

cuenta como externalidades en la gestión del agua, las políticas de regulación corrigen la falla del mercado y logran ganancias considerables de bienestar, evidencia que apoya y sustenta la idea de la urgente necesidad de políticas públicas para una gestión sostenible de los recursos hídricos.

Pese a que en la práctica es muy complicado predecir y costear los impactos negativos y los beneficios netos por hacer uso de los recursos hídricos, el importe total del primero sobre el segundo resulta ser mayor (Foster, 2003). Según Olmeda (2006), el agua es un factor que limita el crecimiento económico de los países, es decir que se necesitan grandes cantidades de agua para elevar el Producto Interno Bruto (PIB). Sin embargo, el desarrollo económico de países latinoamericanos y oceánicos así como ciertas regiones de África y Asia, se ve severamente afectado pues por el mal manejo de los recursos hídricos se generan pérdidas económicas de hasta 1.5% del PIB (OMS, 2012). Además, se estima que hasta 1.3 miles de millones de dólares (mmd) se pierden tanto directa como indirectamente, a consecuencia de desastres naturales ligados a una inadecuada gestión del agua (ONU-DAES, 2014), evidenciando que una eficiente gestión hídrica disminuirá las pérdidas económicas y aumentará los beneficios en este tenor.

La gestión hídrica es directamente dependiente a la distribución de la riqueza, esto no quiere decir que los países más ricos gestionan mejor el agua, sino que tienen mayor solvencia económica tanto para corregir y alcanzar las metas globales como para hacer llegar el recurso a todos sus habitantes, es por eso que países desarrollados como Reino Unido y EUA se encuentran muy por delante de países como Kenia e Indonesia, quienes tienen un rezago de hasta 20 años (PNUD, 2006). No obstante, los países desarrollados no se encuentran aislados ni alejados de los países en vías de desarrollo, entre ellos el agua se comparte pues los acuíferos no conocen de fronteras; de tal manera que la voluntad política y el compromiso de cooperación entre naciones harían posible una gestión sustentable de los recursos hídricos, logrando paulatinamente abatir las inconsistencias entre instituciones, naciones y la comunidad internacional; y al mismo tiempo colaborando a reducir la pobreza y la desigualdad (UN – Water, 2008.; Sánchez, López y Eckstein, 2016).

Según como se gestionen los recursos hídricos será el impacto sobre la sociedad, convirtiéndose entonces en un indicador de desigualdad social, pues es la población más pobre la que termina pagando más que un costo monetario, un costo social por tener acceso al agua, limitado y de menor calidad (WHO/UNICEF JM, 2015). Ahora bien, la participación social es la clave en la gestión de recursos hídricos, ya que las experiencias más exitosas al respecto han sido aquellas en las que participan las organizaciones civiles y las comunidades en los diversos planes de gestión de recursos hídricos (Moreno et al., 2006). Con el fin de fomentar una adecuada gestión de los acuíferos son necesarias reglas, obligaciones y deberes; que comprometan al ciudadano a interesarse e informarse, tanto individual como colectivamente, a hacer buen uso y aprovechamiento del agua (Osorio y Espinosa, s.f.). Ante esta situación, planes como la Agenda 2030 han surgido, buscando comprometer a los países a que, de manera integral, garanticen la extracción y el abastecimiento sostenible del agua (CEPAL, 2016).

1. Metodología

Este artículo de revisión literaria es un panorama de conocimientos, basado en la revisión rigurosa del estado del arte de la temática en cuestión, comparando y/o relacionando información que permitirá el futuro análisis para la generación de propuestas. Se revisaron un total de 74 fuentes, de las cuales 54 eran artículos de divulgación científica de journals reconocidos, representando el 73% del total de las fuentes revisadas. Esta información se complementó con reportes oficiales de instituciones nacionales e internacionales, así como algunos libros de consulta. El 58.1% de las fuentes fueron publicados entre 2010 y 2017. La validez de la información revisada versa bajo los siguientes criterios: factor de impacto de la revista, literatura científica actualizada, teoría sobre intrusión marina, casos ejemplo, literatura sobre planes integrales de los tres pilares de la sustentabilidad y estrategias para la gestión de acuíferos costeros.

2. Contextualización: Intrusión Marina como principal problemática

Diversos autores han descrito lo que es la intrusión marina (IM) en aguas subterráneas de acuíferos costeros, sin embargo el principio teórico de la misma ha sido dado desde hace más de dos décadas

como el movimiento de agua con alto contenido de sólidos disueltos en aguas frescas (Jones et al., 1999). Puesto que este proceso es considerado como uno de los procesos más degradantes de la calidad del agua por exceder los niveles aceptables para el agua de consumo humano y riego (Abdul Elhamid y Javadi, 2008), es importante saber que si la mezcla anteriormente descrita alcanza el 2% de concentración, la calidad del agua del acuífero se deteriorará, pero si ésta alcanza el 4% se observarán fuertes impactos ambientales; y finalmente, si la mezcla alcanza el 6% el agua se volverá completamente inútil (Godínez y Darnault, 2008).

