

DOI: 10.24850/j-tyca-2022-03-07

Artículos

Breviario estructural sobre la construcción social del conocimiento científico hídrico en México: una aproximación

Structural breviary about the social construction of scientific water knowledge at Mexico: An approach

Juan Felipe Nuñez-Espinoza¹, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9234-0261>

Rodrigo Gómez-Rigalt², ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8367-9420>

¹Colegio de Postgraduados, Especialidad de Posgrado en Estudios del Desarrollo Rural, Estado de México México, México, nunezej@colpos.mx

²Consultor independiente, Ciudad de México, México, rrigalt@gmail.com

Autor para correspondencia: Juan Felipe Nuñez-Espinoza, nunezej@colpos.mx

Resumen

Los sistemas de desestructuración social (cambio climático, pandemias, pobreza) erosionan las capacidades de resiliencia de las sociedades, por lo que es apremiante revisar la solidez de los sistemas institucionales y comunitarios en sectores sensibles como la gestión de agua. Esta investigación analizó parte de la estructura social responsable de generar conocimiento científico hídrico en México, considerando los patrones organizativos preestablecidos por los especialistas, a fin de constatar fortalezas y debilidades sociales en dicha estructura. Se utilizó el enfoque de redes sociales, evidenciando un sistema permeado de patrones de centralización social, por consecuencia, capacidades acotadas en la compartición de saberes, baja cohesión social y un bajo nivel de innovación en la red de investigación hídrica en México. Se concluyó que es necesario ampliar los procesos de formación y gestión de capital intelectual en las distintas áreas de conocimiento hídrico, especialmente en la recuperación de la sostenibilidad ambiental.

Palabras clave: estructura, investigación hídrica, resiliencia social.

Abstract

The unbridled forces in play that are undermining our social fabric (climate change, pandemics, poverty) erode societies' capabilities for resilience.

Hence there is an urgent need to evaluate the strengths of institutional and community systems in vital areas such as water management. This research analyzed part of the social structure responsible for generating scientific knowledge pertaining to water resources in Mexico, taking into account the organizational patterns pre-established by experts, in order to determine the strengths and weaknesses of the existing structures. We used the social networks approach, which revealed a system permeated by patterns of social centralization that limit knowledge sharing and social cohesion and produce very little innovation within the water resources investigation networks in Mexico. We conclude that it is necessary to expand the training and managing of intellectual capital in various areas of knowledge related to water resources, especially those that are relevant for recuperating environmental sustainability.

Keywords: Social structure, water research, social resilience.

Recibido: 07/02/2021

Aceptado: 03/04/2021

Introducción

La sostenibilidad de una comunidad reposa en la forma en cómo ésta conserva, utiliza y preserva los recursos naturales para su reproducción social, presente y futura. El recurso agua, dado su carácter estratégico y de sobrevivencia, permite verificar dicha dimensión, por lo que cualquier factor que desquicia su accesibilidad refiere a la descomposición de ecosistemas, sistemas agroalimentarios y condiciones esenciales para el desarrollo humano (Soares & Sandoval-Ayala, 2016). En este contexto, y en tiempos de cambio climático y emergencias sanitarias, se vuelve una necesidad analizar los procesos que inciden en su gestión.

Entre 2004 y 2017, la cantidad de personas sin acceso a una fuente confiable de agua en el mundo pasó de 1 100 millones a 2 200 millones (PNUD, 2006; UNICEF, 2019: 49). Una de las principales causas de esto es el crecimiento poblacional, y sus necesidades alimenticias y de hidratación. En relación con ello, de 2019 a 2050, la población mundial aumentará de 7 713 468 millones a 9 735 033 millones de habitantes, incrementándose en un 60 % la demanda de alimento (UN & DESA, 2011; UN & DESA, 2019); esto llevará a los sistemas agroalimentarios a sufrir presiones inéditas, principalmente en la disposición de agua. Al respecto, según UNESCO (2016: 22) y FAO (2012:29), la agricultura extrae 70 % del agua dulce a nivel mundial. Esta cantidad se incrementa a 90 % en países “menos desarrollados” y con escasas precipitaciones. En países

“desarrollados”, con ingresos altos, la extracción es del 42 %. Sin embargo, de acuerdo con FAO (2012: 29-30), por arriba del 40 %, dicha extracción ya se considera como “crítica”. World Bank (2016: 23) indica que esta presión poblacional incrementará un 50 % el consumo mundial de agua necesaria para la agricultura para 2050. Además, según OCDE (2012b), se prevé un aumento del 55 % de la demanda global de agua dulce en la industria manufacturera (400 %), generación de energía termoeléctrica (140 %) y uso doméstico (130 %), lo que producirá una mayor demanda, competencia y decrementos en el volumen de agua para la agricultura y la alimentación. Tal presión se incrementa al sumar la pérdida en la calidad del líquido, por el creciente proceso *civilizatorio*. Los afluentes han sido históricamente canales de circulación de residuos generados por la actividad humana, pero la descarga indiscriminada y el poco tratamiento del agua contaminada han provocado su creciente descomposición (Rivera, Chávez, & Rivera, 2018). Acorde con OCDE (2012a), la agricultura contribuye con lixiviados de nutrientes, pesticidas, residuos animales y ganaderos, erosión y sedimentación de suelos, y nitratos derivados de fertilizantes. La agricultura altamente *agroquímica* de países OCDE contribuye con el 40 % de nitrógeno y 20 % de fósforo en agua dulce, lo cual se incrementará un 20 % para 2050 (OCDE, 2012a).

Según UNICEF y OMS (2015: 43), en 2012, alrededor de 1 800 millones de personas en el mundo utilizaban una fuente de agua potable contaminada con patógenos fecales. Para 2015, aumentó un 22.22 % (UNESCO, 2019: 20). Una causa directa es que más del 80 % del agua

residual es vertida sin ningún tratamiento en los países en desarrollo (Rivera *et al.*, 2018), a pesar de contar con alguna infraestructura para ello. Por ejemplo, en México, el caudal tratado de aguas residuales abarca más del 50 % de las descargas, sin embargo, el 49.8 % restante se libera a los cuerpos de agua (Conagua, 2014: 104), contaminando otros recursos (suelo, sistemas agrícolas, etc.), y agravando problemas de salud humana con hepatitis viral, fiebre tifoidea, cólera, disentería, así como afecciones resultantes del consumo de componentes químicos patógenos (arsénico, nitratos o flúor). Hay cuencas hidrológicas que han acumulado niveles de contaminación y riesgo para la población por la alta cantidad de contaminantes en el agua (The & Blomqvist, 2017; Pérez-Castresana, 2017; Mejía, Bustamante, Vargas, Olvera, & Méndez, 2017), provocando una plétora creciente de ríos “muertos” y/o abandonados, rompiendo múltiples diálogos hídricos e hidrológicos de las comunidades con las fuentes y vías fluviales (Chavelas, 2019; González, 2016; Legorreta, 2013), lo anterior se replica en regiones como Centroamérica. En Costa Rica, la mayor parte de la población se abastece de agua proveniente de fuentes subterráneas y fragilizadas por los procesos agrícolas y de urbanización de la zona. Alrededor del 80 % de la población evacúa sus aguas domésticas a través de sistemas de tanques sépticos, que son descargados hacia alcantarillados sanitarios o directamente a los cuerpos de agua superficiales. Sólo un 37 % de esta agua recibe tratamiento y el 63 % se descarga como agua cruda (Valverde, 2013). Por otro lado, el intenso empleo de fertilizantes y pesticidas en la producción agrícola, en zonas de suelos de alta permeabilidad, sitúan a

Costa Rica entre los países líderes en el uso de agroquímicos (Fonseca-Sánchez *et al.*, 2019; Valverde, 2013; FAO, 2011). Los niveles de contaminación hídrica han provocado brotes de diarrea y dengue en la población, sin embargo, no existe un mapeo de los niveles de riesgo para la misma (Madrigal-Solís, Fonseca-Sánchez, Núñez-Solís, & Gómez-Cruz, 2014), lo que se agrava debido a una creciente extracción de agua por arriba de las capacidades de recarga (Valverde, 2013). Por su parte, en El Salvador, el 68.7 % de las aguas negras son vertidas a cuerpos de agua sin ningún tipo de tratamiento, favoreciendo la presencia de distintos contaminantes (coliformes fecales y *Escherichia coli*, atrazinas, nitratos, etc.) y enfermedades gastrointestinales (gastroenteritis, disentería, cólera, tifoidea, etc.) (Quiñonez, 2017: 36; UNESCO & PHI, 2006: 82; Sanfeliú, 2001). Entre las principales causas de morbilidad están el parasitismo intestinal, diarreas y gastroenteritis de origen infeccioso; las fuentes de contaminación orgánica provienen, principalmente, de la industria de alimentos y bebidas (UNESCO, 2006: 281; PNUD, 2003).

En los países desarrollados, la problemática hídrica no es muy distinta, pero el *pulso* de crecimiento de dichas economías lleva a que la gente sea apenas consciente de la fragilidad del acceso a agua de calidad y el impacto de ello para su propio desarrollo. Por ejemplo, a principios del siglo XX, Londres, Nueva York y París tenían tasas de mortalidad infantil similares a las que tiene el África subsahariana, lo cual se debía a la alta incidencia de enfermedades infecciosas, diarrea, disentería y fiebre tifoidea, así como a un sistema de salud pública incipiente. Tal situación se logró abatir gracias a la expansión del saneamiento de los servicios

públicos, elevando la esperanza de vida (PNUD, 2006: 5). La disminución de la mortalidad en EUA durante el primer tercio del siglo XX se debió al acceso a agua purificada, con lo que se logró, por primera vez en su historia, abatir rápidamente las tasas de mortalidad (PNUD, 2006: 31).

Lo anterior señala que el acceso a agua limpia y saneada multiplica las condiciones favorables para la reproducción social. Sin embargo, la falta del mismo genera sistemas complejos e imbricados de contradicciones sociales. Por ejemplo, la escasez y distribución inequitativa del agua (por razones geográfico-ambientales y/o antrópicas) (Figura 1) está provocando un *atlas* de desigualdades entre países y regiones, transformando el carácter del agua, un recurso natural de acceso universal, en un recurso mercantilizado y geopolítico (Pacheco, 2014; Murillo & Soares, 2013; Padilla, 2012). Esto incrementa la presión por la disponibilidad de agua y nutre posibles escenarios de confrontación y destrucción, a gran escala, del potencial de desarrollo humano regional.

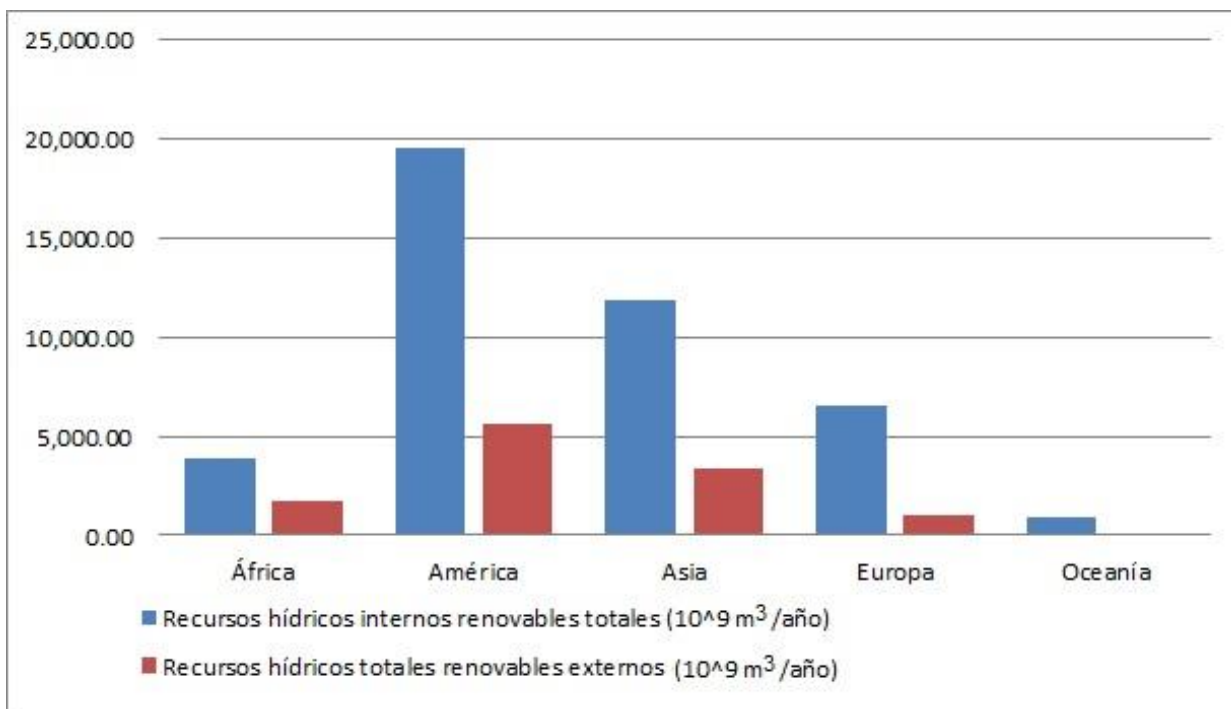


Figura 1. Balance regional en la renovación de recursos hídricos en el mundo. 2013-2017. Elaboración con datos de FAO (2016).

La historia vincula la escasez de agua potable con la inestabilidad política y violencia entre las comunidades por lo menos desde hace 4 500 años (Wolf & Giordano, 2003). De hecho, la distribución del recurso en función de su volumen, demanda y factores políticos permite ubicar las zonas más frágiles y complejas entre las sociedades contemporáneas (Portillo, 2008). Actualmente se registran alrededor de 3 125 conflictos ambientales en el mundo, de los cuales, el 21 % se vincula con el acceso al agua, distribuyéndose, en su mayor parte, en la costa oeste del

continente americano, desde el sur de Chile hasta el Valle de San Joaquín (EUA); la costa este del mar Adriático hasta la costa mediterránea de Egipto; la frontera-cordillera de los Himalayas Pakistán-India-China; la costa este de la India, hasta Bangladesh, conectándose con el sureste asiático (EJAtlas, 2020) (Figura 2). Muchos de estos conflictos se encuentran en zonas políticamente convulsionadas, donde se imbrica el control de los territorios y recursos con las zonas limítrofes entre países. Ello pone en juego otros elementos, como soberanía de Estados-Nación, y/o distribución o asignación de los propios recursos naturales (Pacheco, 2014).



Figura 2. Conflictos hídricos en el mundo (EJAtlas, 2020).

Una gran parte de estos conflictos son de carácter irresoluble (Johnson & Duffy, 2014; Walter, 2003), pues están enraizados a conflictos históricos de larga data y a precarios sistemas de equilibrio geopolítico en regiones sobrepobladas, con índices bajos de desarrollo humano y donde la extracción de recursos afecta biotopos locales, así como a múltiples comunidades (PNUD, 2004: 92). En esta dirección, la descomposición social es directamente proporcional a la descomposición (y disposición) del agua potable y viceversa. A pesar de esto, muchos de esos conflictos han quedado “sobreseídos” (temporalmente) ante procesos de *colaboración* u otros fenómenos sociales (Wolf & Giordano, 2003). La documentación de aproximadamente 600 tratados internacionales sobre agua, desde el siglo XIX (OSU, 2020) (Figura 3), señala áreas donde se han atenuado dichos conflictos, pero al mismo tiempo también donde aún se observan factores que potencialmente pueden desencadenar sistemas de contradicciones socioeconómicas. Un ejemplo se presenta en acuerdos de “colaboración” a través de la distribución del agua sobre la base de criterios mercantiles. En este caso, parte de los procesos de distribución de agua, a lo largo de fronteras antrópicas, se ha asociado históricamente con factores mercantiles (comercio, relaciones económicas, etc.), por lo menos desde finales del siglo XIX (OSU, 2020). Actualmente, los tratados de libre comercio entre países y/o regiones constituyen uno de los medios por los cuales países pobres, con recursos naturales, transfieren (en términos desiguales) sus recursos hídricos a países y/o corporaciones

transnacionales, generando nuevas contradicciones sociales (Mazabel-Domínguez, Mendoza-Fragoso, & Macías-Gloria, 2013; Sanz, 2006).

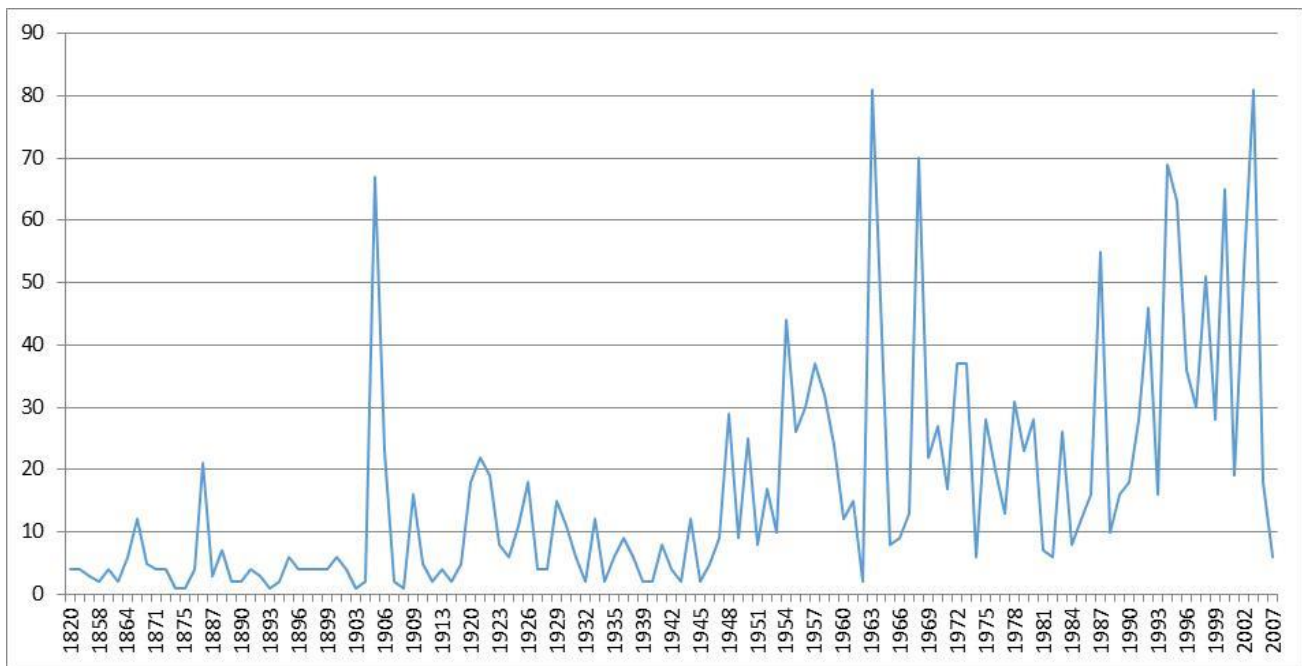


Figura 3. Tratados de agua en el mundo (1820-2007) (OSU, 2020).

