis de datos, utilizando un modelo de regresión logística, muestra que el nivel de escolaridad, edad, género, sabor a sal, olor del agua, el tipo de vivienda y el número de habitantes en el hogar, además de los servicios básicos como energía eléctrica y drenaje registran valores constantes, por lo tanto, no presentan variación y no son estadísticamente significativos ( $p > 0,05$ ). El resultado con respecto al nivel de escolaridad no confirma lo encontrado por Bukenya (2008), debido a que se espera que, a mayor nivel de escolaridad, mayor análisis o desarrollo de la percepción ante una problemática del recurso hídrico. En el estado de Chiapas, Benez *et al.* (2010), investigaron las discrepancias con respecto a la gestión y percepción de la calidad del agua en distintos grupos (político, institucional, representante de colectivo y usuarios comunes del agua), encontrando percepciones muy heterogéneas entre grupos. Esto lo atribuyen a que los participantes de los tres primeros grupos contaban con mayor acceso a información debido a su mayor nivel de escolaridad, lo contrario de los usuarios comunes. Sin embargo, los resultados sí coinciden con lo reportado por Anderson *et al.* (2007) quienes encontraron que el nivel de escolaridad del jefe del hogar no influye al momento de percibir la contaminación del agua. La variable que podría estar influyendo en ambos casos es la situación de alta pobreza y migración de esta localidad costera que se ubica cerca de la frontera México-Guatemala. La mayor parte de la población no puede costearse comprar agua debido a la situación de alta marginación, lo cual lleva a una situación de resignación aceptando las fuentes de agua que tienen a su alcance. La relación agua-pobreza y las implicaciones de su percepción es de importancia de salud pública, pero también de equidad social (Guevara-Sanginés & Lara-Pulido, 2015).

Con respecto al análisis de regresión logística, el género de los entrevistados en el presente estudio no fue estadísticamente significativo en relación con la percepción, en contradicción con lo reportado por Bukenya (2008), quien encontró que los hogares encabezados por mujeres implementaban distintas acciones para evitar la contaminación del agua. En nuestro caso, la mayor parte de las personas entrevistadas fueron mujeres, ya que son las principales responsables de las tareas domésticas. Quizá ese número mayoritario de observaciones por parte del género femenino influye en que no haya diferencias significativas. En otros estudios se encontró que la edad de los entrevistados no es estadísticamente significativa ( $p > 0.05$ ) (Dogaru, 2009). Las variables olor y sabor a sal en el agua no fueron estadísticamente significativas y tampoco influyen en la percepción, lo que no coincide con García-Rubio *et al.* (2016), quienes afirman que las características organolépticas del agua resultan

ser percibidas con mayor facilidad. En este caso, la única característica organoléptica que influye significativamente en la percepción de la calidad es el color, por el alto grado de turbidez declarado que con frecuencia se torna en color café, siendo lo primero que visualizan a la hora de percibir el potencial riesgo para la salud. Incluso en algunas comunidades de la Reserva de la Biosfera “La Encrucijada”, los habitantes perciben la calidad del agua como “buena” aun cuando los datos arrojados en el análisis muestran lo contrario (Faviel-Cortes *et al.*, 2019). El muestreo estratificado permitió confirmar que la localidad tiene un comportamiento zonificado; la conformación de estos grupos podría estar relacionada con la cercanía que mantienen dichas zonas con el océano (Peinado-Guevara *et al.*, 2011). Esto también puede estar relacionado con los altos índices de marginación y pobreza de ambas poblaciones de manera que, aunque perciban una mala calidad, no tienen la capacidad económica de acceder a otras fuentes de agua más seguras. Prácticas como el hervido o la cloración del agua intentan enmendar las deficiencias presentadas.

## 5. Conclusiones

En general, el estudio sobre percepciones de la salinización del agua utilizada para uso y consumo humano es limitado en México, en particular en las zonas costeras, por lo que el presente trabajo ofrece uno de los primeros referentes sobre el tema. Los resultados muestran que hay hogares en esta localidad de la costa chiapaneca que no cuentan con acceso al servicio de agua potable de calidad. Esta población depende sustancialmente de la extracción de aguas subterráneas a través de pozos, mismos que carecen de vigilancia en comparación con el servicio de agua potable. En la zona costera eso significa identificar y monitorear los procesos de salinización y conocer las respuestas de la sociedad para adaptarse.