En el año 2007, el Panel Intergubernamental de Cambio Climático señaló que la vulnerabilidad de un acuífero costero se mide de acuerdo al grado de susceptibilidad y capacidad de hacer frente al aumento del nivel del mar (ANM) y a la extracción indiscriminada (EI), a lo que Murgulet (2016) señala que el cambio climático causa ANM y la EI provoca disminución del nivel freático, haciendo especial énfasis en que un acuífero costero es mayormente atacado por la EI que por ANM, lo que refuerza la idea de que las actividades antropogénicas son clave en el daño de dichos ecosistemas.

Para Werner y Simons (2009), el ANM es atribuible al cambio climático, que si bien podría considerarse evolutivo y natural es claro que se altera por las actividades humanas. Sin embargo, el impacto del cambio climático no es uniforme puesto que las emisiones contaminantes tampoco lo son, alterando las condiciones atmosféricas localmente y provocando que el ANM incremente de manera no uniforme (Melloul y Collin, 2006), impactando los acuíferos costeros de diferente forma de acuerdo a las características y actividades de cada región.

Por otro lado, la EI es una actividad muy común que se realiza para satisfacer las necesidades de la población, tanto para consumo humano como para actividades agropecuarias e industriales (Renau, Morell y Pulido, 2016); actividades que son totalmente dependientes de los ecosistemas de agua subterránea. No obstante, esto es sumamente problemático y crítico ya que si el volumen de extracción es mayor que el volumen de recarga, la IM se presentará de manera continua y progresiva, contaminando el acuífero (Graniel, Irany, González Hita, 2004.; Chang et al., 2011), las fuentes de agua superficiales y los ecosistemas dependientes del agua subterránea (Stigter, 2014.; Felisa, Ciriello y Di Federico, 2014.; Khublaryan, Frolov y Yushmanov, 2008)

Las regiones áridas y conlindantes a la costa son las más susceptibles a la IM, pues los periodos de mayor demanda coinciden con los de mayor escasez (Unsal, Yagbasan y Yazicigil, 2014); razón por la cual el costo por estresar los recursos hídricos es sumamente alto y solo se prevé que incremente con el tiempo (Post, 2005). Por otro lado, los acuíferos costeros son clave para el suministro de agua dulce en las regiones áridas, pues en estos sitios es difícil disponer de tierras y recursos financieros (Jayasekera, Kaluarachchi y Villholth, 2011); sin embargo, debido a que el agua subterránea de las regiones áridas es agua fósil, extraerla no es una dinámica sustentable, siendo de imperiosa necesidad el desarrollo de estimaciones exactas para la adecuada gestión en estas zonas (Cooper, 2010).

3. Estrategias sustentables, hacia una gestión adecuada de los recursos hídricos de los acuíferos costeros

Las estrategias sustentables para la gestión de acuíferos costeros deben involucrar un cambio tanto en el manejo como en la aplicación de los recursos, en donde el principal objetivo sea aumentar la recarga y disminuir la extracción (Monroy, 2013). De acuerdo con López y Gómez (2007), es imprescindible comenzar a gestionar los recursos hídricos a través de este tipo de estrategias que pueden frenar e incluso revertir los daños que han sufrido los acuíferos costeros y, aunque los autores plantean que pueden ser costosas, son éstas las que pueden caracterizar factores como las pérdidas económicas y los impactos ambientales, denotando los riesgos globales de una inadecuada gestión hídrica (Allen, 2017). A continuación se presentan las estrategias que más se han popularizado y han servido para la gestión de acuíferos: recarga artificial de acuíferos, muros pantalla y la explotación de acuíferos dañados para la desalinización de agua de mar; estrategias que hacen uso de las modelaciones para observar conductas actuales y predecir comportamientos futuros.

Se ha identificado que la recarga artificial es una estrategia funcional, en la cual se inyecta o infiltra agua al acuífero, ya sea tratada o de lluvia, para disminuir el déficit hídrico siempre que las características hidro-geológicas lo permitan (Gale, 2005.; Cardona et al., 2004). Esta recarga hace

posible recuperar el nivel de agua dulce y prevenir la intrusión marina, tanto a corto como a largo plazo (Shi y Jiao, 2014); lo que resulta bastante útil en las regiones áridas y semiáridas, ya que la recarga natural está limitada debido a la precipitación irregular (Mollema y Antonellini, 2013). Sin embargo, ésta actividad se ha restringido pues la decisión de implementación no ha demostrado argumentos económicos convincentes y sólidos que motiven a los responsables de la toma de decisiones, como administradores de servicios hídricos, funcionarios públicos y líderes políticos, a actuar a favor de este tipo de estrategia (Maliva, 2014).