Estas dinámicas se agudizaron con el modelo neoliberal de desarrollo, el cual pugnó, desde la década de 1980, por el retiro del Estado de su responsabilidad social, lo que trajo la desregulación de la economía, privatización de los bienes públicos, internacionalización del capital, y extracción y mercantilización desregularizada de recursos naturales (como el agua) (Harvey, 2007). Durante los siguientes 30 años, dicho

modelo se develó como una salida falsa a la presión socioeconómica y falta de desarrollo regional, lo que agudizó la descomposición estructural de las sociedades y aumentó la *numeralia* de riesgos a enfrentar (Ornelas, 2000; Sanz, 2006; Beck & Rey, 2002); entre estos, el número de desastres hídricos (UNESCO, 2019). De acuerdo con CRED (2020), durante dicho periodo (1983-2019) se generó el 87.58 % de los siniestros hídricos registrados durante el siglo XX (Figura 4).

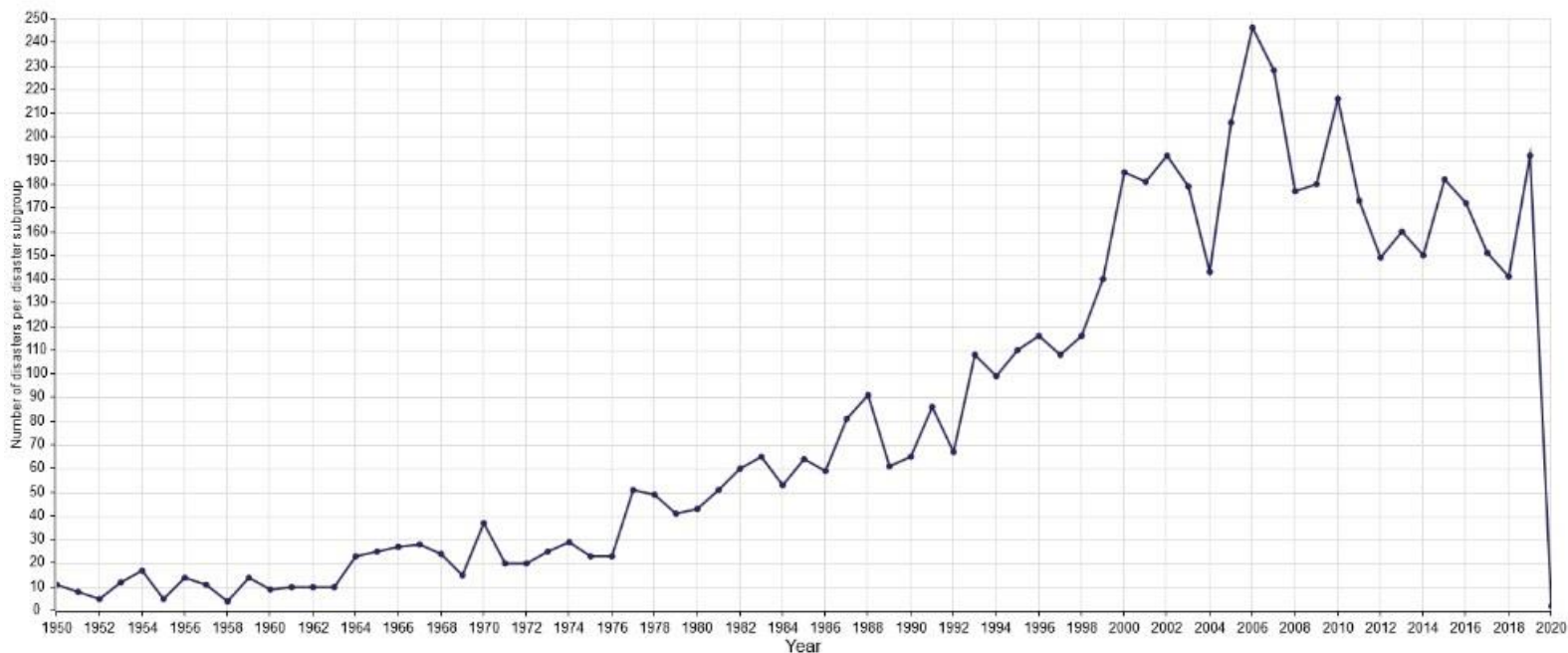


Figura 4. Historial de desastres hidrológicos a nivel mundial (1950-2020) (CRED, 2020).

Vulnerabilidad hídrica: una construcción social

El proceso de privatización del agua implicó su resignificación y recodificación bajo criterios mercantiles, ampliando directamente los mecanismos de acumulación de capital (natural) por desposesión, fomentados, incluso (y legalmente), desde ámbitos institucionales nacionales e internacionales (Gómez, 2014; Mazabel-Domínguez *et al.*, 2013; Sanz, 2006; Leff, 2004). Con esto se buscó ya no sólo apropiarse de los medios de producción, sino también de las mismas condiciones ecológicas (macro y micro) de la producción (March, 2013; Leff, 2004), a través de controlar cuencas hidrográficas, ecosistemas y agroecosistemas, privatizando territorios y biorregiones a través de diversas vías: desviación, trasvase y contención de cuerpos de agua (presas, hidrovías, ríos) para zonas urbanas e industriales, privatización “colateral” por contaminación (industrial, biológica, salinización, *fracking*), imposibilitando el uso a otros, privatización (y monopolización tecnológica) de los servicios de extracción, purificación, venta, distribución y embotellamiento del agua (Mazabel-Domínguez *et al.*, 2013). Esto implicó resignificar el agua como una mercancía de acceso exclusivo, con pago diferenciado, vulnerando derechos fundamentales de las comunidades y sus capacidades en la gestión de sus recursos naturales, lo que ha devenido en la destrucción de formas de vida, cultura y economías locales, nutriendo el descontento social de grandes regiones

en el mundo (Méndez & Fuente, 2020; Sanz, 2006), y lo que PNUD (2014: 3) designa como la erosión mundial del contrato social.

Lo anterior refiere a una descomposición de los modelos de gestión del agua, donde se fusiona la problemática hídrica global con las situaciones de múltiples comunidades, nutriendo los problemas sintetizados: escasez, sobrepoblación, sobreexplotación, contaminación, enfermedades, etcétera. Es decir, un sistema entrópico hídrico *glocal*, (Robertson, 2003), con múltiples mecanismos de retroalimentación, que afecta a países y cuencas subcontinentales, enfrentándolos a déficits y brechas hídricas cada vez más amplias (2030 WRG, 2009; PNUD, 2006) (Figura 5), por lo que es posible enlistar ciudades que podrían quedarse sin agua para la siguiente década: Ciudad de Cabo (África), Sao Paulo (Brasil), Bangalore (India), Pekín (China), El Cairo (Egipto), Yakarta (Indonesia), Moscú (Rusia), Estambul (Turquía), CDMX (México), Londres (Inglaterra), Tokio (Japón), Miami (EUA) (BBC, 2018).

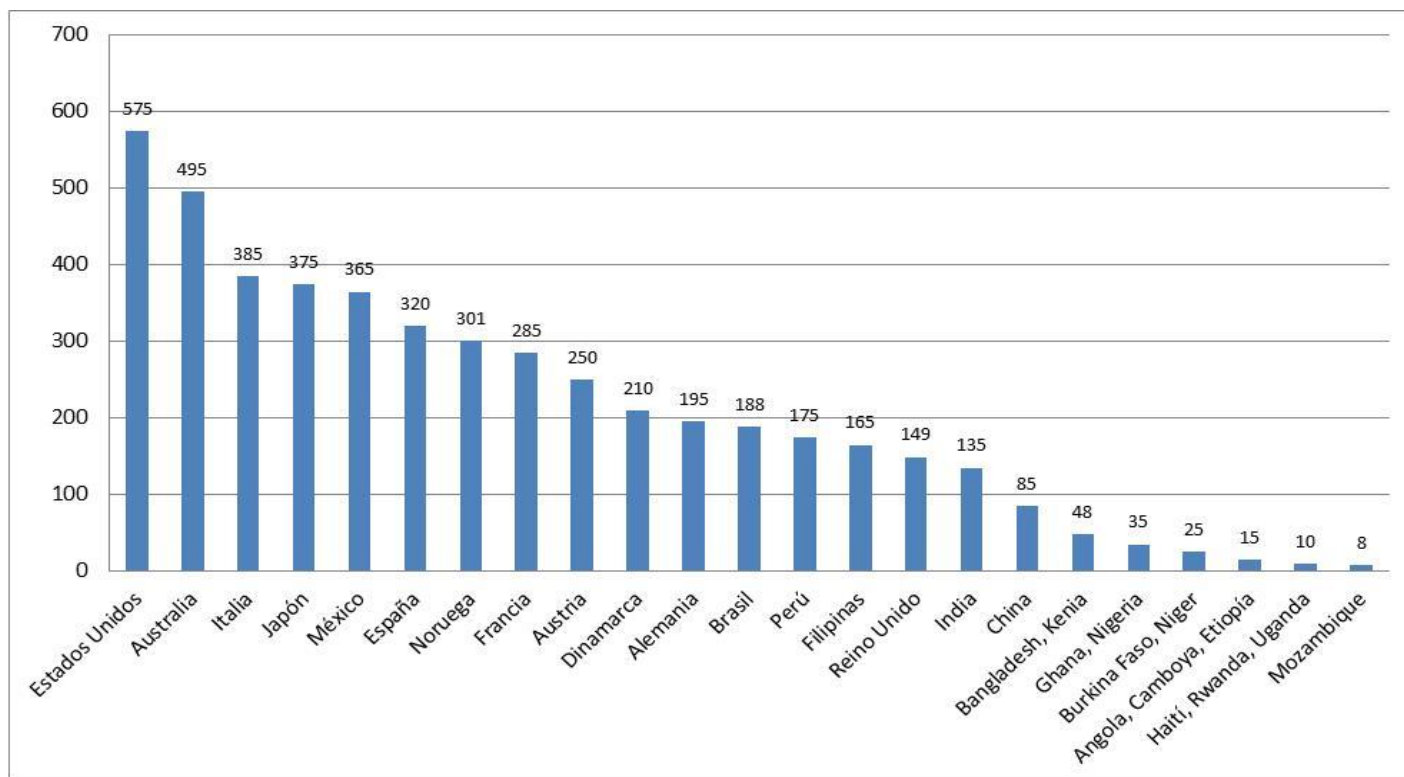


Figura 5. Brechas hídricas a nivel mundial. Uso promedio per cápita de agua utilizada (litros). Elaboración con datos de PNUD (2006: 34).

En este contexto, Latinoamérica posee el 15 % de la superficie del planeta, lo que le permite contar con alrededor del 30 % de capacidad de captación de agua de lluvia y generar 33 % de la escorrentía global, suficiente para abastecer de 28 000 m³/hab. de agua, por año, a su población actual, la cual es menos del 10 % de la población mundial. Esto es superior a la media general (8 000 m³/hab/año) (Ávila, 2002; FAO, 2000:15). Sin embargo, la distribución y el acceso a estos recursos hídricos es diferenciada (geográfica y ambientalmente) y predeterminada

(social, económica y geopolíticamente), por lo que hay un desbalance hídrico interregional, generando una carta geográfica de posibles tensiones socioambientales a mediano y largo plazos, principalmente en la costa del océano Pacífico (Temper, Bene, & Martínez, 2015; Ferro, 2013). Este desbalance hídrico se puede compaginar con el proceso de vulnerabilidad socioeconómica de los países latinoamericanos, en donde se conjugan sistemas institucionales deficientes con la extracción excesiva de recursos naturales. Esto aumenta los índices de riesgo (PNUD, 2014: 119) y genera un sistema regional, a la baja, en la gestión y disposición de agua (Figura 6).

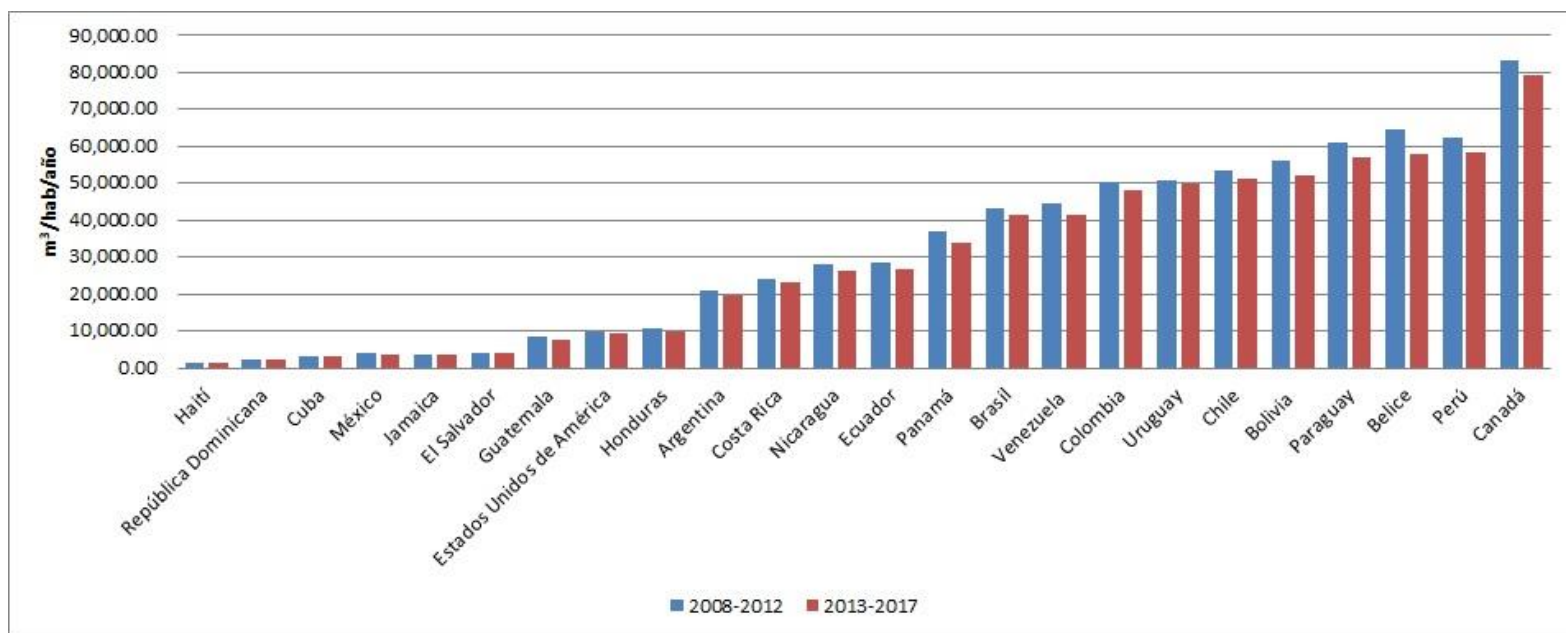


Figura 6. Disposición total de recursos hídricos renovables per capita en América Latina (dos quinquenios). Elaboración con datos de FAO (2016).

De acuerdo con el Índice de Disponibilidad Hídrica (Falkenmark, Lundqvist, & Widstrand, 1989), el estándar aceptado para satisfacer los requerimientos básicos de agua (agricultura, industria, energía y ambiente) de una sociedad es de 1 700 m³/hab/año. Cuando dicho indicador baja a niveles inferiores se habla de escasez hídrica periódica o limitada, y por lo tanto, estrés hídrico (Ballesteros, Arroyo, & Mejía, 2015: 12). Uno de los principales países que está más cerca del límite de escasez hídrica en América Latina en función de sus recursos hídricos globales (totales) renovables es México (4 850 m³/hab/año) (FAO, 2000). De acuerdo con FAO (2021), dicho estrés hídrico ha crecido del 28.3 %, en 2002, a 32.95 % en 2017. De acuerdo con el peso social (7° en Índice de Desarrollo Humano - IDH), económico (3° en la región), geográfico, ambiental y poblacional (20 % de la población regional) (CEPAL, 2019; PNUD, 2020), una crisis así implicaría una resonancia inédita en toda la región. Al respecto, la vulnerabilidad hídrica de México ha sido construida, social e históricamente, durante los últimos 40 años, perdiendo por sobreexplotación alrededor de 60 000 hm³ de su reserva estratégica de agua subterránea. Esto se aceleró, actualmente, a un ritmo de 5 400 hm³/año. En 1981, el número de acuíferos sobreexplotados era de 36. En 2013, era de 106, extrayéndose alrededor del 60 % del agua subterránea (Romero, Palacios, & Escobar, 2017; Escobar-Villagrán & Palacios-Vélez, 2012). Esto ha generado una dinámica en barreno en la cantidad de recursos hídricos renovables para el país (Figura 7).