Se están comenzando a encontrar evidencias de salinización del agua en Puerto Madero y se espera que conforme avance el crecimiento demográfico y los efectos del cambio climático (e.g., elevación del nivel medio del mar), esta aumente. El asunto no es menor, debido a que la seguridad hídrica es tan importante como la seguridad alimentaria. El acceso al agua de calidad garantiza la sobrevivencia humana, incluso es considerada por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) como el “epicentro del desarrollo sostenible”, enfatizando que es un pilar fundamental para la producción de alimentos y el desarrollo socioeconómico (Benneyworth *et al.*, 2016).

En el caso aquí presentado destacamos la percepción obtenida desde una visión local como una vía para advertir lo que en realidad está ocurriendo en las comunidades afectadas por la salinidad, como lo son las costeras. Por lo tanto, conocer las percepciones locales de un fenómeno real, en este caso la previsible salinización del agua, ayudará a la formulación de estrategias de adaptación en la búsqueda de soluciones a corto y largo plazo, así como al diseño de políticas públicas donde los intereses de la sociedad se vean reflejados. Enfrentar esta situación en México significa atender al Decreto promulgado por la ONU en el año 2012 sobre el Derecho Humano al Agua y cumplir con priorizar la calidad del agua y su saneamiento como parte de una estrategia de desarrollo sostenible de alcance nacional y de reducción de la po-

breza, dirigida a alcanzar los Objetivos de Desarrollo del Milenio establecidos en la Agenda 21 y que se refrenda en los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

## Referencias

- Alameddine, I., Jawhari, G. & El-Fadelm, M. (2017). "Social perception of public water supply network and groundwater quality in an urban setting facing saltwater intrusion and water shortages". *Environmental Management*, 59(4), 571-583. <https://dx.doi.org/10.1007/s00267-016-0803-2>.
- Anaya-Garduño, M. (1998). *Sistemas de captación de agua de lluvia para uso doméstico en América Latina y el Caribe*. México: IICA.
- Anderson, B.A., Romani, J.H., Phillips, H., Wentzel, M. & Tlabela, K. (2007). "Exploring environmental perceptions, behaviors and awareness: water and water pollution in South Africa". *Population Environmental*, (28), 133-161. <https://dx.doi.org/10.1007/s11111-007-0038-5>.
- Anderson, F. & Al-Thani, N. (2016). "Effect of sea level rise and groundwater withdrawal on seawater intrusion in the gulf coast aquifer: implications for agriculture". *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 4(4), 116-124. <https://dx.doi.org/10.4236/gep.2016.44015>.
- Azuz-Adeath, I. & Rivera-Arriaga, E. (2007). "Estimación del crecimiento poblacional para los estados costeros de México". *Papeles de población*, 13(51), 187-211.
- Barrios, M.A. (2013). *Cambios en la línea de costa del municipio de Tapachula, Chiapas, México*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Chiapas.
- Benez, M.C., Kauffer Michel, E.F., Soares Moares, D. & Álvarez Gordillo, G. (2010). "El estudio de las percepciones de la gestión de la calidad del agua, una herramienta para fortalecer la participación pública en la microcuenca del río Fogótico, Chiapas". *Región y Sociedad*, 22(47), 73-104.
- Benneyworth, L., Gilligan, J., Ayers, J.C., Goodbred, S., George, G., Carrico, A., Rezaul, K. Md, Farjana, Akter., Fry, D., Donato, K. & Bhumika, P. (2016). "Drinking water insecurity: Water quality and access in coastal south-western Bangladesh". *International Journal of Environmental Health Research*, 26(5-6), 508-524. <https://dx.doi.org/10.1080/09603123.2016.1194383>.
- Bukenya, J.O. (2008). "Avoidance measures and household perceptions of water quality in Uganda". *Journal of African Business*, 9(2), 309-325. <https://dx.doi.org/10.1080/15228910802479687>.
- Castillo-de-la-Peña, J.F. (2008). "Puerto Madero Chiapas, ahora Puerto Chiapas: un patrimonio olvidado". *Eseconomía*, 17, 49-74.
- Castillo-Gurrola, J. (2003). "Aplicación de diferentes métodos para estudiar la intrusión salina en acuíferos de Sonora, México". En López-Geta, J.A., Dios Gómez, J. de D., de la Orden, J.A., Ramos, G. & Rodríguez L. (Eds.): *Tecnología de la intrusión de agua de mar en acuíferos costeros: países mediterráneos* (pp. 3-10). Madrid: IGME.