Existe evidencia también de que los muros pantalla, cutoff walls en inglés, son una estrategia que permite bloquear la IM y aumentar la capacidad de almacenamiento de agua del acuífero; paralelos a la costa, funcionan como presas subterráneas que detienen la invasión del agua del mar (Allow, 2012). No obstante, este tipo de estructuras influyen la conductividad hidráulica y cambian el comportamiento natural tanto del suelo como de las aguas subterráneas, presentando fugas a través y por la periferia de la estructura (Inazumi y Kimura, 2009.; Xu et al., 2014)

En búsqueda de aprovechar los acuíferos costeros severamente dañados por la IM, existe un sector industrial que los utiliza para extraer agua de mar y desalarla para satisfacer la necesidad hídrica actual (Pulido, 2007a). Pulido y García (2003b) señalan que resulta más económico extraer agua del mar a través de un acuífero costero que directamente del mismo mar, pues el acuífero funciona como un filtro de materia orgánica que facilita el proceso de desalación; y aunque aceptan que existirán problemas ante esto, los autores asumen que no serán de alto impacto. Sin embargo, el Ministerio de Sanidad y Política Social del Gobierno de España (2009) advierte que esta práctica se vuelve contraproducente en aspectos técnicos, lo que vuelve a esta actividad insustentable tanto para la industria como para la naturaleza, pues la IM ocasiona pérdidas irreparables (Qahman et al., 2005).

Para sustentar la aplicación de estrategias, los autores optan por modelaciones que les permiten observar detalladamente cómo se comportaría la estrategia propuesta en ciertos escenarios, Lakfifi et al. (2004), Vengosh et al. (2005), Adams (2012), Cobaner et al. (2012), Lu y Werner (2013), Kumar, Priju y Prasad (2015), son algunos autores que han modelado estrategias en regiones áridas, dando un panorama amplio sobre qué sucede en zonas donde existen problemas de IM y coinciden características como las altas temperaturas, altas densidades poblacionales, climas áridos extremos y un fuerte desarrollo industrial, agropecuario, portuario y energético. Sin embargo, Singh (2015) menciona en su trabajo que, a pesar de que se han hecho modelos de simulación y optimización para la gestión de la IM de los acuíferos, no ha habido una aplicación combinada de los mismos; y sugiere que de tomarse la problemática como interdisciplinaria, se lograría una modelación holística donde los factores económicos, ambientales, sociales y legales trabajen en conjunto en un marco analítico coherente.

4. Sonora, en México el estado más preocupante

La gestión de los recursos hídricos en México es ejecutada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) a través de trece Regiones Hidrológico-Administrativas (RHA); de éstas, la IM ha atacado fuertemente a la RHA II (Fig. 1), específicamente al Estado de Sonora pues es en sus costas que cinco acuíferos, de los dieciocho con IM del país, se encuentran bastante afectados y con una gran crisis hídrica (CONAGUA, 2016a). A pesar de que la CONAGUA cuenta con las herramientas hidrogeológicas para la gestión de los recursos hídricos y un Programa Hídrico Regional Visión 2030 para la RHA II (CONAGUA, 2012b), los acuíferos costeros sonorenses siguen en espera de medidas que garanticen el equilibrio ante un panorama en donde es evidente que la extracción ha sido mucho mayor que la recarga.

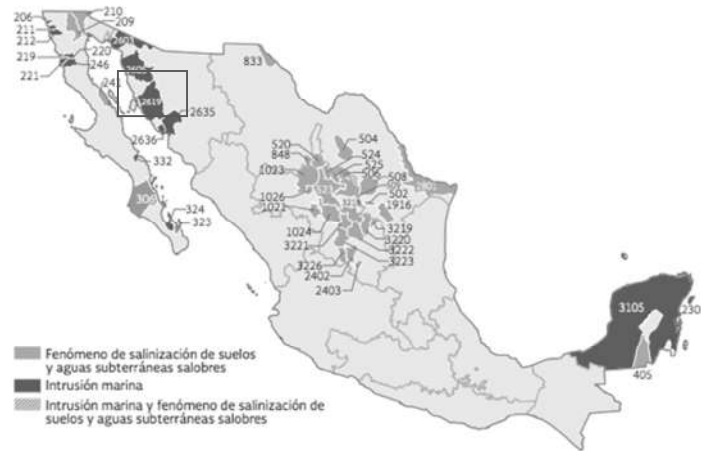


Fig.1. Acuíferos con intrusión marina y/o salinización de suelos y agua subterráneas salobres, 2015 (CONAGUA, 2016).