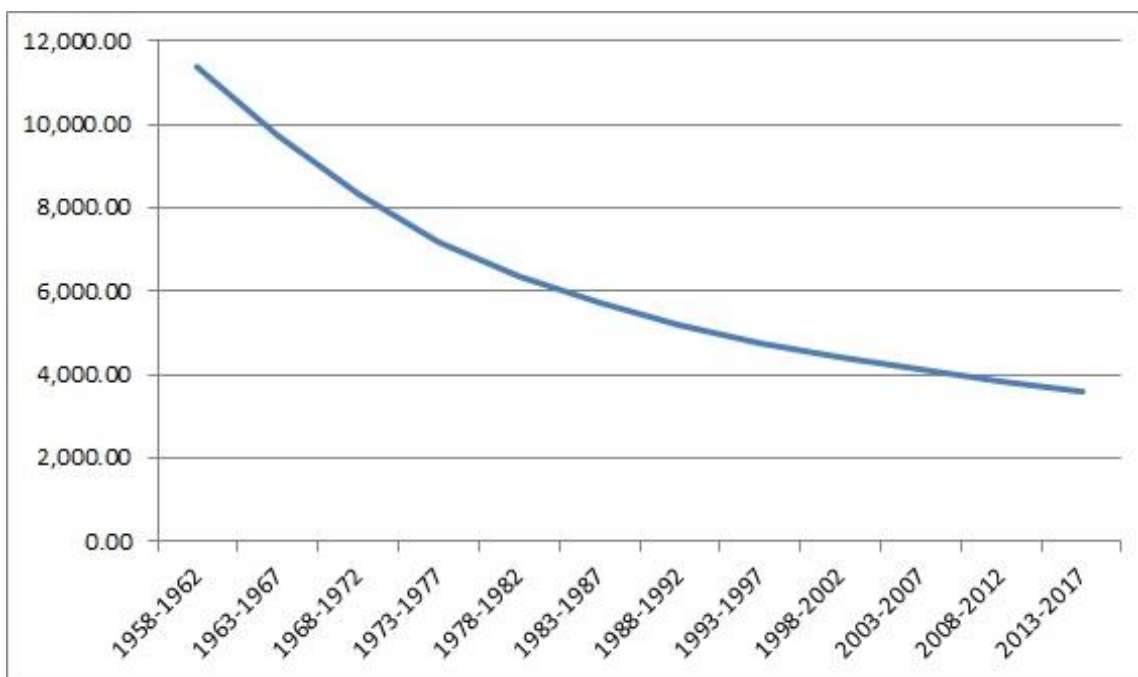


Figura 7. Recursos hídricos renovables totales per cápita (m³/hab/año) en México. Elaboración con datos de FAO (2016).

Esto es un indicativo de la disparidad existente en el volumen hídrico disponible per cápita en México; algunas áreas ya pueden ser catalogadas como de alto estrés hídrico. Al sumar el impacto del cambio climático, marginación de regiones del sur/norte y ampliación de los centros urbanos y sistemas de riego agrícola, el cuadro resultante es una crisis hídrica nacional enlazada con conflictos locales y regionales diversos (Armendáriz, 2020; Martínez, 2017; Kauffer, 2017; Campos-Cabral & Ávila-García, 2015; Pacheco, 2014; Becerra, Sáinz, & Muñoz, 2006), así

como con la descomposición institucional generada en México por la privatización y descentralización neoliberal del sector público (OCDE, CAF, & CEPAL, 2018: 256; Fix, Flores, & Valadés, 2016: 167; Dabat, Leal, & Romo, 2012; IIJ-UNAM, 2011). En la construcción de tal descomposición destaca la conjugación de factores político-normativos, económicos, tecnológicos, así como urbano-poblacionales (Briseño & Sánchez, 2018; Lahera, 2010). Lo anterior permite sugerir que el conflicto se ha escalado y diseminado a nivel estructural y *glocal*.

Esto permite aludir al grado de vulnerabilidad de las capacidades de resiliencia de la propia sociedad mexicana al colocarse en dicha situación de riesgo. En este contexto, se considera a la resiliencia como un valor comunitario donde se conjugan capacidades sociales de innovación, colaboración, protección y gestión de aquellos recursos (naturales, intelectuales, culturales, etc.) que permiten adaptarse a eventos catastróficos (desestructurantes), y reponerse para recuperar, posteriormente, una determinada estabilidad y cohesión de los núcleos humanos, manutención de los bienes materiales y funcionalidad de la comunicación entre sus integrantes (Acosta, Chandra, & Madrigano, 2017; Byanyima, 2014; McManus *et al.*, 2012). Parte de las cualidades resilientes de una sociedad pueden inferirse por su capacidad de respuesta de sus sistemas institucionales y comunitarios, en rubros tales como: 1) democratización de la información y conocimiento generados para mejorar y/o restaurar dichas capacidades; 2) creación de políticas y programas que protejan al ciudadano absorbiendo aquellos cambios radicales del entorno que pudieran desestructurar el modelo social local

(así como económico, cultural, tecnológico, ambiental, etc.), y 3) capacidades para reformular e innovar el propio modelo organizativo (Frankenberger, Langworthy, Spangler, & Nelson, 2012: 10; Sampedro, 2009; Hamel & Valikangas, 2003; Bell, 2002). En contraste con esto, sistemas institucionales deficientes vulneran las capacidades de resiliencia (PNUD, 2014: 119), por lo que la descomposición del sistema de gestión de agua en México estaría indicando una descomposición a nivel institucional.

En relación con lo anterior, sugerimos que un elemento central de este déficit hídrico antrópico se deriva de los sistemas institucionales responsables de la gestión de la sostenibilidad en el país (planificación en la extracción/reinversión de los recursos naturales). En este contexto, si bien un déficit hídrico podría relacionarse con fenómenos naturales, como una sequía, el tema de la escasez hídrica tiene que ver directamente con un sistema de extracción desorbitada del recurso, y un acceso y distribución desigual al mismo (Padilla, 2012). Esto es, una construcción social donde el ámbito antrópico está conjugado de forma aleatoria con el ámbito natural (Garza, 2004; Meli, 2001:7), generando impredecibles y acumulados índices de vulnerabilidad sobre activos y medios de vida de las poblaciones (Soares & Sandoval-Ayala, 2016; Blaikie, Cannon, Davis, & Wisner, 1996). Al respecto, FAO (2012:30) señala tres variables que inciden en esta construcción social: desfase de la oferta ante la demanda, infraestructura insuficiente para satisfacer la demanda de agua, y deficiencias institucionales para garantizar un acceso seguro y equitativo. En ese contexto, se sugiere que esta vulnerabilidad hídrica se debe a la

presencia de sistemas sociales e institucionales de distribución desigual de la propia riqueza hídrica en México.

Lo anterior indica la necesidad de abordar la problemática del agua considerando la presencia de sistemas que amplifican la desestructuración de la capacidad institucional para la gestión hídrica. Esto abre la posibilidad de caracterizar la dinámica social de los subsistemas institucionales responsables de ello, uno de los cuales es el sector científico-académico que incide en los procesos de gestión e investigación hídrica en el país. Por lo tanto, son lícitas las siguientes preocupaciones: ¿Cuáles son los patrones organizativos que prevalecen en la estructura social de investigación especializada en el tema hídrico? ¿Cuáles son las principales áreas científicas desarrolladas por dicha estructura y las posibilidades de resiliencia de la misma ante la descomposición de los sistemas sociales de gestión de agua? En este contexto, la presente investigación se planteó el objetivo de reconocer y analizar elementos estructurales en la investigación hídrica en México. Antes de ello, es preciso señalar que este trabajo no pretende abarcar “toda” la investigación hídrica en el país, pues está fuera de sus posibilidades, salvo proponer un acercamiento metodológico a una temática compleja en tiempos de escenarios totalmente inéditos.

Metodología

La complejidad sobre la disposición y acceso a los recursos hídricos en el mundo expresa un sistema emergente de confluencias: todas las sociedades están y estarán discurriendo, en el corto y mediano plazos, hacia la necesidad de analizar la sustentabilidad de sus sistemas de gestión hídrica. En este punto, es inevitable pensar en los subsistemas institucionales responsables de plantear métricas, parámetros y/o alternativas para su aprovechamiento. Uno de estos subsistemas es el científico-académico, involucrado en la formación de instituciones, recursos humanos (técnicos, investigadores, funcionarios, etc.) y teorías que inciden en la construcción social del sistema de gestión del agua. Este sector social requisita dichas características ya que, como todo sistema social, se conforma por organigramas (formales e informales) de asociación, y se dinamiza a través de pautas de comportamiento derivadas de tradiciones, creencias y raciocinios practicados entre los individuos (Alpuche & Bernal, 2015; Suárez, 2008). Una de las acciones sociales que se diversifica con esto es la colaboración científica, en la cual subyacen estructuras sociales concretadas a nivel subjetivo y expresadas como hábitat de conexiones interpersonales, donde la valencia filial es la unidad de cohesión social comunitaria (Nuñez, 2020).

El análisis del *residuo* estructural, derivado de la coparticipación científica, es un tema que ha venido ampliándose en la investigación social (Molina, Muñoz, & Domenech, 2002), con el objetivo de describir la

aglomeración social en disciplinas y subsistemas de investigación. Incluso se llegan a utilizar indizadores genéricos (WOS, Scopus, SciELO, etc.) que permiten realizar inferencias a un nivel general de aglomeración entre disciplinas, subsistemas de investigación e instituciones, a fin de comprender patrones estructurales de todo el conjunto (Ruiz & Russell, 2016; Wezel & Soldat, 2009; Gil & Ruiz, 2009). Sin embargo, este tipo de investigaciones están acotadas por criterios metodológicos, comerciales (y políticos) del propio indizador (Devyatkin, Nechaeva, Suvorov, & Tikhomirov, 2018), por lo que quedan limitadas para analizar este tipo de entramado social y sus posibles cualidades de resiliencia estructural, principalmente en áreas particulares de investigación de sectores estratégicos como la gestión del agua. En tal contexto, la colaboración en la producción científica también es una acotación acerca de la forma en cómo ha devenido la sinergia en la comunidad académica, por lo que logra expresar parte de sus fortalezas o debilidades. Por otro lado, si bien la coparticipación y/o coautoría en trabajos científicos no expresa *todo* el horizonte y complejidad del concepto de colaboración académica, dada su *parcialidad* (López, 2010; Russell, Madera, & Ainsworth, 2009), abordar la estructura de coautorías de una determinada comunidad implica acceder a la estructura de atribuciones que subyace en su interior (Molina *et al.*, 2002; Troyano, Martínez, González, & Velasco, 2005), y por lo tanto, observar el comportamiento cohesivo y distributivo del peso social entre sus miembros.

En esta dirección, se sugiere que la vinculación científica deviene en un producto construido con base en insumos de sociabilidad (reciprocidad,

colaboración, empatía, etc.) y espacios del común acuerdo, motivados a través de diversos grados de confianza entre individuos; por consecuencia, la aglomeración científica (investigación, docencia, servicio, etc.) genera un indicador *asortativo* (anglicismo referente a agrupaciones entre sujetos con preferencias similares; ver Newman, 2002), que permite analizar su comportamiento estructural. Por lo tanto, la participación en productos de investigación, como publicaciones, expresa la existencia de patrones de asociación y complicidad filial, por una cuestión básica: la generación de conocimiento es una experiencia comunitaria, producida por investigadores agrupados en formas (comités, equipos, cuadrillas, etc.) que continuamente se imbrican entre sí: colaborando, intercambiando, compartiendo distintos recursos (económicos, humanos, intelectuales, etc.) para lograr determinados productos, como manuscritos científicos, los cuales contienen un modelo de asociación determinado, una experiencia social particular (Milard, 2010), que sintetiza elementos sociales, tales como diversidad, sinergia, reciprocidad, confianza, etcétera. Esto expresa, a su vez, una estructura poco visible, nutrida de relaciones de filiación y empatía entre los miembros de dichos grupos.

Analizar esto último posibilita explorar la forma en que se organizan estas colectividades, cómo (y con quién) comunican los resultados de sus investigaciones, a qué áreas científicas pertenecen y desde qué instituciones lo llevan a cabo; por lo tanto, se accede a patrones de sociabilidad subyacentes en estos procesos de colaboración (Mendieta & Ruiz, 2009), posibilitando, incluso, la constatación de amplias

comunidades (colegios) conceptuales, invisibles y dispersas a lo largo de múltiples territorios científicos. En este sentido, si bien los *hábitats* epistemológicos pueden presentarse como independientes entre sí (López, 2010), continuamente se imbrican y subsumen a través de prácticas cotidianas de colaboración interdisciplinaria. Considerando este supuesto de aglomeración científica, para la elaboración de este trabajo se seleccionó un esquema deductivo mixto y una muestra determinística, por conveniencia, utilizando dos herramientas básicas.

1. Archivo histórico de manuscritos publicados en la revista *Tecnología y ciencias de agua* (Tyca), durante el periodo 2010-2018. Este archivo es de acceso público y dispuesto, para análisis y consulta, en el *link* <http://www.revistatyca.org.mx/index.php/tyca>. El contenido de estos trabajos publicados es obligatoriamente citable. Actualmente, Tyca pertenece a diversos índices nacionales e internacionales de documentación y difusión de conocimiento científico y técnico de la ciencia, tales como Journal Citation Reports (JCR), Scopus, SJR SCImago Journal & Country Rank (2007-2020), ProQuest (Cambridge Scientific Abstracts), Scielo y Latindex, entre otros. Con respecto a las calificaciones obtenidas, Tyca participa en el Sistema de Clasificación de Revistas Mexicanas de Ciencia y Tecnología (CRMICYT) del Conacyt. De acuerdo con el subcapítulo VII. Ingenierías, Tyca es una de las dos revistas mexicanas que poseen una clasificación Q3; para el Journal Citation Report (JCR) tiene un factor de impacto de 0.29 (Conacyt, 2016), y de acuerdo con Scopus/Scimago Journal & Country Rank (SJR) su ranqueo de citación es de 0.195, siendo la única revista mexicana con la

clasificación Water Science and Technology, que se encuentra en el tercer cuartil (Q3) de la clasificación del índice SJR (SJR, 2007-2020). Si bien Tyca no es la única revista sobre temas hídricos en México, es un medio altamente especializado en el tema agua, pero con rangos de publicación que abarcan campos relacionados con la gestión, aprovechamiento, uso, explotación, conservación, cuidado y conocimiento del agua, y demás recursos naturales asociados, como suelo y bosque, por lo que se amplía hacia disciplinas como agua y energía; calidad del agua; ciencias hidroagrícolas; ciencias políticas y sociales; gestión del agua; hidrología e hidráulica (Tyca, 2020).

La construcción de este perfil de citación, en el mundo de la investigación científica, indica un determinado grado de confianza, al ser considerada como una fuente fidedigna y verificable de conocimiento científico hídrico. Ante esto, muchos especialistas acuden a Tyca para difundir los resultados de sus investigaciones. Este gradiente de certidumbre y aglomeración social expresa una valoración estructural en la construcción del conocimiento científico. En esta dirección, abstrayendo a Tyca de una noción solipsista y conceptualizándola como un espacio social de difusión y discusión del conocimiento hídrico, el producto analizado deriva de las fórmulas sociales preestablecidas por los mismos autores, desde sus instituciones. Esto permite considerar a Tyca dentro de los parámetros de esta investigación.

Cada documento publicado en Tyca aportó información como año de publicación, número/volumen de la revista, autores, su institución/nacionalidad de origen, título y temáticas de incursión hídrica,

etcétera. Esto llevó a estandarizar la onomástica de nombres propios, así como de instituciones y países, permitiendo contar con un congregado de 453 documentos elaborados por 1 274 autores, provenientes de 259 instituciones y 36 nacionalidades. Tomando como unidad de análisis la coautoría de cada documento, la información se organizó y sistematizó en matrices de adyacencia binarias, unimodales y bimodales, discriminándose autorías en solitario. Por su parte, la información de nacionalidades, áreas de conocimiento, instituciones y año de publicación ofreció una batería de atributos para las unidades de análisis relacional: autor-coautor y área-área. Para esto último, se predeterminaron 49 áreas de vinculación e investigación adyacentes y dependientes, obteniendo díadas superpuestas de temáticas científicas, por lo tanto, estructuras de solapamientos gnoseológicos. Para analizar esta información se utilizó el Análisis de Redes Sociales (ARS).

2. Análisis de Redes Sociales (ARS). El trasfondo estructuralista, el determinismo matemático y la analítica visual integrados al ARS permiten *aprehender* la complejidad y dimensionalidad topológica de la estructura social, principalmente a través del análisis de la recombinación de los atributos relacionales de los sujetos en un entorno social dado (López, 2010; Vélez, 2007; Sanz, 2003). Por lo tanto, la unidad de dicho análisis es un tándem generado por conjuntos de individuos, vínculos establecidos entre sí y sus flujos de información (Wasserman & Faust, 2013: 37; Machín, 2012: 64). Esto permite conocer el diámetro de una red social, al determinar la distancia máxima entre nodos, su fortaleza y debilidad de los lazos (Granovetter, 1983). Las paradojas sociales cotidianas entre

sujetos generan un comportamiento isomórfico que gesta una riqueza social expresada a través de múltiples egocentrismos que, en un comportamiento exponencial, da lugar a estructuras sociales de afiliación y/o referenciales. Esto es, la sociocentricidad del fenómeno social es expresión algebraica del egocentrismo de la vinculación social, por lo que valores como cohesión, colaboración, vinculación, dispersión, etcétera, son susceptibles de convertirse en unidades mensurables y analizables permitiendo evaluar la eficiencia e innovación comunicacional de grupos de investigación en su gestión de recursos (sociales, intelectuales, etc.). De esta forma, a mayor diversidad de vínculos sociales, mayor densidad social, y por lo tanto mayor capacidad de colaboración y gestión de potencialidades (sociales, políticas, económicas, etc.).