- Castro-Castro, V., Fierro-Martínez, M.M. & Díaz-Velázquez, J. (2016). “Vulnerabilidad climática del municipio de Tapachula, Chiapas”. En Castro-Castro, V., Fierro-Martínez, M.M. & Trejo, A.A. (Coords.): *Tapachula ante el desafío del calentamiento global* (pp. 61-68). Tapachula, Chiapas: UNACH/Senado de la República.
- CDESC. (2002). *Cuestiones sustantivas que se plantean en la aplicación del pacto internacional de derechos económicos, sociales y culturales. Observación general N° 15 (2002). El derecho al agua (artículos 11 y 12 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales)*. Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales. Consejo Económico y Social. Ginebra. Naciones Unidas.
- CNA. (2016). *Estadísticas del agua en México*. Ciudad de México. Comisión Nacional del Agua.
- CONAPO. (2010). *Índice de marginación por localidad 2010*. México, D.F. Consejo Nacional de Población.
- CONAPO. (2014). *La situación demográfica de México 2014*. México, D.F. Consejo Nacional de Población. Primera edición.
- Deng, Y., Young, C., Fu, X., Song, J. & Peng, Z.R. (2017). “The integrated impacts of human activities and rising sea level on the saltwater intrusion in the east coast of the Yucatan Peninsula, Mexico”. *Natural Hazards*, 85, 1063-1088. <https://dx.doi.org/10.1007/s11069-016-2621-5>.
- DOF. (2000). *Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización*. México, D.F. Secretaría de Salud.
- Dogaru, D., Zobrist, J., Balteanu, D., Popescu, C., Sima, M., Amini, M. & Yang, H. (2009). “Community perception of water quality in a mining-affected area: A case study for the Certelj catchment in the Apuseni Mountains in Romania”. *Environmental Management*, 43, 1131-1145. <https://dx.doi.org/10.1007/s00267-008-9245-9>.
- Dwarakish, G.S., Vinay, S.A., Natesan, U., Toshiyuki, A., Kakinuma, T., Venkataramana, K., Jagaseesha, B. & Babita, M.K. (2009). “Coastal vulnerability assessment of the future sea level rise in Udupi coastal zone of Karnataka state, west coast of India”. *Ocean & Coastal Management*, 52(9), 467-478. <https://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2009.07.007>.
- Faviel-Cortez, M., Infante-Mata, D. & Molina-Rosales, D.O. (2019). “Percepción y calidad de agua en comunidades rurales del área natural protegida La Encrucijada, Chiapas, México”. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(2), 317-334. <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.02.05>.
- Ferguson, G. & Gleeson, T. (2012). “Vulnerability of coastal aquifers to groundwater use and climate change”. *Nature climate change*, 2, 342-345. <https://dx.doi.org/10.1038/nclimate1413>.
- García-Rubio, M.A., Tortajada, C. & González-Gómez, F. (2016). “Privatising water utilities and user perception of tap water quality: Evidence from Spanish

- urban water services". *Water Resources Management*, 30, 315-329. <https://dx.doi.org/10.1007/s11269-015-1164-y>.
- Guevara-Sanginés, A. & Lara-Pulido, 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.
- Herbert, E.R., Boon, P., Burgin, A.J., Neubauer, S.C., Franklin, R.B., Ardon, M., Hopfensperger, K.N., Lamers, L.P. & Gell, P. (2015). "A global perspective on wetland salinization: Ecological consequences of a growing threat to freshwater wetlands". *Ecosphere*, 6(10), 206. <https://dx.doi.org/10.1890/ES14-00534.1>.
- Hernández-Carrera, R. (2014). "La investigación cualitativa a través de entrevistas: Su análisis mediante la teoría fundamentada". *Cuestiones Pedagógicas: Revista de Ciencias de La Educación*, 23, 187-10.
- ICWE. (1992). *The Dublin Statement and Report of the Conference*. Comunicación presentada a la International Conference on Water and the Environment. Dublin, Ireland. 71-ICWE92-9739.
- INEGI. (2010a). *Censo de población y vivienda 2010. Principales resultados por localidad (ITER)*. Obtenido de: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/contenido.aspx?refnac=070890148>.
- INEGI. (2010b). *Carta de hidrología de aguas superficiales*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Serie 1. Edición 1987.
- Kampstra, P. (2008). "Beanplot: A Boxplot Alternative for Visual Comparison of Distributions". *Journal of Statistical Software*, 28(1), 1-9. <https://dx.doi.org/10.18637/jss.v028.c01>.
- Kemker, C. (2014). *Conductivity, salinity and total dissolved solids. Fundamentals of environmental measurements*. Obtenido de: Fondriest Environmental Learning Center. <https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/conductivity-salinity-tds/>.
- Khan, A.E., Ireson, A., Kovats, S., Mojumder, S.K., Khusru, A., Rahman, A. & Vin-eis, P. (2011). "Drinking water salinity and maternal health in coastal Bangladesh: Implications of climate change". *Environmental Health Perspectives*, 119(9), 1328-1332. <https://dx.doi.org/10.1289/ehp.1002804>.
- Kuo, C.C., Tsang, C.Y. & Chang, L.S. (2013). "Resident's perceptions of water-related problems in the Mailiao Area, Taiwan". *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 85, 206-216. <https://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.08.352>.
- Lezama, J. (2001). "El medio ambiente como construcción social: reflexiones sobre la contaminación del aire en la Ciudad de México". *Estudios Sociológicos*, 19(56), 325-338.
- Mekonnen, M.M. & Hoekstra, A.Y. (2016). "Four billion people facing severe water scarcity". *Science Advances*, 2(2), 1-6. <https://dx.doi.org/10.1126/sciadv.1500323>.
- Morales-Vallejo, P. (2012). "Tamaño necesario de la muestra: ¿Cuántos sujetos necesitamos?" *Estadística aplicada*, 24(1), 22-39.