Según reportes de la Comisión Nacional del Agua (2016a), en la RHA II el acuífero 2619 Costa de Hermosillo (CH) es el más afectado (Fig.2.), pues ha sido explotado desde 1945 para el abastecimiento público, de la industria y de la actividad agrícola, siendo ésta última la que usa el 92% de los recursos que se extraen de este acuífero (Moreno, 2006.; Adams, 2012). Debido al inminente riesgo por la IM, desde 1949 se comenzaron a tomar medidas al respecto más no fueron exitosas, demostrándose la ineficacia de las mismas en 1956, al registrarse el máximo volumen de extracción observado con 1 100 Hm³ por año (Rangel et al., 2002a). Actualmente, el acuífero continúa en condiciones críticas ya que tiene un déficit de -97.628420 Hm³ (CONAGUA, 2015c), cifra que ha ido disminuyendo comparado con el año 2009 en el que se registró un déficit de -183.45153 Hm³ (CONAGUA, 2009d), constatándose que se precisa la participación activa de las autoridades y los tomadores de decisiones de manera integral, considerando las necesidades actuales de la sociedad y de la región (Rangel, Monreal y Watts, 2011).



Fig. 2. Acuíferos y provincias ecológicas de Sonora (Vega et al., 2011)

Ha sido gracias a diversos estudios in situ y modelaciones, que se ha podido saber que las tres zonas más vulnerables del CH se encuentran en las zonas de Bahía de Kino, El Cardonal y en el estero Tastiota, con infiltraciones que se dirigen directamente al centro del acuífero (Castillo, 2003). Así mismo, se sabe que la IM ha llegado a 30km en el noroeste del acuífero y a más de 20 km en el sur (Rangel et al., 2002a). De tal manera que, según Rangel et al. (2004b), se observa un promedio de IM de 650 m por año, identificándose a Bahía de Kino y a El Cardonal como las regiones de más alta flaqueza debido a la subsidencia tectónica; del mismo modo los autores concuerdan que la transmisibilidad del acuífero y las anomalías gravimétricas son clave para las regiones con medio y bajo nivel de vulnerabilidad.

El crítico panorama del acuífero CH ha orillado a las autoridades a buscar soluciones dependiendo tanto de fuentes poco confiables y de mala calidad como de derechos de agua agrícolas de ejidos aledaños, ocasionando conflictos por la escasez del agua (Scott y Lutz-ley, 2016). Si bien el CH sigue siendo la fuente principal de agua dulce para satisfacer las necesidades de la ciudad de Hermosillo (Custodio 2002), la situación actual ha demostrado que no será suficiente. Una de las soluciones propuestas por los gobernantes ha sido la construcción de un acueducto de 150 km que va desde la Presa El Novillo a Hermosillo; sin embargo, éste ha ocasionado un grave problema político, étnico y social, siendo finalmente un intento fallido que ha llamado la atención internacionalmente (Srestha et al., 2015.; Spring, 2014.; Herrera y Hiscock, 2015), revelando la falta de pericia y preparación para diseñar estrategias que ayuden a recuperar la región en crisis.

5. Discusión y conclusiones

México cuenta con un basto número de herramientas hidro-geológicas que supondría una facilidad para el análisis de información de las diversas regiones del país, sin embargo la antigüedad del material dificulta saber en qué estado se encuentran las regiones actualmente. Esto denota una gran necesidad de información actualizada que sirva de base para el desarrollo de investigación al respecto. Del mismo modo, las investigaciones científicas relacionadas con la IM y el acuífero costero CH son antiguas y además se citan entre sí, lo que sesga el conocimiento y evidencia aún más la falta de información y datos duros sobre la situación actual del acuífero.

Coincidiendo con la idea de Monroy (2013), las estrategias no solo deben estar enfocadas a incrementar la recarga y reducir la extracción, también es necesario considerar que la recarga dependerá fuertemente de fuentes externas o artificiales pues la recarga natural no es suficiente ante una demanda que la supera. Si bien es cierto que cada acuífero es diferente y tiene características particulares, las soluciones que las estrategias de gestión sustentable ofrecen pueden considerarse como universales para un mismo problema y, para que puedan ser aplicables, se deben evaluar las características hidro-geológicas del acuífero, las experiencias previas en otros lugares y los recursos disponibles para la implementación.