Para esto, se utilizó parte del aparato conceptual del ARS, a fin de expresar la centralidad y el agrupamiento de los actores en función de su entorno:

1. El grado nodal (*degree*) identifica capacidades sociales de empatía de los actores para comunicar, intercambiar y tener acceso a información privilegiada sobre los eventos que están ocurriendo en la red; dicha capacidad es sistematizada por medio del conteo del número de vínculos directos de cada actor (Wasserman & Faust, 2013; Paniagua, 2012). De acuerdo con Machín (2012: 68), la igualdad matemática que auxilia en esto para grafos no orientados y normalizados es:

$$C_g(n_i) = \sum^A L(n_i, n_j) / (A - 1)$$

Donde $C_g(n_i)$ representa el número de nodos a los cuales está conectado n_i , dividido entre la amplitud de la red analizada menos uno ($A - 1$).

2. La intermediación (*betweenness*) entre nodos aborda la capacidad de determinados individuos para *customizar* el flujo de información entre dos actores que no poseen relación directa, logrando posicionarse como puentes obligados entre actores de una determinada red (Wasserman & Faust, 2013: 212). Machín (2012: 69) sugiere la siguiente fórmula matemática para determinar dicha capacidad:

$$C_I(n_i) = \sum g_{jk}(n_i) / g_{jk} \quad \forall j < k$$

Donde $C_I(n_i)$ es el grado de intermediación; $g_{jk}(n_i)$, el número de distancias geodésicas entre los nodos j y k que pasan a través de un nodo i ; g_{jk} , el número de distancias geodésicas que vinculan a j y k .

3. La eficacia de toda red social para gestionar el flujo y rapidez con que se traslada la información de un nodo a otro se expresa a través del concepto de densidad social. En este caso, la transitividad al interior de una red social es directamente proporcional a la mutiplicidad de las posibles vinculaciones existentes entre un grupo (conexiones reales), por lo que valores altos de densidad social significan mayor eficacia en el traslado de información. Los valores van de 0 (no existe vinculación) a

100 % (todos los nodos están plenamente vinculados). Wasserman y Faust (2013: 154) proponen el cálculo de esta propiedad a través de:

$$\Delta = \frac{L}{g(g-1)}$$

Donde Δ es la densidad; L , el número de relaciones reales, y $g(g-1)$ es el número de relaciones posibles.

4. El análisis de la transitividad estructural expone dinámicas de subaglomeración debido al comportamiento de actores con intereses y valores compartidos de empatía y cohesión social (Hanneman & Riddle, 2005: 175). Esto los identifica como grupos densos, compactos y conectados; se les denomina cliques. De acuerdo con Brandes y Erlebach (2005: 114), Turán (1941) definió el cálculo para determinar la presencia de cliques de ciertas proporciones con respecto al tamaño de una red de la siguiente forma:

$$G = (V, E) \text{ si } m > \frac{n^2}{2} \cdot \frac{k-2}{k-1}$$

En este contexto, $G = (V, E)$ es un grafo no dirigido, por lo que existe un clique del tamaño de k entre G .

Según estos autores, la identificación de cliques en la vida real es relativa por su constante superposición, de aquí que un grado alto de superposición indica un mayor intercambio de información entre camarillas, aunque menos integración y control de dicho flujo. Estos valores ofrecen, en situaciones particulares, la posibilidad de reconocer el potencial de innovación y recuperación social de la estructura en red.

5. De acuerdo con Girvan y Newman (2002), la transitividad estructural también permite expresar la capacidad de agrupamiento de dos nodos en función de un vínculo en común con un tercero. Esto aumenta su probabilidad de conocerse y agruparse en un mismo subgrupo. Este comportamiento, conocido como coeficiente de clusterización, permite distinguir grupos específicos. La diversidad e intensidad de estos vínculos indica los procesos de cohesión y posibilidades de innovación al interior de dichos colectivos y/o racimos sociales (Ramos-Vidal, 2015).

Los cálculos y estadísticos descriptivos fueron realizados con *UCINET*, versión 6.587; los grafos se elaboraron con *NETDRAW* y *Visone* 2.8.1.

Resultados y discusión

Tyca se deriva de una larga línea de publicaciones mexicanas especializadas en el medio hídrico, comprendiendo un currículum de alrededor de 80 años de publicaciones (Tyca, 2020). En función de esto, es un instrumento especializado en el tópico hídrico. De acuerdo con el análisis realizado y el periodo involucrado en la investigación (2010-2018), entre 2010 y 2014 Tyca tuvo un periodo de consolidación e incremento en la contribución de trabajos; 2014 fue el año más significativo en la curva de producción científica. A partir de 2015, la curva comenzó a descender (repuntando en 2017), llegando, en 2018, a un 11.26 % de la producción total. El descenso entre el año tope, 2014, y el último año analizado, 2018, fue de -0.20 % (Figura 8).

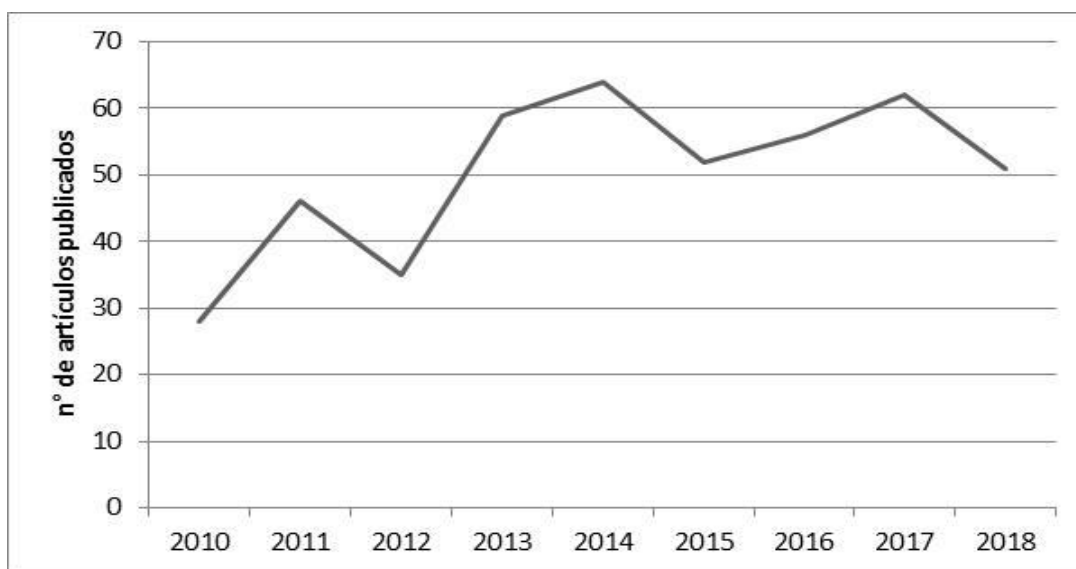


Figura 8. Evolución en la producción científica hídrica presentada en Tyca (2010-2018). Elaboración con datos de Tyca (2019).

Esta dinámica editorial posibilita explorar tres dinámicas: 1) delimitación de campos de investigación hídrica. El temario general, propuesto por Tyca, y la diversidad de los temas hídricos publicados, permitieron proponer 49 áreas de aglomeración científica (Tabla 1).

Tabla 1. Definición de 49 áreas de investigación hídrica en México 2010-2018. Elaboración con datos de Tyca (2019).

Áreas de investigación hídrica				
Abastecimiento	Desalinización	Hidráulica	Inundaciones	Precipitación
Acceso al Agua	Dinámica Pluvial	Hidrodinámica	Irrigación	Prod. costera
Agricultura	Eco-hidrología	Hydroenergía	Mecánica de Ríos	Protección Costera
Agua Residual	Ecología	Hidrogeología	Mecánica de Suelos	Recurso Hídrico
Balance Hídrico	Erosión de Playas	Hidrografía	Medio Ambiente	Sequías
Biotecnología	Erosión Hídrica	Hidrología	Meteorología	SIG

Calidad del Agua	Evapotranspiración	Hidrología Forestal	Mitigación de Riesgo	Huella Hídrica
Cambio Climático	Eventos Meteorológicos Extremos	Infraestructura	Oceanografía Geológica	Sustentabilidad
Capital Social	Física	Ingeniería	Pesticidas	Transferencia de Tecnología
Climatología	Gestión de Proyecto	Inteligencia Artificial	Política Hídrica	

De acuerdo con esto, 20 áreas concentraron el 88.08 % de los trabajos científicos (Figura 9), destacándose: Hidrología (10.60 %), Ingeniería (9.71 %), Agricultura (9.05%), Hidrodinámica (7.73 %), Agua Residual (6.84 %), Abastecimiento de Agua (5.96%), Calidad del agua (5.30 %), Balance Hídrico (4.86%) y Cambio Climático (4.86 %), entre otras. Estas cinco últimas son evidencia de la creciente preocupación indicada por Mejía *et al.* (2017), The y Blomqvist (2017), y González (2016): la creciente presión y contaminación sobre el recurso agua y su contaminación.

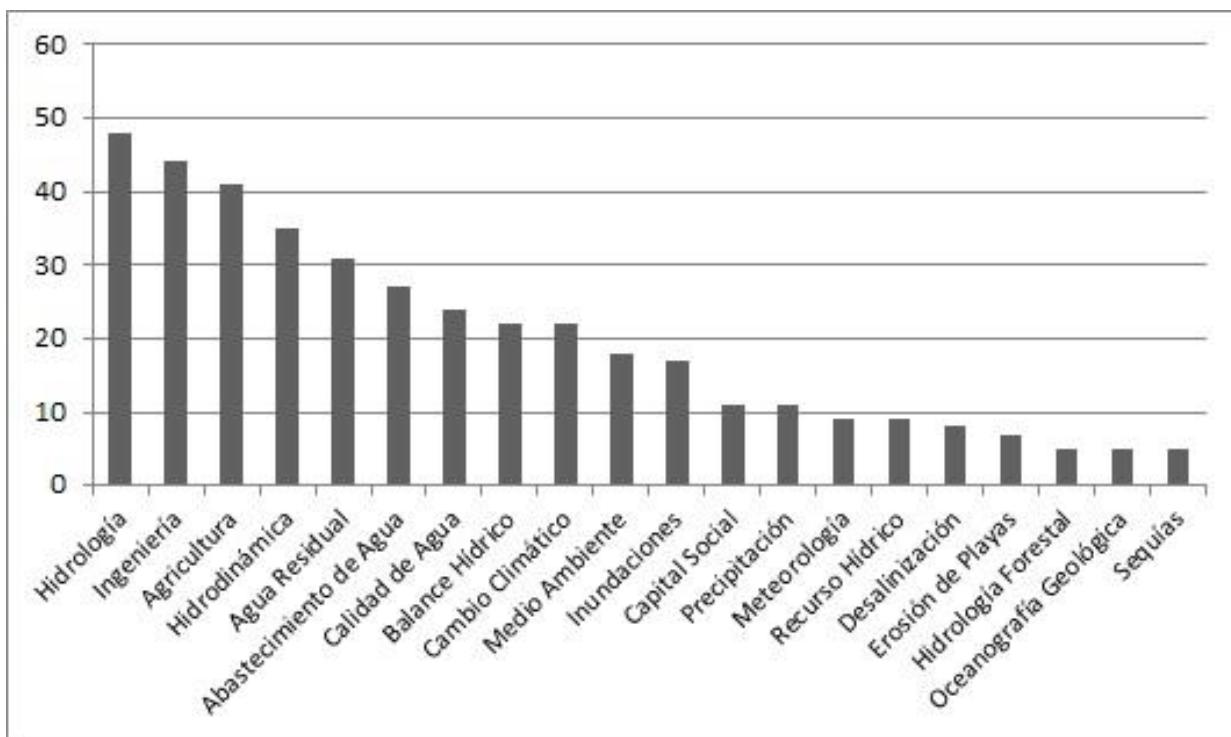


Figura 9. Principales áreas de investigación científica en cuanto a artículos publicados (2010-2018). Elaboración con datos de Tyca (2019).

2. Esta actividad científica sugiere fluctuaciones, por áreas y por año, en la investigación hídrica (Figura 10). Al respecto, Hidrología, que tuvo el mejor desempeño, presentó un pico de producción científica en 2013 (27.08 %), aunque en 2016 este porcentaje bajó (2.08 %), cayendo alrededor de 92 %. Por su parte, Ingeniería fue prominente en 2011 (27.27 %), aunque un año antes su producción fue de sólo 4.55 %. A pesar de que en 2010 Agricultura tuvo una producción limitada (4.88 %),

en 2017 se incrementó 19.51 %. Hidrodinámica tuvo su mejor desempeño en 2014 (25.71 %), pero en 2017 bajó su producción (5.71 %) y en 2018 no presentó trabajos. El área de Agua Residual tuvo, en general, un bajo desempeño durante los primeros años; sin embargo, en 2015 generó el 22.58 % de su producción científica. El tema de Abastecimiento de Agua tuvo un comportamiento particular, pues en 2010 y 2014 su producción científica fue de muy baja a nula, pero en 2015 y 2016 presentó una producción importante (29.63 %).

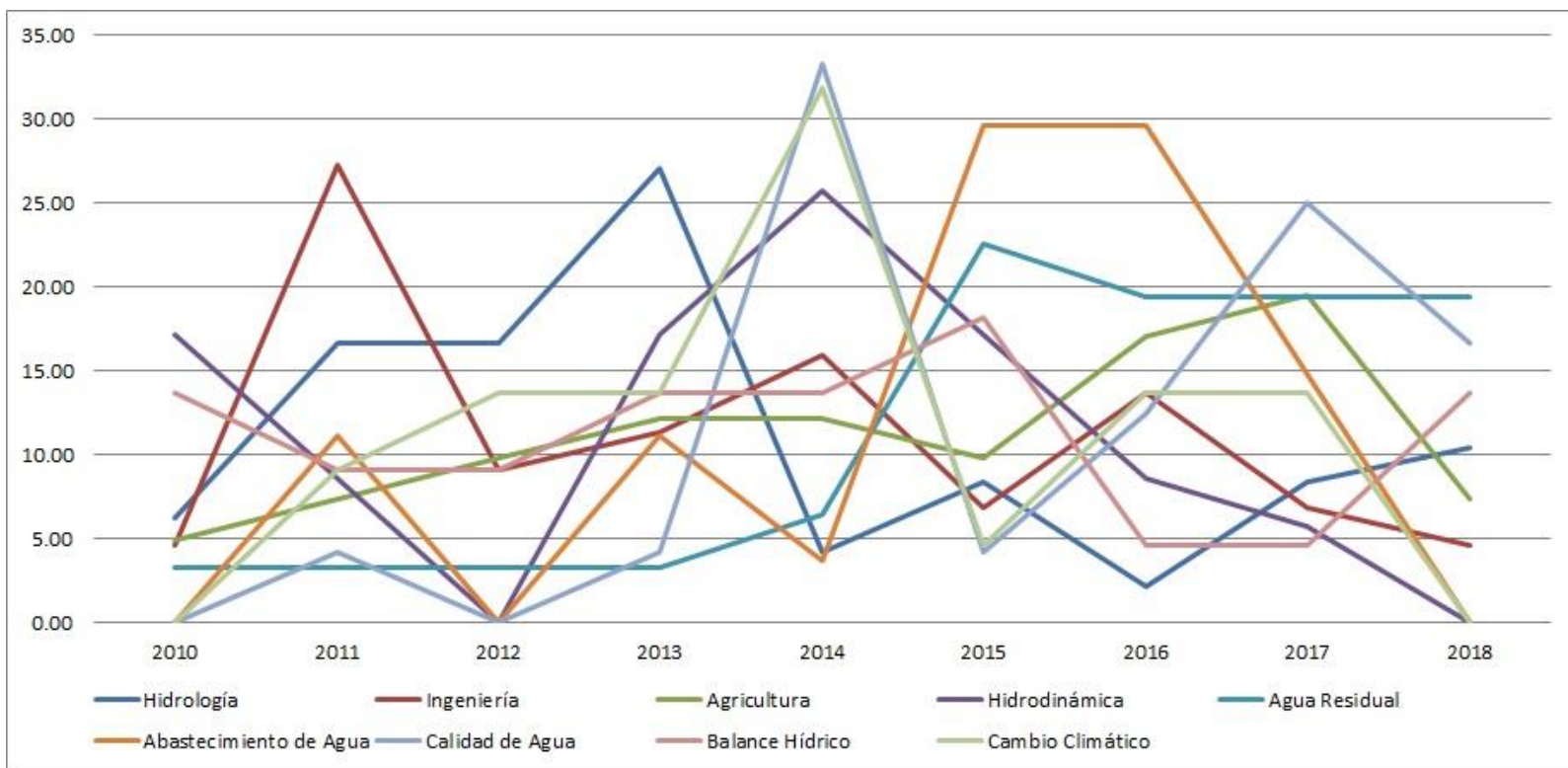


Figura 10. Dinámicas de producción en nueve áreas científicas (artículos publicados). 2010-2018. Elaboración con datos de Tyca (2019).