- Neumann, B., Vafeidis, A.T., Zimmermann, J. & Nicholls, R.J. (2015) "Future coastal population growth and exposure to sea-level rise and coastal flooding - a global assessment". *PLOS ONE*, 10(3), 1-34. <https://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0118571>.
- OMS. (2006). *Guías para la calidad del agua potable [recurso electrónico]: incluye el primer apéndice*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud. Vol. 1, Recomendaciones.
- OMS. (2011). *Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda [Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating first addendum]*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- Peinado-Guevara, H.J., Green-Ruiz, C.R., Herrera-Barrientos, J., Escolero-Fuentes, O.A., Delgado-Rodríguez, O., Belmonte-Jiménez, S.I. & Ladrón-de-Guevara, M.A. (2011). "Calidad y aptitud de uso agrícola y doméstico del agua del acuífero del río Sinaloa, porción costera". *Hidrobiológica*, 21(1), 63-76.
- PHI. (2015). *GRAPHIC Aguas subterráneas y cambio climático. Pequeños estados insulares en desarrollo (PEID)*. Programa Hidrológico Internacional. UNESCO. Roma: División de Ciencias del Agua.
- R Core Team. (2017). *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Obtenido de: <https://www.R-project.org/>.
- Rodiles-Hernández, R., González-Díaz, A.A. & González-Acosta, A.F. (2013). "Ecosistemas acuáticos". En Cruz Aragón, A., Melgarejo, E.D., Camacho Rico, F. & Nájera Cordero, K.C. (Coords.): *La biodiversidad en Chiapas: Estudio de Estado* (pp. 45-57). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Gobierno del Estado de Chiapas, México.
- Ruiz-Meza, L.E. (2014). "Género y percepciones sociales del riesgo y la variabilidad climática en la región del Soconusco, Chiapas". *Alteridades*, 24(47), 77-88.
- Small, C. & Nicholls, R.J. (2003). "A global analysis of human settlement in coastal zones". *Coastal Education & Research Foundation*, 19(3), 584-599.
- Solano, C., Gonzaga, F., Espinoza, F. & Espinoza J. (2017). "Sistema de captación de agua de lluvia para uso doméstico, Isla Jambelí, cantón Santa Rosa". *Cumbres*, 3(1), 151-159.
- Tarannum, F., Arun, K. & Prateek, S. (2018). "Understanding public perception, knowledge and behaviour for water quality management of the river Yamuna in India". *Water Policy*, 20(2), 266-281. <https://dx.doi.org/10.2166/wp.2018.134>.
- UN. (2015). *Millennium Development Goals*. Obtenido de: UN. <https://www.un.org/millenniumgoals/>.
- UN. (2016). *Agenda 30 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible, Una oportunidad para América Latina y el Caribe. Naciones Unidas*. Obtenido de: CEPAL. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>.

- Vargas-Melgarejo, L.M. (1994). "Sobre el concepto de percepción". *Alteridades*, 4(8), 47-53.
- Vineis, P., Chan, Q. & Khan, A. (2011). "Climate change impacts on water salinity and health". *Journal of Epidemiology and Global Health*, 1, 5-10. <https://dx.doi.org/10.1016/j.jegh.2011.09.001>.
- WWAP. (2015). *The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World*. United Nations World Water Assessment Programme. Paris: UNESCO.
- Zavala-Hidalgo, J., de Buen Kalman, R., Romero-Centeno, R. & Hernández Maguey, F. (2008). "Tendencias del nivel del mar en México". En Vázquez Botello, A. (Coord.): *Evaluación regional de la vulnerabilidad actual y futura de la zona costera mexicana y los deltas más impactados ante el incremento del nivel del mar debido al cambio climático y fenómenos hidrometeorológicos extremos* (pp. 8-15). Instituto de Geografía, Universidad Autónoma de México.