En lo que a la situación en el Estado de Sonora se refiere, se observa que es necesaria una estrategia sustentable pues la solución jamás será tomar recursos hídricos de una región para traerlos a otra. Esto no solamente genera problemas sociales y económicos sino también ambientales, pues el costo ambiental de transportar agua de un lugar a otro no demuestra un beneficio representativo ante las consecuencias de tal acción, además que ningún sector involucrado se responsabiliza de las externalidades que se generan.

Gracias al análisis que se hizo al estado del arte de esta problemática, se puede decir que encontrar una solución a la situación que atraviesan los acuíferos costeros no ha sido ni será sencillo, lo que hace a los autores de este artículo coincidir con la idea de Feige, Wallbaum y Krank (2011) en donde se menciona que es necesario que se desarrollen medidas, soluciones y herramientas que garanticen beneficios económicos, ambientales y sociales; motivando e incentivando así a los involucrados a

dirigirse hacia el desarrollo sustentable para beneficiar a la toda sociedad. Las estrategias sustentables de gestión de recursos hídricos de los acuíferos costeros deben estar presentes en la agenda de los responsables de la toma de decisiones, ya que éstas deben planearse y probarse de manera integral, haciendo que los pilares de la sustentabilidad trabajen transversalmente, tomando como base modelos y proyecciones que puedan ser comparables entre sí e integrarse para generar estrategias unificadas.

3. Referencias

Abd-Elhamid H., Javadi A., 2008. Mathematical models to control saltwater intrusion in coastal aquifers. *GeoCongress 2008*. 790–797.

Adams, A., 2012. Agricultura y manejo sustentable del acuífero de la Costa de Hermosillo Introducción. *Región y Sociedad*, (662), 155–179.

Allow, K.A., 2012. The use of injection wells and a subsurface barrier in the prevention of seawater intrusion: A modelling approach. *Arabian Journal of Geosciences*, 5(5), 1151–1161.

Bocanegra, E. y Custodio, E. 1994. 'Utilización de Acuíferos Costeros para Abastecimiento. Dos casos de estudio: Mar de Plata (Provincia de Buenos Aires, Argentina) y Barcelona (Cataluña, España). *Ingeniería del Agua Vol 1, Num 4*.

Cardona, A., Carrillo, J., Huizar, R., Graniel, E., 2004. Salinization in coastal aquifers of arid zones: An example from Santo Domingo, Baja California Sur, Mexico. *Environmental Geology*, 45(3), 350–366.

Castillo Gurrola, J., 2003. Aplicación de diferentes Métodos para estudiar la intrusión salina en acuíferos de Sonora, México. *Tecnología de la intrusión de agua de mar en acuíferos costeros: Países mediterráneos*, 3–10.

CEPAL, 2016. Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe. 63. [repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/1/S1600682_es.pdf%5Cn%20ultimo%20acceso](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/1/S1600682_es.pdf%5Cn%20ultimo%20acceso%20Diciembre%202016) Diciembre 2016

Chang, S., Clement, P., Simpson, M., Lee, K., 2011. Does sea-level rise have an impact on saltwater intrusion? *Advances in Water Resources*, 34(10), 1283–1291.

Chatton, E., Aquilina, I., Pételet-Giraud, E., Cary, I., Bertrand, G., Labasque, T., Hirata, R., Martins, V., Montenegro, S., Vergnaud, V., Aurouet, A., Kloppmann, W., Pauwels, 2016. Glacial recharge, salinisation and anthropogenic contamination in the coastal aquifers of Recife (Brazil). *Science of the Total Environment*, 569–570, 1114–1125.

Cobaner, M., Yurtal, R., Dogan, A., Motz, L., 2012. Three dimensional simulation of seawater intrusion in coastal aquifers: A case study in the Goksu Deltaic Plain. *Journal of Hydrology*, 464–465, 262–280.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2016a. 'Estadísticas del Agua en México, Edición 2016'. Comisión Nacional del agua, diciembre 2015. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/EAM2015-ALTA.pdf> último acceso Noviembre de 2016

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2012b. 'Programa Hídrico Regional Visión 2030: Región Hidrológico-Administrativa II Noroeste'. Comisión Nacional del Agua, Marzo 2012. <http://www.pronacose.gob.mx/pronacose14/contenido/documentos/II%20PHOCNO.pdf> último acceso Diciembre 2016

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2015c. 'Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Costa de Hermosillo (2619), estado de Sonora'. Comisión Nacional del agua,

diciembre 2015. http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/104312/DR_2619.pdf último acceso Diciembre 2016

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2009d. 'Disponibilidad Media Anual de Agua Subterránea, Según la NOM-011-CONAGUA-2000, 2619 Costa de Hermosillo'. Comisión Nacional del agua, diciembre 2015.