3. Estas fluctuaciones de investigación suponen una diferenciación en la afluencia de autores, así como una propiedad poco explorada para revistas científicas: como espacios comunitarios epistemológicos. Esto se perfila más al registrar el número de autores por área científica. En este sentido, el 64.54 % de los investigadores se concentró en Hidrología (10.83 %), Agricultura (10.37 %), Ingeniería (8.52 %), Agua Residual (7.36 %), Hidrodinámica (6.84 %), Calidad del Agua (6.14 %), Balance Hídrico (5.04%), Abastecimiento de Agua (4.98%) y Cambio Climático (4.46 %). Al analizar estas fluctuaciones, por año, se observó una tendencia positiva (Figura 11), alcanzando un pico de participación en el año 2017 (14.95 %). Al separar este análisis por trienios, se observó que durante el primer trienio (2010-2012) participó el 22.83 % de autores; en el segundo (2013-2015), se conjugó el 38.76 %; para el último trienio (2016-2018) el porcentaje fue de 38.41 %.

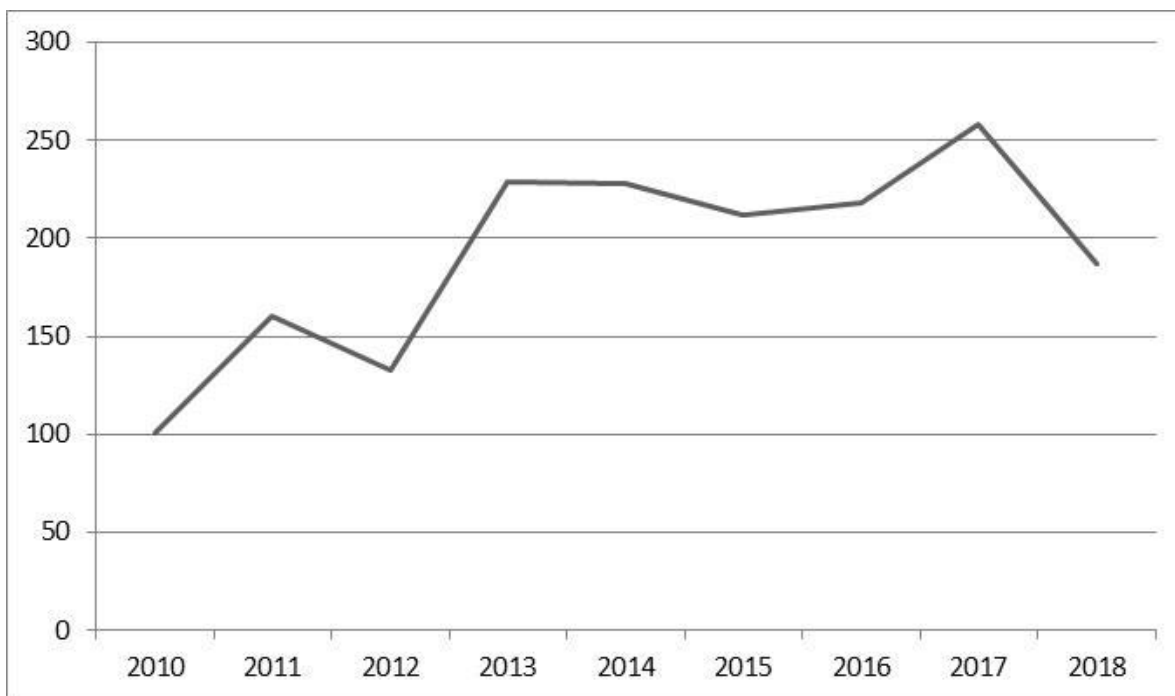


Figura 11. Número de autores, por año, 2010-2018. Elaboración con datos de Tyca (2019).

Las fluctuaciones de autores, por área de investigación, sugieren distintos gradientes de aglomeración social; esto soporta el argumento comunitario como principal fuente de generación de conocimiento. Para esto, se determinó el número de autores asociados por artículo publicado. En esta dirección, el promedio de autores fue de 3.81, con un máximo de 18 y un mínimo de dos. Por su parte, la desviación estándar fue de 1.75 y la varianza de 3.06, lo que señala a equipos principalmente compactos y acotados. Al analizar dichos estadísticos por área, principalmente en aquellas que comprenden el 80 % de los autores (Tabla 2), se obtuvo que

el área de Sequías presentó el promedio más significativo de autores por documento, 7.40, con un máximo de 18 colaboradores y un mínimo de cuatro. Le sigue el área de Calidad de agua, con un promedio de 4.42, un máximo de ocho, y un mínimo de dos autores. Posteriormente, las áreas de Agricultura, Medio ambiente, Precipitación y Meteorología tuvieron un promedio de ± 4.34 autores. Se destaca la posición de la categoría Sequías, la cual presenta una tendencia significativa como nodo de inclusión social, así como su transversalidad con Agricultura, Medio ambiente y Precipitación.

Tabla 2. Composición autorial en las principales áreas de investigación hídrica, 2010-2018. Elaboración con datos de Tyca (2019).

Opciones	Prom.	Max	Min	Desv. est.	Var.
Hidrología	3.90	10	2	1.95	3.80
Agricultura	4.37	7	2	1.26	1.59
Ingeniería	3.34	6	2	1.20	1.44
Agua Residual	4.10	8	2	1.58	2.49
Hidrodinámica	3.37	7	2	1.33	1.77
Calidad de Agua	4.42	8	2	1.91	3.64
Balance Hídrico	3.95	7	2	1.36	1.85
Abastecimiento de Agua	3.19	8	2	1.49	2.23
Medio Ambiente	4.33	10	2	2.17	4.71

Cambio Climático	3.50	11	2	1.99	3.98
Inundaciones	3.47	6	2	1.42	2.01
Precipitación	4.33	7	1	1.78	3.15
Meteorología	4.33	6	3	1.00	1.00
Sequías	7.40	18	4	5.98	35.80

Al analizar la composición numérica de autores por tipo de estratos se observó que la mayor parte de los artículos (72.41 %) fue compuesto por grupos de 2 a 4 autores. Al analizar esta composición de forma ascendente, el tándem predominante fue de 2 a 3 autores (49.23 %), seguido de la composición de 4 a 5 autores (el 37.09 %); por su parte, los equipos de 6 a 7 miembros generó el 10.60 % de los trabajos; el resto (3.09 %) fue generado por grupos ≥ 8 autores (Figura 12).

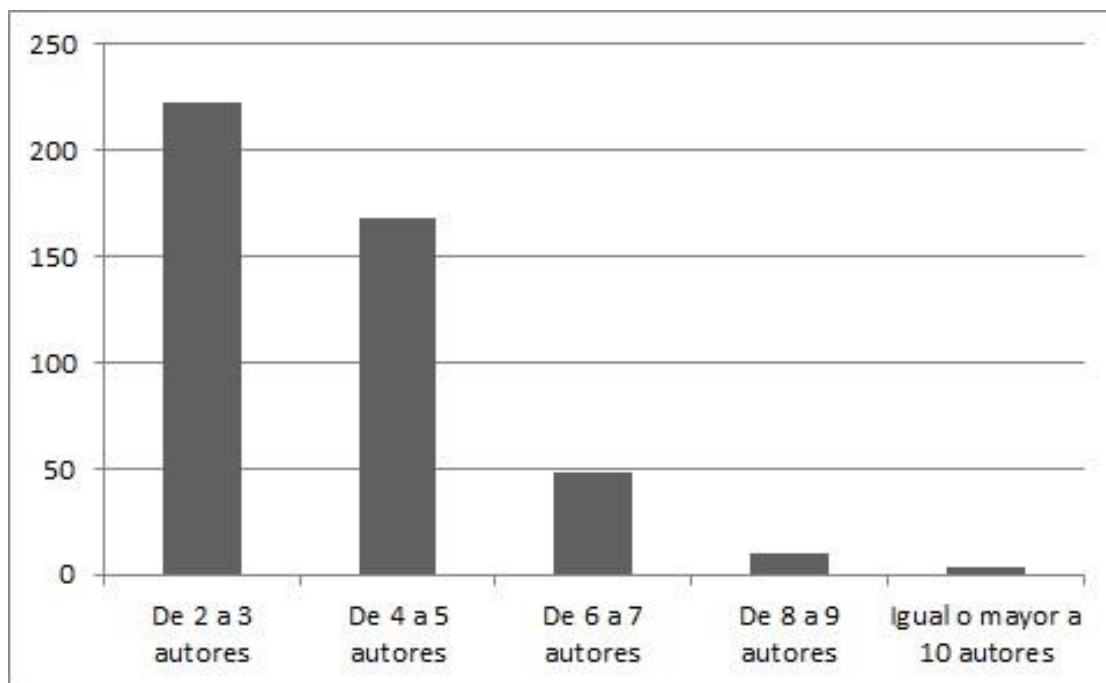


Figura 12. Composición social en el conjunto de artículos científicos, 2010-2018. Elaboración con datos de Tyca (2019).

Lo anterior caracteriza al proceso de asociación y generación de conocimiento hídrico en México como individual y acotado a grupos compactos y cerrados, y por lo tanto, atomizado. En disciplinas científicas, como la Física, los procesos de aglomeración son distintos, llegando a presentar promedios arriba de ocho autores; en el caso de la Agricultura y Ganadería, el promedio fue de cuatro autores, aunque esto tiende a ser dinámico, como lo indica FCCT (FCCT 2018: FCCT, 2006: 121). Al respecto, las fluctuaciones observadas por año, por área científica y número de autores suponen determinados patrones de asociación, en los

cuales la recurrencia y el traslape de autores son valores normales en comunidades de investigación; así, el promedio de participaciones de los autores fue de 1.96, con un máximo de 18 y un mínimo de uno. La desviación estándar fue de 1.88 y la varianza de 3.53. Al analizar las participaciones por estratos, la mayor parte (94.5 %) fueron entre 1 a 5 participaciones; el resto (5.49 %), participaciones ≥ 6 . Esto indica que si bien hubo actores con mayor participación en la generación de una determinada agenda científica hídrica, dicha participación fue más bien baja: al abordar el número de participaciones por autor se constata que los valores más significativos (7.78 %) se concentran en el 1.26 % del total de autores. Estos valores de baja denominación permiten suponer una comunidad científica centralizada y obliga a pensar en cualidades estructurales, por lo tanto, en valores de densidad, integración y amplitud social de la comunidad epistemológica abordada.

Ecosistema de vinculación institucional

Cada artículo científico es resultado de la confluencia interinstitucional: el 33.44 % de los autores provino de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (7.93 %); del Instituto Mexicano de la Tecnología del Agua (IMTA) (6.00 %); del Colegio de Postgraduados (5.49 %); de la

Universidad de Concepción (Chile) (2.67 %); de la Universidad Autónoma Chapingo (Uach) (2.51 %); del Instituto Politécnico Nacional (IPN) (2.39 %), etcétera (Figura 13). Esta presencia institucional indica posibles mecanismo de resiliencia, al poder mantener determinados estándares de gobernanza y gobernabilidad alrededor de la gestión del agua (Murillo & Soares, 2013). De acuerdo con Alpuche y Bernal (2015), y Bell (2020), el peso de las instituciones y su capacidad para liderar fortalezas de la sociedad y afrontar problemas que escapan a los individuos podría ser determinante para los dilemas hídricos señalados.

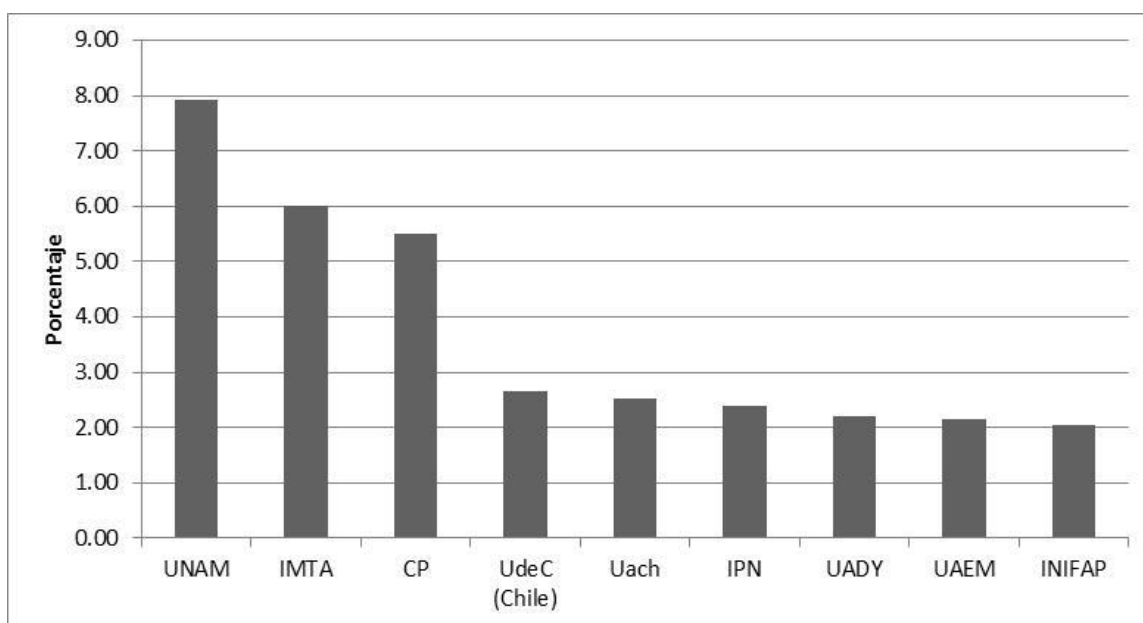


Figura 13. Principales instituciones de origen de los autores, 2010-2018. Elaboración con datos de Tyca (2019).

En la investigación regional hídrica, el 83.99 % de los autores provino de Latinoamérica. México es el principal origen de autores (61.77 %), le sigue España (7.46 %), Argentina (5.97 %), Chile (5.18 %), Colombia (4.55 %), China (4.40 %), Cuba (2.20 %) y Perú (1.33 %), entre otros. Por su parte, la intervencionalidad científica entre nacionalidades mostró los principales intercambios de investigación hídrica de México: EUA (23.53 %), Cuba (19.61 %), Costa Rica (7.84 %), España (7.84 %), Canadá (5.88 %), Chile (5.88 %), etcétera. Cabe destacar las relaciones de EUA con México (68.63%), China (17.65 %) y Chile (9.80 %). Ecuador se destacó por su relación con México (64.29 %), Cuba (14.29 %) y Chile (10.71 %) (Figura 14). Esto evidencia el carácter regional de las preocupaciones hídricas, señaladas por Ballesteros, Arroyo y Mejía (2015:12), y FAO (2000), pero también delinea de forma más concreta la composición de una estructura en red en temas hídricos.

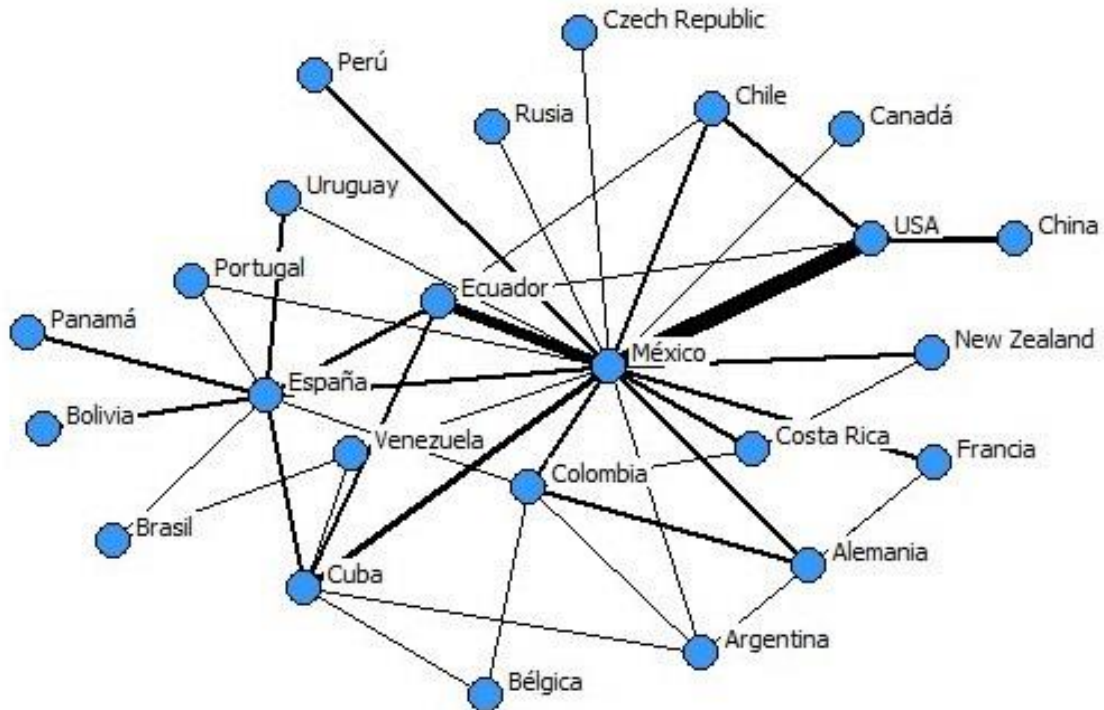


Figura 14. Colaboración hídrica entre nacionalidades, 2010-2018.
Elaboración con datos de Tyca (2019).

Ecosistema epistemológico de la investigación hídrica

Cada artículo científico puede ser conceptualizado como un espacio de confluencia entre investigadores (Milard, 2010; Mendieta & Ruiz, 2009) y también como posibilidad estructural. Esto se puede observar al conjugar las múltiples aristas y vértices que designan la comunión entre sujetos con intereses compartidos (durante nueve años), lo que produce una retícula estructural con flujos y centros con mayor densidad social que otros, con zonas periféricas y zonas concéntricas que hablan de una movilidad del recurso epistemológico sobre temas hídricos (Figura 15), y que permite, por lo tanto, acceder a la comprensión de una porción del sistema comunitario institucionalizado en procesos de gestión hídrica.