Custodio, E., 2002. Aquifer overexploitation: What does it mean? *Hydrogeology Journal*, 10(2), 254–277.

Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas (ONU-DAES), 2014. Decenio Internacional para la Acción 'El agua fuente de vida' 2005-2015. http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water_and_sustainable_development.shtml último acceso Noviembre 2016

Duarte, T. Minciardi, R., Robba, M., Sacile, R., 2015. Optimal control of coastal aquifer pumping towards the sustainability of water supply and salinity. *Sustainability of Water Quality and Ecology*, 6, 88–100.

Esteban, E. y Albiac, J., 2012. The problem of sustainable groundwater management: the case of La Mancha aquifers, Spain. *Hydrogeology Journal*, 20(5), 851–863.

Feige, A., Wallbaum, H. y Krank, S., 2011. Harnessing stakeholder motivation: towards a Swiss sustainable building sector. *Building Research & Information*, 39(5), 504–517.

Felisa, G., Ciriello, V. y Di Federico, V., 2013. Saltwater intrusion in coastal aquifers: A primary case study along the adriatic coast investigated within a probabilistic framework. *Water (Switzerland)*, 5(4), 1830–1847.

Foster, S., Tuinhof, A., Kemper, K., Garduño, H., Nanni, M., 2003. Sustainable Groundwater Management: Characterization of Groundwater Systems key concepts and frequent misconceptions. The World Bank, global water partnership associate program. http://www.limpopo.riverawarenesskit.org/LIMPOPORAK_COM/_SYSTEM/DMSSTORAGE/3471EN/GWM_ATEBN02.PDF último acceso Diciembre 2016

Gale, I., 2005. Estrategias para la Gestión de Recarga de Acuíferos (GRA) en zonas semiáridas. , 35.

Godinez, I. y Darnault, C., 2008. Coastal Aquifers and Saltwater Intrusion. En: Darnault C. (eds) *Overexploitation and Contamination of Shared Groundwater Resources*. NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security. Springer, Dordrech. 185–201.

Grael C., Irany, V. y Gonzalez Hita, L., 2004. Dinámica de la interfase salina y calidad del agua en la costa nororiental de Yucatán. *Ingeniería* 8-3.15–25.

Herrera, M. y Hiscock, K., 2015. Projected impacts of climate change on water availability indicators in a semi-arid region of central Mexico. *Environmental Science & Policy*, 54, 81–89.

Inazumi, S. y Kimura, M., 2009. Environmental Impact Evaluation on Construction of Vertical Cutoff Walls in Landfill Sites. *Geotechnical Engineering Journal*, 40(4), 217–224

Ingeniería Hidráulica y Ambiental, CIH., 2011. Selección de obras de captación y políticas de explotación en acuíferos costeros. , XXXII(3), 3–9.

International Panel of Climate Change (IPCC), 2007 *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der

Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976pp https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4_wg2_full_report.pdf último acceso Marzo de 2017

Jayasekera, D., Kaluarachchi, J. y Villholth, K., 2011. Groundwater stress and vulnerability in rural coastal aquifers under competing demands: A case study from Sri Lanka. *Environmental Monitoring and Assessment*, 176(1-4), 13-30.

Jones, B. F., Vengosh, A., Rosenthal, E., and Yechieli, Y., 1999, *Geochemical investigations, En: Seawater Intrusion in Coastal Aquifers—Concepts, Methods and Practices*, J. Bear, A. H.- D. Cheng, S. Sorek, D. Ouazar, and I. Herrera, eds., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 51-71.

Khublaryan, M., Frolov, A., Yushmanov, I., 2008. Seawater intrusion into coastal aquifers. *Water Resources*, 35(3), 274-286.

Klassen, J. y Allen, D.M., 2017. Assessing the Risk of Saltwater Intrusion in Coastal Aquifers. *Journal of Hydrology*.

Kumanova, X. et al., 2014. Recharge and sustainability of a coastal aquifer in northern Albania. *Hydrogeology Journal*, 22(4), 883-892.

Kumar, K., Priju, C. y Prasad, N., 2015. Study on Saline Water Intrusion into the Shallow Coastal Aquifers of Periyar River Basin, Kerala Using Hydrochemical and Electrical Resistivity Methods. *Aquatic Procedia*, 4(Icwrcoe), 32-40.

Lakfifi, L., Larabi, A., Bziou, M., Benbibai, M., Lahmouri, A., 2004. Regional Model for Seawater Intrusion in the Chaouia Coastal Aquifer (Morocco). Ed. Araguás, Custodio y Manzano, Instituto Geológico y Minero de España.