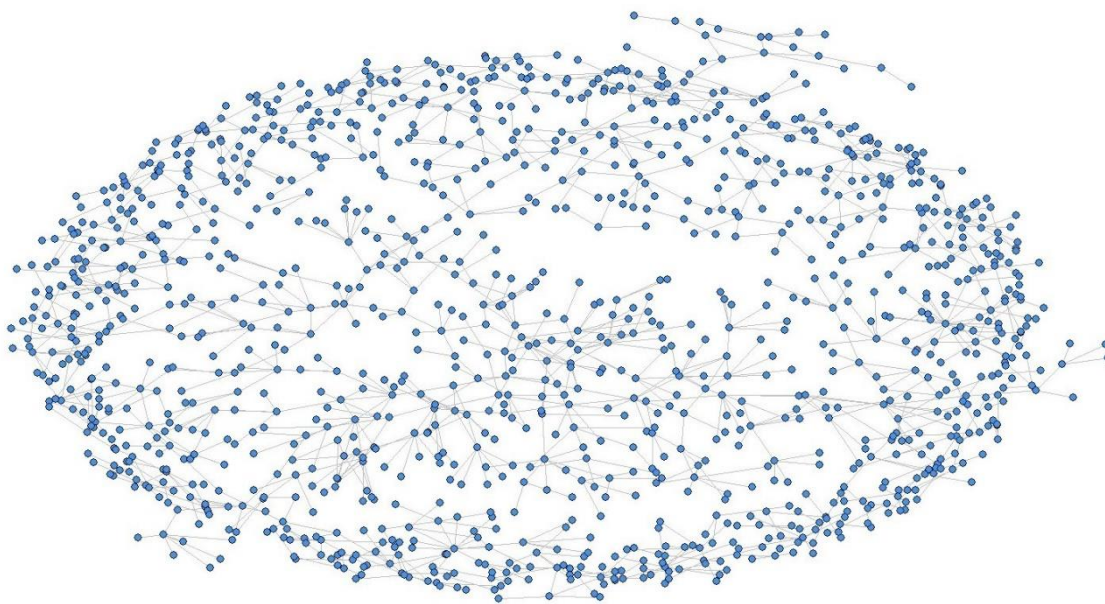


Figura 15. Adyacencia de coautorías 2010-2018. Elaboración con datos de Tyca (2019).

Este tipo de estructuras sociales constata un sistema de recombinación cruzada de saberes y conocimientos hídricos, y confirma la fusión e imbricación gnoseológica. En este contexto, al revisar las relaciones de colaboración, encumbramiento y dependencia por bienios y grado nodal entre áreas científicas, se evidenció una fluctuación y prominencia social, apuntando a una determinada preocupación socio-epistemológica. En este sentido, las áreas más prominentes son aquellas que por tamaño y posición (más cerca del centro) permiten observar dicha tendencia (Figura 16).

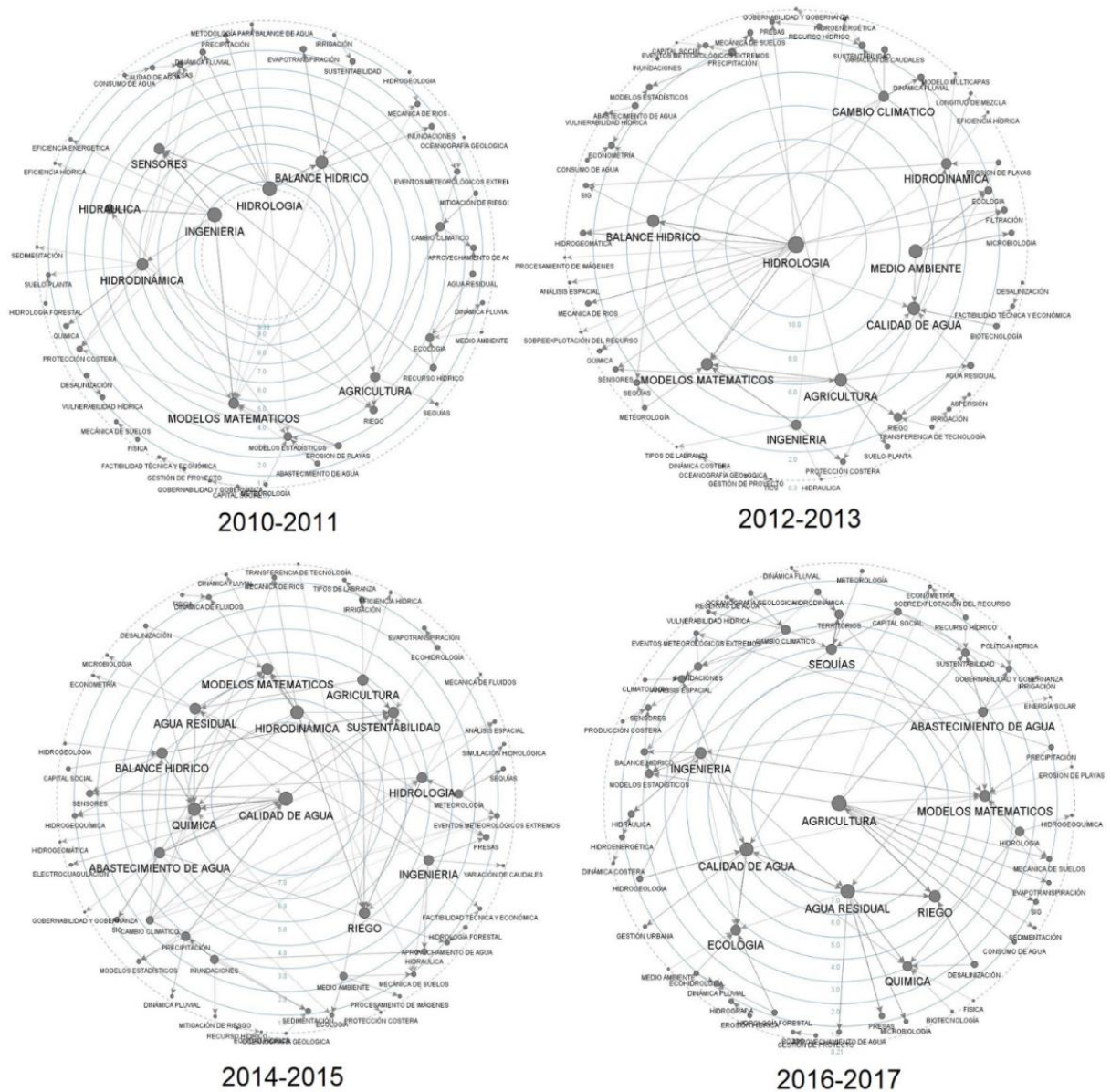


Figura 16. Grados nodales entre áreas de investigación, en cuatro bienios, 2010-2018. Elaboración con datos de Tyca (2019).

En esta dirección, en el bienio 2010-2011, las disciplinas con mayor grado nodal correspondieron a áreas de medición de propiedades físicas y químicas del agua, así como a tecnologías y análisis de procesos industriales. En el bienio 2012-2013, este sistema reticular siguió centrándose en la medición de características físicas y químicas del agua, pero también biológicas y de calidad para uso humano, aunque también incluyó uso agrícola, degradación e impacto ambiental. En el bienio 2014-2015, las principales áreas fueron aquellas relacionadas con la medición de características físicas, químicas y biológicas del agua aptas para el ser humano, así como la dinámica del fluido hídrico, etcétera. En el bienio 2016-2017, la composición estructural se centró en áreas de producción de alimentos, impacto doméstico e industrial sobre la calidad del agua, así como modelos y tecnologías de evaluación y sequías. Este traslape de áreas de investigación identifica la construcción de *una* preocupación *sistémica glocal y multidimensional* en la investigación hídrica analizada; por lo tanto, la complejidad que subyace en la misma.

Al considerar núcleos seminales de “contención”, el coeficiente de clusterización permitió localizar áreas de conocimiento con cualidades significativas para integrarse a capas epistemológicas más amplias: Protección Costera (20.00), Irrigación (13.08), Mitigación de Riesgo (8.91), Física (8.36), Consumo de Agua (7.80), y Climatología (6.25), entre otras, lo que supone dinámicas de “empatía” gnoseológica. En este contexto, se definió una área de alta densidad social, compuesta por 20 áreas de investigación (Figura 17), identificándose la construcción de un campo de imbricación epistemológica, y “polinización” cognoscitiva. Es

343

Las dinámicas de asociación, entre investigadores, permiten bosquejar re combinaciones epistemológicas, pero también posibilitan acceder al análisis de nociones de poder e influencia entre los individuos, como elementos normativos de estos sistemas sociales (Burt, 1992). Estas nociones retratan tensiones internas y posiciones prominentes, ya sea para vincular, comunicar y/o interrumpir flujos de información de acuerdo con intereses particulares, modificando el comportamiento de toda la red. Por ejemplo, los valores de transitividad (1.78 %) y densidad social (0.08 %) son bajos, e indican un flujo de información ralentizado, por lo tanto, poca vinculación y múltiples vacíos. Al respecto, Burt (1992: 65) indica que estos vacíos de vinculación expresan, de forma directamente proporcional, un mayor grado de verticalidad y jerarquización en la vinculación, y por consecuencia, mayor control del flujo de información y nivel de clausura de las comunidades, así como un nivel acotado de innovación. Estas estructuras se caracterizan por presentar liderazgos reducidos y fuertemente vinculados. Sin embargo, esta aparente falta de horizontalidad genera, también, un campo de oportunidades que apuntaría hacia una mayor heterogeneidad interna.

En relación con esto, el número de hoyos estructurales (4 209), y el promedio de vínculos (1.96) señalan grados nodales significativamente bajos, por lo tanto, flujos de información ralentizados y una red poco vinculada. Estos valores se corresponden con los observados en la desviación estándar, para grado de salida, y para grado de entrada, lo que comulga con una limitada variabilidad y capacidad de alcance de los

actores, expresadas en los valores bajos observados para la varianza, en grado de salida y grado de entrada. Estos valores caracterizan a subsistemas reticulares que centralizan la prominencia social (Tabla 3).

Tabla 3. Estadísticos descriptivos. Red de colaboraciones, 2010-2018.
Elaboración con datos de Tyca (2019).

Opc	Grado de salida	Grado de entrada
Promedio	0.998	0.998
Desv. Est.	1.98	0.94
Varianza	3.92	0.88
Centralización	0.44 %	0.26 %

Estas dinámicas se acentúan al analizar el componente estructural, donde los arcos de vinculación presentan valores continuos de recurrencia y colaboración. Para esto, se excluyó el valor nodal = 1. Este procedimiento mostró una estructura más *cribada*, compacta, con mayor densidad social (0.84 %), y expuso grupos separados, cerrados y más o menos independientes, unos de otros, aunque permitió distinguir, de forma más precisa, la prominencia social entre áreas científicas (Figura 18). En este caso, los investigadores con mayor rango nodal fueron de Hidrología, Producción de Alimentos, Ingeniería e Infraestructura. Por su parte, la capacidad de determinar el discurso epistemológico de la investigación hídrica estuvo distribuida de forma piramidal y centralizada

por investigadores del área de Balance y Calidad del Recurso Hídrico, seguidos de Ingeniería e Infraestructura, Océanos y Recursos Costeros así como de Modificaciones Climáticas.

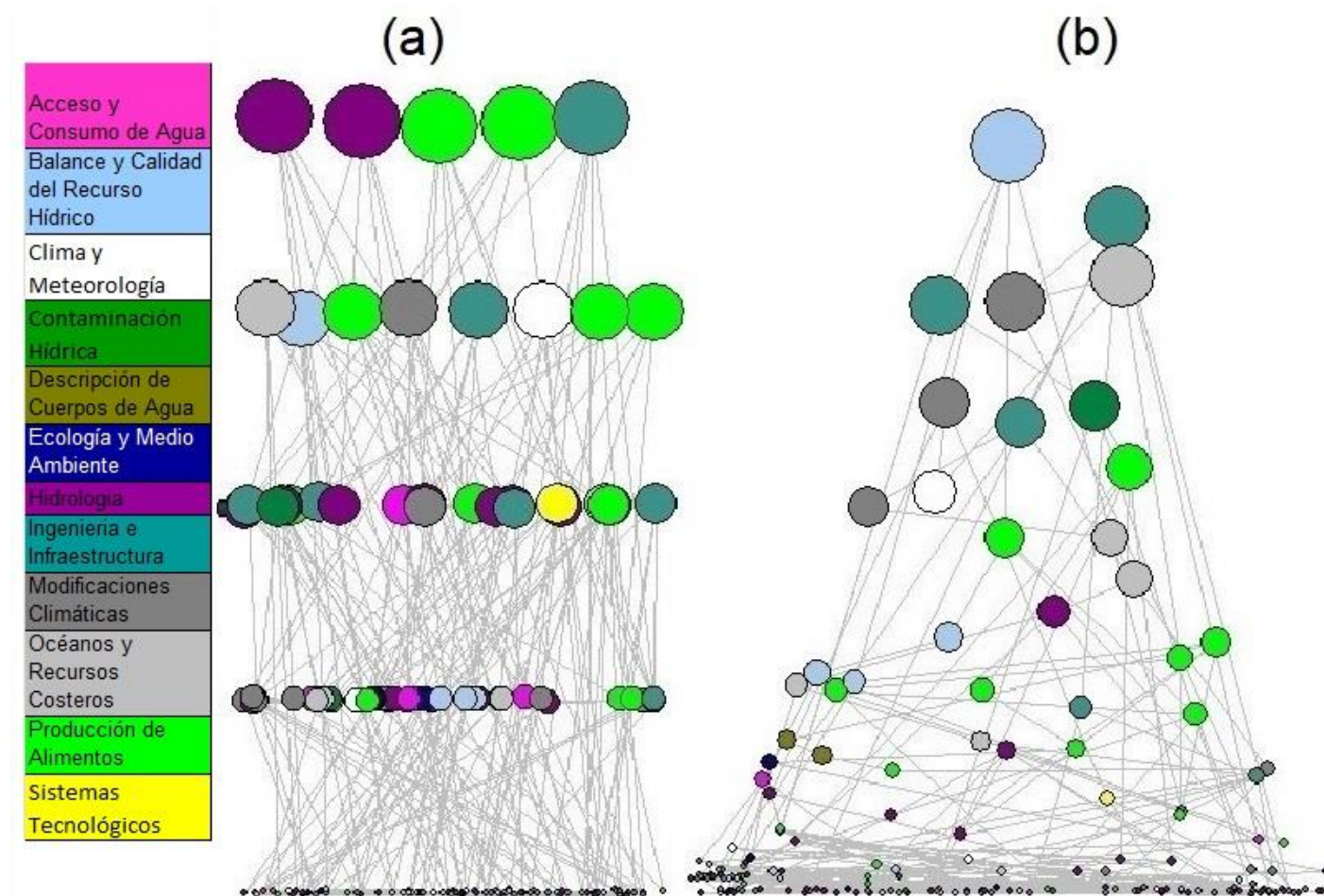


Figura 18. Grado nodal (a) y de intermediación (b), 2010-2018.
 Elaboración con datos de Tyca (2019).

En función de esto, y considerando al insumo de confianza como el constituyente estructural, se observa una gestión acotada del mismo (Figura 19). Sus valores presentan una determinada heterogeneidad (grosor de vínculos), pero sólo a nivel local (recuadros color negro). Al considerar el valor de reciprocidad (color rojo), su denominación es significativamente baja (3.7 % de los arcos), y sólo en una tríada (círculo gris). Ello se sustenta al confirmarse sólo 56 cliqués, indicando que esta estructura de investigación posee un nivel de innovación limitado.

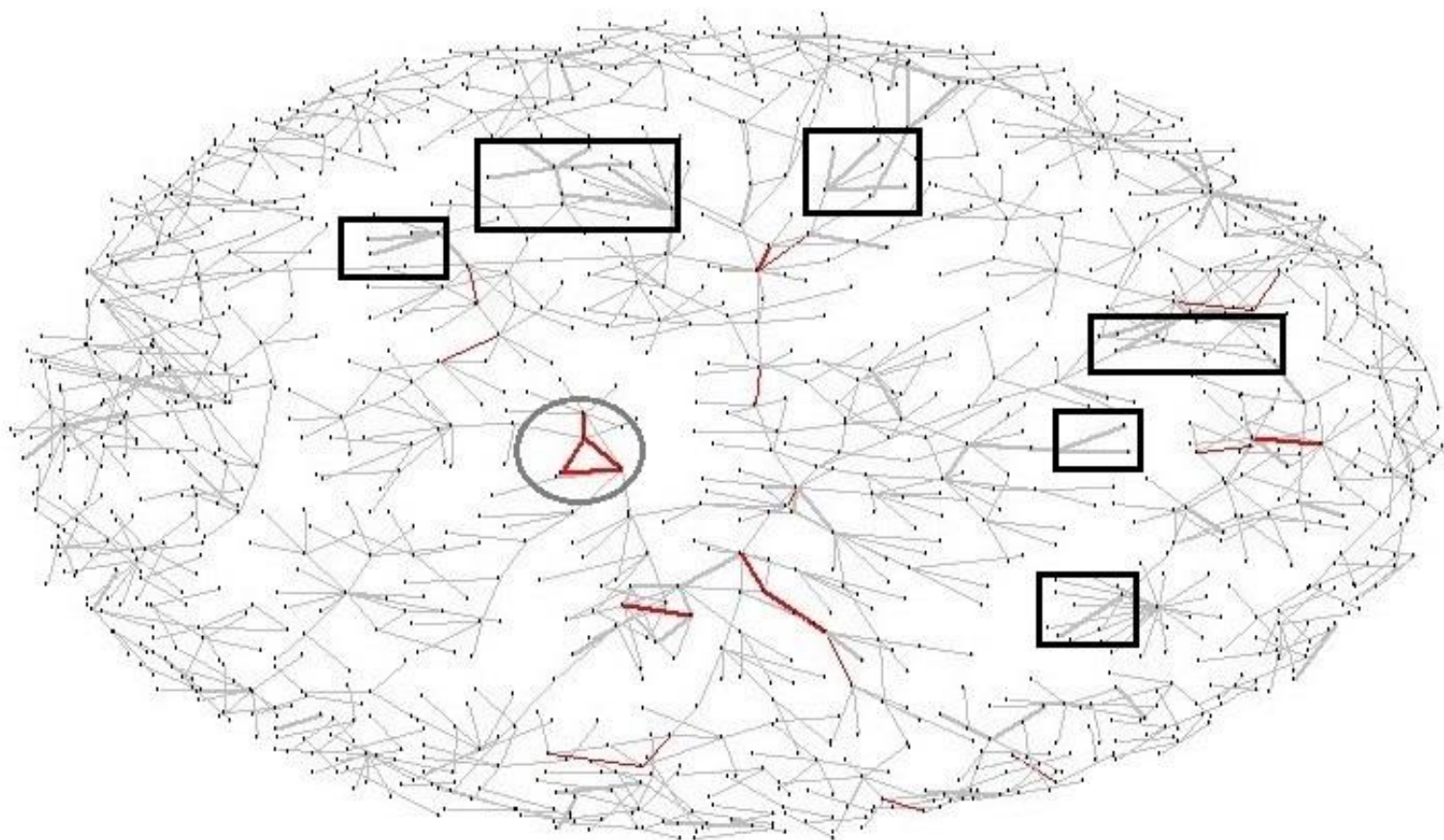


Figura 19. Reciprocidad (rojo) y confianza (grosor del vínculo) en la red de investigadores, 2010-2018. Elaboración con datos de Tyca (2019).

Conclusiones y reflexiones generales

El enfoque de redes sociales permitió acceder a un sistema parcial de vinculación científica y verificar determinadas cualidades de la investigación hídrica en México. Los procesos de adyacencia analizados, y las categorías de centralidad (*degree* y *betweenness*), transitividad densidad y social, posibilitaron describir y medir la eficacia en la capacidad de transmisión y de innovación del conocimiento hídrico a nivel social. Lo anterior evidenció la centralización de cualidades sociales, alrededor de la investigación hídrica en el país; por lo tanto, grupos compactos y cerrados, con valores de solapamiento social muy bajos, lo que implica esferas de generación de conocimiento aisladas, con una capacidad limitada para compartir saberes, y una ausencia de grupos amplios con valores significativos de cohesión social.

Esta estructura social presenta procesos de gestión del poder y prominencia centralizados, por lo que los capitales sociales están atomizados y poco diversificados. En este sentido, la distribución de la información (social) está acotada, es desigual e interrumpida por innumerables hoyos estructurales y una baja transitividad. Esto indica grupos consolidados de trabajo, pero aislados: hay líderes que concentran la prominencia social en determinadas regiones sociales de la estructura científica analizada. Una consecuencia de esto es que insumos valiosos como la confianza y la reciprocidad *científicas* están limitados, y su distribución es local y coyuntural, por lo que se gestionan de forma vertical y personal. En este sentido, esta red de investigación es de

carácter comunitaria, compleja y en expansión, construida a nivel subjetivo; pero en términos de su topología, es una red incompleta, ya que elementos esenciales de la resiliencia (solidaridad, colaboración, empatía, etc.) presentan una baja denominación. En relación con esto, si bien el historial de publicaciones —registrado por Tyca— se remonta a 80 años —lo que podría sugerir la posibilidad de encontrar evidencias de una red de investigación más densa—, la red analizada presenta aspectos de una estructura incipiente, falta de maduración y plena de disociaciones sociales. Esto puede ser efecto de la desatención de las políticas públicas para apoyar la investigación en temas hídricos (y de sostenibilidad). Esto constituye un grave riesgo ante los tiempos que está discurriendo actualmente. Por consecuencia, y ante un sistema masivo de desestructuración social (una pandemia, sequía y hambruna regional), el sistema de investigación podría quedar inhabilitado, dada su incapacidad para recuperarse y proponer soluciones a fondo en el rescate, protección y manutención del recurso hídrico.

En contraste con lo anterior, el traslape y fertilización cruzada entre áreas de investigación indica una oportunidad para construir un mayor entrelazamiento entre áreas e investigadores del tema hídrico, modificar la centralidad de los actores y áreas de investigación menos encumbrados, fomentar la conformación de grupos interinstitucionales; modificar, por lo tanto, el gradiente de innovación haciendo un llamado urgente a la formación de cuadros profesionales en la gestión de las aguas nacionales en los diversos campos del conocimiento en México.

En este contexto, un campo de cruzamiento epistemológico y tecnológico que convendría ampliar, de forma urgente, en función de sus diversas intersecciones y capacidad de clusterización, es el relacionado con el tema de Aguas Residuales. Esto llevaría, por sí solo, a enfrentar un reto ingenieril inédito, pero de alcances únicos: aprovechar múltiples veces un mismo litro de agua, para después retornarlo a los afluentes con la misma calidad con que se extrajo. En esta dirección, al observar la composición de esta estructura social científica hídrica, la diversidad de los trabajos analizados y los sistemas de contradicciones sociales imbricados entre sí alrededor de la gestión del agua, la solución no es una sola, sino muchas, en diversas áreas, urgentes, y al mismo tiempo interrelacionadas, a nivel biótico, hábitat, calidad y distribución de agua, condición ecológica del recurso, etcétera; incluso, sin dejar de lado las cosmovisiones socioculturales locales alrededor del agua. En este contexto, tal vez sería necesario pensar en (re) construir y/o recuperar un determinado discurso sistémico y litúrgico en la concepción y usos del agua a fin de reescribir un decálogo moral sobre estepreciado líquido. En términos de Geertz (1987), ello implicaría recuperar (e innovar) un sistema de símbolos y creencias que influyan o den paso a un poderoso estado anímico al interior del Estado y las sociedades, y se vinculen con un realismo único: la sobrevivencia de los pueblos, de la especie, por lo que se requiere de innovaciones y/o recuperaciones comunitarias concretas, a fin de recuperar, rescatar y conservar la sustentabilidad del acuífero glocal. En esta dirección, no es estrambótico pensar en la gestación de un discurso teológico sobre el agua, no solamente bajo

pretensiones morales o éticas, sino a la sombra del único valor concreto que poseemos: la vida.

Referencias

- Acosta, J., Chandra, A., & Madrigano, J. (2017). *An agenda to advance integrative resilience research and practice*. Robert Wood Johnson Foundation. Recuperado de <https://lasillarota.com/opinion/columnas/la-resiliencia-social-afrontando-el-futuro-en-comunidad/138907>
- Alpuche, C. E., & Bernal, L. J. L. (2015). La institución y la organización: un análisis centrado en el actor. *Intersticios Sociales*, 10, 1-29. Recuperado de <http://www.intersticiosociales.com/index.php/is/article/view/83>
- Armendáriz, J. (19 de julio, 2020). Guerra por el agua: Guardia Nacional dispara contra agricultores en presa Las Vírgenes (mensaje de blog). *Raíchali, noticias*. Recuperado de https://raichali.com/2020/07/19/guerra-por-el-agua-guardia-nacional-dispara-contra-agricultores-en-presa-las-virgenes/?fbclid=IwAR1t-LarIIn8mY2MG-joluvbP8VphgTL7NkSM0QdJn_twmsZEoF_KxDEFrY
- Ávila, G. P. (2002). *Cambio global y recursos hídricos en México: hidropolítica y conflictos contemporáneos por el agua*. México, DF, México: Instituto Nacional de Ecología, Dirección General de

Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas.

- Ballesteros, M., Arroyo, V., & Mejía, A. (17 de abril, 2015). Inseguridad económica del agua en Latinoamérica: de la abundancia a la inseguridad. En: Jeong, D. S. *VII Foro Mundial del Agua, 2015*. Foro realizado en Daegu y Gyeongbuk, República de Corea. Recuperado de <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/787>
- BBC. (7 de febrero, 2018). *11 de las grandes urbes del mundo con más probabilidades de quedarse sin agua potable como Ciudad del Cabo*. Recuperado de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-42975307>
- Becerra, P. M., Sáinz, S. J., & Muñoz, P. C. (2006). Los conflictos por agua en México. Diagnóstico y análisis. *Gestión y Política Pública*, 15(1), 111-143. Recuperado de http://www.gestionypoliticapublica.cide.edu/num_anteriores/Vol.XV_No.I_1ersem/04Becerra.pdf
- Beck, U., & Rey, J. (2002). *La sociedad del riesgo global*. Madrid, España: Siglo Veintiuno.
- Bell, M. A. (2002). *The five principles of organizational resilience*. Gartner Inc. Recuperado de <https://www.gartner.com/doc/351410/principles-organizational-resilience>
- Blaikie, P., Cannon, I., Davis, I., & Wisner, B. (1996). *Vulnerabilidad: el entorno social, político y económico de los desastres*. La RED, Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina.

- Recuperado de
<https://www.desenredando.org/public/libros/1996/vesped/>
- Brandes, U., & Erlebach, T. (2005). *Network analysis. Methodological foundations*. Berlin, Germany: Springer.
- Briseño, H., & Sánchez, A. (2018). Descentralización, consolidación y crisis de la gestión urbana del agua en México. *Tecnología y ciencias del agua*. 9(4), 25-47. DOI: 10.24850/j-tyca-2018-04-02
- Burt, R. (1992). *Structural holes: The social structure of competition*. Cambridge, USA: Harvard University Press.
- Byanyima, W. (2014). Creating resilient, sustainable and equitable farming systems. In: Nicklin, S., & Cornwell, B. (eds). *Deep roots. regional perspectives* (pp. 33-36). Rome, Italy: FAO. Recuperado de <http://digital.tudor-rose.co.uk/deep-roots/files/assets/basic-html/page35.html>
- Campos-Cabral, V., & Ávila-García, P. (2015). Conflictos sociales por el trasvase del río Temascaltepec, cuarta etapa del sistema Cutzamala. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 12 (2), pp. 147-164. Recuperado de <https://doi.org/10.22231/asyd.v12i2.145>
- CEPAL, Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2019). *División de Población en América Latina. Estimaciones y proyecciones*. CELADE y Naciones Unidas. Recuperado de <https://www.cepal.org/es/temas/proyecciones-demograficas/estimaciones-proyecciones-excel>

- Chavelas, A. P. (2 de abril, 2019). La espiritualidad del agua en las comunidades indígenas de Oaxaca. *Periódico Desinformemos*. Recuperado de <https://desinformemonos.org/la-espiritualidad-del-agua-en-las-comunidades-indigenas-de-oaxaca/>
- Conacyt, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. (2016). *Sistema de clasificación de revistas mexicanas de ciencia y tecnología. Subcapítulo VII. Ingenierías. Tecnología y ciencias del agua. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología*. Recuperado de <http://www.revistascytconacyt.mx/index.php/revistas/resultado/205>
- Conagua, Comisión Nacional del Agua. (2014). *Estadísticas del agua en México*. México, DF, México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Comisión Nacional del Agua. Recuperado de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/EAM2014.pdf>
- CRED, Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. (16 de abril, 2020). *EM-DAT: The Emergency Events Database-CRED*. Recuperado de www.emdat.be
- Dabat, A., Leal, P., & Romo, S. (2012). Crisis mundial, agotamiento del neoliberalismo y de la hegemonía norteamericana: contexto internacional y consecuencias para México. *Revista Norteamérica*, 7(2), 75-109. Recuperado de <https://doi.org/10.22201/cisan.24487228e.2012.2.168>

- Devyatkin, D., Nechaeva, E., Suvorov, R., & Tikhomirov, I. (2018). Mapping the Research Landscape of Agricultural Sciences. *Foresight and STI Governance*, 12(1), 69-78. DOI: 10.17323/2500-2597.2018.1.69.78
- EJAtlas, Global Atlas of Environmental Justice. (22 de agosto, 2020). *Conflictos ambientales por commodity y por Type*. Recuperado de <https://ejatlas.org/>
- Escobar-Villagrán, B. S., & Palacios-Vélez, O. L. (2012). Análisis de la sobreexplotación del acuífero Texcoco, México. *Tecnología y ciencias del agua*, 3(2), 67-84. Recuperado de <http://www.revistatyca.org.mx/ojs/index.php/tyca/article/view/273>
- Falkenmark, M., Lundqvist, J., & Widstrand, C. (1989). Macro-scale water scarcity requires micro-scale approaches. Aspects of vulnerability in semi-arid development. *Natural Resources Forum*, 13 (4), 258-267. Recuperado de <https://doi.org/10.1111/j.1477-8947.1989.tb00348.x>
- FAO, Food and Agriculture Organization. (2021). *Estrés hídrico (%)*. *Aquastat Metada. Sistema mundial de información de la FAO sobre el agua en la agricultura*. Recuperado de <http://www.fao.org/aquastat/statistics/query/results.html>
- FAO, Food and Agriculture Organization. (2016). *Water resources. Total renewable water resources per capita (m³/inhab/year)*. *QUASTAT*

- Main Database. Recuperado de
<http://www.fao.org/aquastat/en/databases/maindatabase/>
- FAO, Food and Agriculture Organization. (2012). *El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. La gestión de los sistemas en situación de riesgo*. Londres/Roma: Earthscan/FAO. Recuperado de
<http://www.fao.org/nr/solaw/solaw-home/en/>
- FAO, Food and Agriculture Organization. (6 de septiembre, 2011). *Costa Rica: número uno del mundo en uso de agroquímicos. Agronoticias: Actualidad agropecuaria de América Latina y el Caribe*. Recuperado de: <http://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/508248/>
- FAO, Food and Agriculture Organization. (2000). *El riego en América Latina y el Caribe en cifras*. Recuperado de
<https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/08/El-riego-en-america-latina-y-el-caribe-en-cifras.pdf>
- FCCT, Foro Consultivo, Científico y Tecnológico A.C. (2018). *Principales indicadores cuantitativos de la producción científica mexicana*. Foro Consultivo Científico y Tecnológico A.C. Recuperado de
<http://www.foroconsultivo.org.mx/FCCyT/publicaciones>
- FCCT, Foro Consultivo, Científico y Tecnológico A.C. (2006). *Diagnóstico de la política científica, tecnológica y de fomento a la innovación en México (2000-2006)*. Recuperado de
http://www.foroconsultivo.org.mx/libros_editados/diagnostico.pdf

- Ferro, R. J. (Dic, 19, 2013). *La triple frontera, el acuífero Guaraní y los intereses de Estados Unidos en la región: evolución y ¿cambio de escenario?* Grupo de Estudios de Seguridad Internacional, Análisis GESI, 15/2013. Universidad de Granada, España. Recuperado de <http://www.ugr.es/~gesi/analisis/15-2013.pdf>
- Fix, F. H., Flores, J. I., & Valadés, D. (coord.) (2016). *Los mexicanos y su Constitución. Tercera encuesta nacional de cultura constitucional*. Ciudad de México, México: Instituto de Investigaciones Jurídicas (IIJ-UNAM). Recuperado de http://www.losmexicanos.unam.mx/MexicanosConstitucion/pdf/Mexicanos_Constitucion.pdf
- Fonseca-Sánchez, A., Madrigal-Solís, H., Núñez-Solís, C., Calderón-Sánchez, H., Moraga-López, G., & Gómez-Cruz, A. (2019). Evaluación de la amenaza de contaminación al agua subterránea y a áreas de protección a manantiales en las subcuencas Maravilla-Chiz y Quebrada Honda, Cartago, Costa Rica. *Uniciencia*, 33(2), 76-97. DOI: <http://dx.doi.org/10.15359/ru.33-2.6>
- Frankenberger, T., Langworthy, M., Spangler, T., & Nelson, S. (7 de noviembre, 2012). *Enhancing Resilience to Food Security Shocks in Africa*, Tango International, Discussion paper. Recuperado de http://www.fsnnetwork.org/sites/default/files/discussion_paper_usaid_dfid_wb_nov._8_2012.pdf
- Garza, M. (2004). Marco conceptual para el estudio de los desastres. En: Piñeiro, J. L. (coord.). *La seguridad nacional de México, debate*

- actual* (pp. 107-120). México, DF, México: Universidad Autónoma de México-Azcapotzalco.
- Geertz, C. (1987). *La interpretación de las culturas*. México, DF, México: Gedisa Editorial.
- Gil, M. J., & Ruiz, L. A. A. (2009). Análisis de las publicaciones de investigadores del Subsistema de la Investigación Científica de la Universidad Nacional Autónoma de México 1981-2003. *Redes, Revista Hispana para el Análisis de Redes Sociales*, 17(2), 1-37. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/redes.373>
- Girvan, M., & Newman, M. E. J. (2002). Community structure in social and biological networks. *PNAS*, 99(12) 7821-7826, DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.122653799>
- Gómez, F. A. C. (2014). Estado y política hidráulica en México, el conflicto de los indígenas mazahuas. *Agua y Territorio*, 4, 84-95. Recuperado de <https://doi.org/10.17561/at.v1i4.2165>
- González, V. G. D. (9 de abril, 2016). Así se ve el río Lerma tras décadas de contaminación. *Newsletter de VICE en español*. Recuperado de https://www.vice.com/es_latam/article/kwvpmx/fotos-asi-se-ve-el-rio-lerma-tras-decadas-de-contaminacion
- Granovetter, M. (1983). The strength of weak ties: A network theory revisited. *Sociological Theory*, 1, 201-233. DOI: <https://doi.org/10.2307/202051>