López-Geta, J. A., & de Dios Gómez-Gómez, J., 2007. La intrusión marina y su incidencia en los acuíferos españoles. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 15(15.3), 266-273.

Lu, C. y Werner, A., 2013. Timescales of seawater intrusion and retreat. *Advances in Water Resources*, 59, 39-51.

Maliva, R., 2014. Economics of managed aquifer recharge. *Water (Switzerland)*, 6(5), pp.1257-1279.

Melloul, A. y Collin, M., 2006. Hydrogeological changes in coastal aquifers due to sea level rise. *Ocean & Coastal Management*, 49(5-6), 281-297.

Ministerio de Sanidad y Política Social, 2009. Informes, estudios e investigación: Guía de Desalación: aspectos técnicos y sanitarios en la producción de agua de consumo humano. Ministerio de Sanidad y Política Social, Gobierno de España 2009. http://www.sergas.es/Saude-publica/Documents/2784/Guia_desalacion.pdf último acceso Diciembre 2016

Mollema, P.N. & Antonellini, M., 2013. Seasonal variation in natural recharge of coastal aquifers. *Hydrogeology Journal*, 21, 787-797.

Monroy, O., 2013. Manejo sustentable del agua en México. *Revista digital universitaria*, 14, 1-15.

Moreno, A., Campos, M., Chávez, E., 2006. Participación social y Equidad de género en la gestión, usos y manejo integral y sustentable del agua en el Acuífero del Valle de Toluca. 131-162.

Moreno, J. 2006. 'Por Abajo del Agua, Sobreexplotación y agotamiento del acuífero de la Costa de Hermosillo, 1945-2005'. Hermosillo: El Colegio de Sonora

- Murgulet, D., 2016. Effects of Climate Change and Sea Level Rise on Coastal Water Resources. En: Alessio, M.D. y Ray, C., ed. 2016. *Emerging Issues in Groundwater Resources*, Springer. 1-30
- Olmeda Pascual, J.M., 2006. El agua y su análisis desde la perspectiva económica: una aplicación para el crecimiento económico. *Viii Reunión De Economía Mundial*, 1–21.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU) - Agua, 2014. Un Objetivo Global para el Agua Post-2015: Síntesis de las Principales Conclusiones y Recomendaciones de ONU-Agua. , 10 http://www.unwater.org/fileadmin/user_upload/unwater_new/docs/Un%20Objetivo%20Global%20para%20el%20Agua%20Post-2015.pdf último acceso Diciembre 2016
- Organización Mundial de la Salud (OMS), 2012. Global costs and benefits of drinking-water supply and sanitation interventions to reach the MDG target and universal coverage, OMS/HSE/WSH/12.01, Ginebra. http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2012/globalcosts.pdf último acceso Diciembre 2016
- Osorio, C., Espinosa, S., s.f. Participación en los problemas del agua. Organización de Estados Iberoamericanos (OEI). Universidad del Valle, Colombia. <http://www.oei.es/historico/salactsi/osorio2.htm> último acceso Diciembre de 2016
- Oswald, U., 2015. Managing water resources under climate uncertainty: Examples from Asia, Europe, Latin America, and Australia. En: Shrestha, S., Anal, A., Sala, P., van der Valk, M., (eds.) *Managing Water Resources Under Climate Uncertainty: Examples from Asia, Europe, Latin America, and Australia*, 1–438.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), 2006. *Informe sobre Desarrollo Humano 2006*. http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr_2006_es_completo.pdf último acceso noviembre 2016
- Pongkijvorasin, S., Roumasset, J., Duarte, T., Burnett, K., 2010. Renewable resource management with stock externalities: Coastal aquifers and submarine groundwater discharge. *Resource and Energy Economics*, 32(3), 277–291.
- Post, V., 2005. Fresh and saline groundwater interaction in coastal aquifers: Is our technology ready for the problems ahead? *Hydrogeology Journal*, 13(1), 120–123.
- Pulido, A., 2007a. Los Acuíferos Costeros y el suministro de agua de mar a las plantas desaladoras. *Coastal aquifers and seawater supply to dessalination plants*. 274–279
- Pulido, A. y García, A., 2003b. Ubicación de sondeos y desaladoras de agua de mar. experiencias en la cuenca del segura. 701–712.
- Qahman, K., Larabi, A., Ahmed, D., Cheng, A., 2005. Optimal and sustainable extraction of groundwater in coastal aquifers. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 19(2), 99–110.
- Rangel, M., Monreal, R., Morales, M., Castillo, J., 2002a. Vulnerabilidad a la intrusión marina de acuíferos costeros en el Pacífico Norte Mexicano; un caso, el acuífero costa de Hermosillo, Sonora, México. *Revista Latino-Americana de Hidrogeología*, (2), pp.31–51.
- Rangel-Medina, M., Monreal, R., Morales, M., Castillo, J., 2004b. Estimation of the vulnerability to saline intrusion of the coast of Hermosillo aquifer, Sonora, Mexico. *Geofísica Internacional*, 43(4), 611–621.

- Rangel, M., Monreal, R., Watts, C., 2011. Coastal Aquifers of Sonora: Hydrogeological Analysis Maintaining a Sustainable Equilibrium. En: Cohen, I., Spring, Ú. y Padilla, G., 2011. *Water Resources in Mexico. Scarcity, Degradation, Stress, Conflicts, Management, and Policy*, 7, 39–49.
- Renau, A., Morell, I. y Pulido, D., 2016. A Methodology to Analyse and Assess Pumping Management Strategies in Coastal Aquifers to Avoid Degradation Due to Seawater Intrusion Problems. *Water Resources Management*, 30(13), 4823–4837. <http://link.springer.com/10.1007/s11269-016-1455-y> último acceso Enero 2017
- Sanchez, R., Lopez, V. & Eckstein, G., 2016. Identifying and characterizing transboundary aquifers along the Mexico-US border: An initial assessment. *Journal of Hydrology*, 535, 101–119
- Scott, C. y Lutz-ley, A., 2016. Enhancing Water Governance for Climate Resilience: Arizona, USA-Sonora, Mexico Comparative Assessment of the Role of Reservoirs in Adaptive Management for Water Security. En: Tortajada, C (ed.) *Increasing Resilience to Climate Variability and Change*. 15–40.
- Shi, L. y Jiao, J., 2014. Seawater intrusion and coastal aquifer management in China: a review. *Environmental Earth Sciences*, 72(8), 2811–2819.
- Singh, A., 2015. Managing the environmental problem of seawater intrusion in coastal aquifers through simulation-optimization modeling. *Ecological Indicators*, 48, 498–504
- Sisto, N., 2010. Manejo sustentable del uso de agua y crecimiento urbano. (With English summary.). *Ensayos: Revista de Economía*, 29(1), 23–38.
- Spring, Ú., 2014. Water security and national water law in Mexico. *Earth Perspectives*, 1(1), p.7.
- Stigter, T., Nunes, J., Pisani, B., Fakir, Y., Hugman, R., Li, Y., Tomé, S., Ribeiro, L., Samper, J., Oliveira, R., Monteiro, J., Silva, A., Tavares, P., Shapouri, M., Cancela da Fonseca, L., El Himer, H., 2014. Comparative assessment of climate change and its impacts on three coastal aquifers in the Mediterranean. *Regional Environmental Change*, 14(SUPPL.1), 41–56.
- UN-Water, 2008. *Transboundary Waters: Sharing Benefits, Sharing Responsibilities*. Task Force on Transboundary Waters, 16 http://www.unwater.org/downloads/UNW_TRANSBOUNDARY.pdf último acceso Noviembre 2016
- Unsal, B., Yagbasan, O. & Yazicigil, H., 2014. Assessing the impacts of climate change on sustainable management of coastal aquifers. *Environmental Earth Sciences*, 72(6), 2183–2193.
- Vega, E., Cirett S., De la Parra, M., Zavala, R., 2011. Hidrogeología de Sonora, Mexico. En: Calmus, Thierry, ed., *Panorama de la geología de Sonora, México*: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Boletín 118, cap. 8., 267–298.
- Vengosh, A., Kloppmann, W., Marei, A., Livshitz, Y., Gutierrez, A., Banna, M., Guerrot, C., Pankratov, I., Raanan, H., 2005. Sources of salinity and boron in the Gaza strip: Natural contaminant flow in the southern Mediterranean coastal aquifer. *Water Resources Research*, 41(1), 1–19.
- Werner, A. y Simmons, C., 2009. Impact of sea-level rise on sea water intrusion in coastal aquifers. *Ground Water*, 47(2), 197–204.
- WHO/UNICEF JMP, 2015. *Post-2015 WASH Targets and Indicators The Post 2015 Targets.*, 1-8 https://www.unicef.org/wash/files/4_WSSCC_JMP_Fact_Sheets_4_UK_LoRes.pdf último acceso Diciembre 2016

Xu, Y.S., Shen, S.L., Ma, L., Sun, W.J., Yin, Z. Y., 2014. Evaluation of the blocking effect of retaining walls on groundwater seepage in aquifers with different insertion depths. *Engineering Geology*, 183, 254–264.