- Hamel, G., & Välikangas, L. (2003). The quest for resilience. *Harvard Business Review*, 81(9), 52. Recuperado de <https://hbr.org/2003/09/the-quest-for-resilience>
- Hanneman, R. A., & Riddle M. (2005). *Introduction to social network methods*. Riverside, USA: University of California, Riverside. Recuperado de: <http://faculty.ucr.edu/~hanneman/>
- Harvey, D. (2007). *Breve historia del neoliberalismo*. Madrid, España: Arka.
- IIJ-UNAM, Instituto de Investigaciones Jurídicas-Universidad Nacional Autónoma de México. (2011). *Segunda Encuesta Nacional de Cultura Constitucional. Legalidad, legitimidad de las instituciones y rediseño del Estado*. Recuperado de <http://historico.juridicas.unam.mx/invest/areas/opinion/EncuestaConstitucion/resultados.htm>
- Johnson, D. D. P., & Duffy, T. M. (2014). Grounds for war. The evolution of territorial conflict. *International Security*, 38(3), 7-38, DOI: 10.1162/ISEC_a_00149
- Kauffer, M. E. F. (2017). Entre rigidez política (hacia el conflicto) y fluidez hídrica (hacia la paz): las fronteras de agua de México con Guatemala y Belice. *Revista de Paz y Conflictos*, 10(1), 61-86. DOI: <https://doi.org/10.30827/revpaz.v10i1.5349>
- Lahera, V. (2010). Infraestructura sustentable: las plantas de tratamiento de aguas residuales. *Quivera*, 12(2), 58-69. Recuperado de <https://quivera.uaemex.mx/article/view/10189>

- Leff, E. (2004). *Racionalidad ambiental. La reapropiación social de la naturaleza*, México, DF, México: Siglo XXI.
- Legorreta, J. (2013). Los ríos de la ciudad de México pasado, presente y futuro. *Revista Ciencias*, 107-108. Recuperado de <https://www.revistacienciasunam.com/images/stories/Articles/107/pdf/107A02.pdf>
- López, F. M. (2010). Comparación en las estructuras de colaboración y pautas de citación entre áreas científicas a través del ARS. *Redes, Revista Hispana para el Análisis de Redes Sociales*, 19(1), 40-63. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/redes.399>
- Machín, J. (2012). *Redes sociales e incidencia en política pública. Estudio comparativo México-Colombia*. Recuperado de http://revista-redes.rediris.es/webredes/novedades/Redes_sociales_IPP.pdf
- Madrigal-Solís, H., Fonseca-Sánchez, A., Núñez-Solís, C., & Gómez-Cruz, A. (2014). Amenaza de contaminación del agua subterránea en el sector norte del acuífero Barva, Heredia, Costa Rica. *Tecnología y ciencias del agua*, 5(6), 103-118. Recuperado de <http://www.revistatyca.org.mx/ojs/index.php/tyca/article/view/1223>
- March, H. (2013). Neoliberalismo y medio ambiente: una aproximación desde la geografía crítica. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 59(1), 137-153. Recuperado de <https://doi.org/10.5565/rev/dag.17>
- Martínez, M. S. (1 de julio, 2017). Las aguas turbias de Chiapas. *Revista Nexos*. Recuperado de <https://www.nexos.com.mx/?p=32780>

- Mazabel-Domínguez, D. G., Mendoza-Fragoso, A., & Macías-Gloria, F. (2013). Globalización, neoliberalismo e imperativos de la racionalidad económica en el uso de los recursos hídricos en México. *Ra Ximhai*, 9(Esp.1), 201-209. Recuperado de <http://www.revistas.unam.mx/index.php/rxm/issue/view/4220/showToc>
- McManus, P., Walmsley, J., Argent, N., Baum, S., Bourke, L.,..., & Sorensen, T. (2012). Rural community and rural resilience: What is important to farmers in keeping their country towns alive? *Journal of Rural Studies*, 28(1), 20-29. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2011.09.003>
- Mejía, I. M., Bustamante, G. Á., Vargas, L. S., Olvera, H. J. I., & Méndez, E. J. A. (2017). Evaluación de la condición ecológica del río Zahuapan. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(1), 7-19. DOI: <http://dx.doi.org/10.20937/RICA.2017.33.01.01>
- Meli, R. (2001). Conceptos básicos de prevención de desastres. En: Zepeda, O., & González, S. (coord). *Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México. Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana* (pp. 2-30). México, DF, México: Secretaría de Gobernación, Centro Nacional de Prevención de Desastres. Recuperado de <http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/36-DIAGNOSTICODEPELIGROSEIDENTIFICACINDERIESGOSDEDESASTRESENMXICO.PDF>

- Méndez, G. E. M. C., & Fuente, C. M. E. (2020). De los sentidos vernáculos del agua a su defensa. La experiencia de los sembradores de agua zapotecos del valle de Oaxaca, México. *Revista Cultura y Representaciones Sociales*, 14(28). Recuperado de <http://www.culturayrs.unam.mx/index.php/CRS/article/view/687>
- Mendieta, J. G., & Ruiz, L. A. A. (2009). Análisis de las publicaciones de investigadores del Subsistema de la Investigación Científica de la Universidad Nacional Autónoma de México 1981-2003. *Redes, Revista Hispana para el Análisis de Redes Sociales*, 17(2), 1-37. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/redes.373>
- Milard, B. (2010). Las citaciones científicas: redes de referencias en universos de referencias. El ejemplo de los artículos de química. *Redes, Revista Hispana para el Análisis de Redes Sociales*, 19(2), 64-93. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/redes.400>
- Molina, J. L., Muñoz, J. M., & Domenech, M. (2002). Redes de publicaciones científicas: un análisis de la estructura de coautorías. *Redes, Revista Hispana para el Análisis de Redes Sociales*, 1(1), 1-15. Recuperado de <https://doi.org/10.5565/rev/redes.29>
- Murillo, L. D., & Soares, M. D. (2013). El péndulo de la gobernabilidad y la gobernanza del agua en México. *Tecnología y ciencias del agua*, 4(3), 149-163. Recuperado de <http://www.revistatyca.org.mx/ojs/index.php/tyca/article/view/371>

- Newman, M. E. J. (2002). Assortative mixing in networks. *Physical Review Letters*, 89(208701), DOI: 10.1103/PhysRevLett.89.208701
- Núñez, E. J. F. (2020). Estructura social y resiliencia en instituciones mexicanas de investigación agropecuaria. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, 65(240), 25-63. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/fcpys.2448492xe.2020.240>
- OCDE, Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos. (2012a). *OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction*. DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264122246-en>
- OCDE, Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos. (2012b). *OECD environmental outlook to 2050: The consequences of inaction. Key facts and figures*. Recuperado de <https://www.oecd.org/env/indicators-modelling-outlooks/oecdenvironmentaloutlookto2050theconsequencesofinaction-keyfactsandfigures.htm>
- OCDE, CAF, & CEPAL, Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos, Banco de Desarrollo de América Latina, & Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2018). *Perspectivas económicas de América Latina 2018: Repensando las instituciones para el desarrollo*, OCDE/CAF/CEPAL. DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/leo-2018-es>
- Ornelas, D. J. (2000). La ciudad bajo el neoliberalismo. *Papeles de Población*, 6(23), 45-69, Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/pp/v6n23/v6n23a4.pdf>

- OSU, Oregon State University. (2020). *International freshwater treaties database*. College of Earth, Ocean, and Atmospheric Sciences. Program in Water Conflict Management and Transformation. Oregon State University. Recuperado de <https://transboundarywaters.science.oregonstate.edu/content/international-freshwater-treaties-database>
- Pacheco, V. R. (2014). Conflictos intratables por el agua en México: el caso de la disputa por la presa El Zapotillo entre Guanajuato y Jalisco. *Argumentos*, 74, 221-262. Recuperado de <https://argumentos.xoc.uam.mx/index.php/argumentos/issue/view/13>
- Padilla, E. (2012). La construcción social de la escasez del agua. Una perspectiva teórica anclada en la construcción territorial. *Región y Sociedad*, 3(núm. esp.), 91-116. DOI: <https://doi.org/10.22198/rys.2012.3.a409>
- Paniagua, J. (2012). *Curso de análisis de redes sociales. metodología y estudios de caso*. Granada, España: Universidad de Granada.
- Pérez-Castresana, G. (1 de julio, 2017). Un río que enferma. *Revista Nexos*. Recuperado de <https://www.nexos.com.mx/?p=32760>
- Russell, J. M., Madera, J. M. J., & Ainsworth, S. (2009). Análisis de redes en el estudio de colaboración científica. *Redes, Revista Hispana para el Análisis de Redes Sociales*, 17(2), 38-47. Recuperado de <https://doi.org/10.5565/rev/redes.374>

- PNUD, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2020). *Índice de Desarrollo Humano 2019: Informe 2020*. Recuperado de http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr_2019_overview_-_spanish.pdf.
- PNUD, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2014). *Informe sobre Desarrollo Humano 2014. Sostener el progreso humano: reducir vulnerabilidades y construir resiliencia* (resumen). Recuperado de <http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr14-summary-es.pdf>
- PNUD, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2006). *Informe sobre desarrollo humano. Más allá de la escasez: Poder, pobreza y la crisis mundial del agua*. Recuperado http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr_2006_es_completo.pdf
- PNUD, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2004). *Informe sobre Desarrollo Humano, 2004. La libertad cultural en el mundo diverso de hoy*. México, DF, México: Mundi-Prensa.
- PNUD, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2003). *Informe sobre Desarrollo Humano El Salvador 2003. Desafíos y opciones en tiempos de globalización*. Recuperado de http://hdr.undp.org/sites/default/files/el_salvador_2003_sp.pdf
- Portillo, A. (2008). La geopolítica del agua en el Medio Oriente. *Revista Geográfica Venezolana*, 49(1), 115-122. Recuperado de <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/26337>

- Quiñonez, J. C. (2017). Situación de los recursos hídricos El Salvador. En: Tábor, F. (coord.). *La situación de los recursos hídricos en Centroamérica. Hacia una gestión integrada* (pp. 45-56). Global Water Partnership (GWP) Central América. Recuperado de http://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/situacion-de-los-recursos-hidricos_fin.pdf
- Ramos-Vidal, I. (2015). Análisis de redes sociales: una herramienta efectiva para evaluar coaliciones comunitarias. *Revista de Salud Pública*, 17(3), 323-336. DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/rsap.v17n3.43051>
- Rivera, P., Chávez, R., & Rivera, S. F. (2018). Avances y limitantes en el tratamiento del agua residual del estado de Zacatecas. *Tecnología y ciencias del agua*, 9(1), 113-123. DOI: 10.24850/j-tyca-2018-01-08
- Robertson, R. (2003). Glocalización: tiempo-espacio y homogeneidad-heterogeneidad. En: Monedero, F. G. J. C. (ed.). *Cansancio del Leviatán: problemas políticos de la mundialización* (pp. 261-284). Madrid, España: Trotta.
- Romero, J. H., Palacios, O. L., & Escobar, B. S. (2017). Estimación de la sobreexplotación producida en el acuífero Valle de Celaya. *Tecnología y ciencias del agua*, 8(4), 127-138. DOI: 10.24850/j-tyca-2017-04-08
- Ruiz, L. A. A., & Russell, B. J. M. (2016). La estructura del sistema científico de México a finales del siglo XX: una visión a nivel de

- instituciones. *Redes, Revista Hispana para el Análisis de Redes Sociales*, 27(2), 11-32. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.5565/rev/redes.626>
- Sampedro, J. A. (febrero, 2009). *Ingenio estratégico. Resiliencia e impulso creativo en tiempos de crisis*. Recuperado de https://glcconsulting.com.ve/wp-content/uploads/2015/10/Articulo_Ingenio-Estrategico_Jesus-Sampedro.pdf
- Sanfeliú, M. (2001). *Determinación de la calidad del agua de consumo humano de las familias rurales: estudio socioeconómico*. Recuperado de http://fusades.org/publicaciones/serie_de_investigacion_2-2001__determinacion_de_la_calidad_del_agua_de_consumo_humano_de_las_familias_rurales__estudio_socioeconomico.pdf
- Sanz, G. C. (2006). Una fallida privatización del agua en Bolivia: el estado, la corrupción y el efecto neoliberal. *Revista Colombiana de Antropología*, 42, 317-346. Recuperado de https://www.icanh.gov.co/recursos_user/imagenes//ICANH%20PORTAL/PUBLICACIONES/RCA%20VOL.42/v42a11.pdf
- Sanz, M. L. (2003). Análisis de redes sociales: o como representar las estructuras sociales subyacentes. *Apuntes de Ciencia y Tecnología*, 7, 21-29. Recuperado de <http://ipp.csic.es/sites/default/files/content/workpaper/2003/dt-0307.pdf>

- SJR Scimago Journal & Country Rank (SJR) (2007-2020). *Journal rankings. Tecnología y Ciencias de Agua*. Scimago Lab. Recuperado de <https://www.scimagojr.com/journalrank.php?country=MX&category=2312>
- Soares, D., & Sandoval-Ayala, N. C. (2016). Percepciones sobre vulnerabilidad frente al cambio climático en una comunidad rural de Yucatán. *Tecnología y ciencias del agua*, 7(4), 113-128. Recuperado <http://www.revistatyca.org.mx/ojs/index.php/tyca/article/view/1262>
- Suárez, E. M. (2008). El papel de las instituciones en el cambio económico de México. Problemas del desarrollo. *Revista Latinoamericana de Economía*, 39(154), 37-59, DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2008.154.7726>
- Temper, L., Bene, D., & Martínez, J. (2015). Mapping the frontiers and front lines of global environmental justice: the EJAtlas. *Journal of Political Ecology*, 22, 255-278. DOI: <https://doi.org/10.2458/v22i1.21108>
- The, S., & Blomqvist, A. (2017). *The Atoyac River: A study about its problems and possible future solutions from a sustainable perspective* (tesis de licenciatura). KTH Royal Institute of Technology, School of Architecture and the Built Environment. Recuperado de <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-219427>

- Troyano, R., Martínez, G. R., González, L., & Velasco, M. F. (2005). Análisis de redes sociales mediante diagramas estratégicos y diagramas estructurales. *Redes: Revista Hispana para el Análisis de Redes Sociales*, 8(1). Recuperado de <https://doi.org/10.5565/rev/redes.65>
- Turán, P. (1941). On an extremal problem in graph theory. *Matematikai és Fizikai Lapok*, 48, 436-452.
- Tyca, Tecnología y ciencias del agua. (2020). *¿Quiénes somos? Tecnología y ciencias del agua*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Recuperado de <http://www.revistatyca.org.mx/index.php/tyca/quienes-somos2>
- Tyca, Tecnología y ciencias del agua. (2019). *Archivos de Tecnología y ciencias del agua*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Recuperado de <http://www.revistatyca.org.mx/index.php/tyca/issue/archive>
- UN & DESA, United Nations & Department of Economic and Social Affairs. (2011). *World Urbanization Prospects: The 2011 Revision*. Recuperado de http://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/urbanization/WUP2011_Report.pdf
- UN & DESA, United Nations & Department of Economic and Social Affairs. (2019). *World population prospects: The 2019 revision*. Recuperado de <https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Population/>

- UNESCO, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2019). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2019. No dejar a nadie atrás (cifras y datos)*. Recuperado de https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367276_spa
- UNESCO, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2016) *Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo. Agua y empleo*. Recuperado de <http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/2016-water-and-jobs/>
- UNESCO, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2006). *El agua, una responsabilidad compartida. Segundo informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el mundo*. Recuperado de <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001444/144409S.pdf>
- UNESCO & PHI, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, & Programa Hidrológico Intergubernamental. (2006). *Balance hídrico dinámico e integrado de El Salvador. Componente de evaluación de recursos hídricos*. Recuperado de <http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002281/228142s.pdf>
- UNICEF, Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia. (2019). *Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2017: Special focus on inequalities*. Recuperado de

<https://data.unicef.org/resources/progress-drinking-water-sanitation-hygiene-2019/>

UNICEF & OMS, Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia & Organización Mundial de la Salud. (2015). *Progreso sobre el agua potable y saneamiento: 2015 actualización y evaluación de los ODM*. Recuperado de https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/jmp-2015-update/es/

Valverde, R. (2013). Disponibilidad, distribución, calidad y perspectivas del agua en Costa Rica. *Revista Ambientales*, 45, 5-12. DOI: <https://doi.org/10.15359/rca.45-1.1>

Vélez, C. G. (23 de agosto, 2007). Análisis de redes sociales y teoría interorganizacional aplicados al desarrollo local regional. En: Lamarche, A., & Teves, L. (coords.). *Memorias de la 1a Reunión Latinoamericana de Análisis de Redes Sociales*. Simposio realizado en Universidad Nacional de la Plata. Argentina. Recuperado de <http://encuentroredes.files.wordpress.com/2007/09/velez.pdf>

Walter, B. F. (2003). Explaining the intractability of territorial conflict. *International Studies Review*, 5(4), 137-153. Recuperado de <https://doi.org/10.1111/j.1079-1760.2003.00504012.x>

Wasserman, S. & Faust, K. (2013). *Análisis de redes sociales. Métodos y aplicaciones*, Madrid, España: Cambridge, Cambridge International School.

- Wezel, A., & Soldat, V. (2009). A quantitative and qualitative historical analysis of the scientific discipline of agroecology. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 7(1), 3-18. DOI: 10.3763/ijas.2009.0400
- Wolf, Y. S. B., & Giordano, M. (2003). International waters: Identifying basins at risk. *Water Policy*, 5, 29-60. Recuperado de <https://doi.org/10.2166/wp.2003.0002>
- World Bank. (2016). *High and Dry, Climate Change, Water, and the Economy*. Washington, DC, USA: World Bank. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10986/23665>
- 2030 WRG, 2030 Waters Resources Group. (2009). *Charting our water future: Economic frameworks to inform decision-making*. Recuperado de https://www.2030wrg.org/wp-content/uploads/2012/06/Charting_Our_Water_Future_Final.pdf