



Profesor Investigador,
Centro Universitario de
la Costa, Universidad
de Guadalajara (UdeG),
México
(bartolo.cruz@academicos.udg.mx)

Rendimiento hídrico en cuencas del occidente de México y su función como proveedoras de agua

Bartolo Cruz Romero
Jonatan Ernesto Rivera García
Dennis Sanchez Casanova



Estudiante de la
Maestría en Ciencias en
Geofísica Universidad
de Guadalajara (UdeG),
México (jonatan.rivera7773@alumnos.udg.mx)



Estudiante de la
Maestría en Ciencias en
Geofísica, Universidad
de Guadalajara (UdeG),
México (dennis.sanchez@alumnos.udg.mx)

La disponibilidad y calidad del agua está siendo amenazada en varias regiones del mundo, debido al consumo excesivo por parte de la población humana, la contaminación y los impactos negativos del cambio climático sobre el territorio originando condiciones extremas que se traducirán en un incremento de lluvias torrenciales, provocando inundaciones en periodos cortos, así como periodos prolongados de escasez (Corredor *et al.*, 2012; FAO, 2009; 2020). Panorama que reduce los servicios ecosistémicos relacionados con la provisión hídrica, soporte, regulación y la calidad del agua que provienen de ecosistemas naturales como las cuencas hidrográficas, cuya función ecológica está siendo limitada por el accionar de las actividades antrópicas, tales como el emplazamiento urbano, la tala de la vegetación, el crecimiento de las actividades agrícolas y pecuarias sin planificación, así como el desvío de cauces de las cuencas que integran a estos municipios, podría provocar un futuro déficit hídrico a consecuencia de un uso y manejo inadecuado del agua; de ahí que los servicios ecosistémicos estén condicionados al mantenimiento de la integridad y la

resiliencia de los ecosistemas que los incluyen (Gómez y de Groot, 2007).

El análisis del rendimiento hídrico de las cuencas hidrográficas permite conocer el servicio ecosistémico de provisión de aguas superficiales de una determinada región o cuenca hidrológica y definir su rendimiento hídrico, información que permite proponer un reordenamiento territorial con enfoque de cuencas, encausado en la sustentabilidad y la conservación de los recursos naturales, con la finalidad de proveer y mantener las necesidades de servicios básicos como el acceso al agua.

Las cuencas costeras del occidente de México en los municipios de Cabo Corrientes y Tomatlán, Jalisco, comprenden una variedad de coberturas vegetales, que junto con las cuencas hidrográficas intervienen en la provisión de servicios ambientales como la disponibilidad de agua y, debido a la expansión urbana, turística, agrícola y pecuaria, su función ecosistémica está siendo fuertemente amenazada. Esto tiene como consecuencia la sobreexplotación del recurso hídrico, motivo por el cual la generación de información relacionada con el rendimiento hídrico de estas cuencas permite cuantificar y zonificar la provisión hídrica y proveer información que aporte al ordenamiento territorial de esta área de estudio.

El área de estudio comprende las cuencas del occidente de México correspondientes a los ríos Tecomala, Tecuán, Mismaloya, Tomatlán y San Nicolás, coordenadas

20°40'0" N y 104°40'0" W cubriendo un área de 731 843.3 ha (INEGI, 2010), que incluyen a los municipios de Cabo Corrientes (10 940 habitantes) y Tomatlán (36 316 habitantes). El paisaje de este territorio está conformado por ambientes naturales que corresponden a sistemas naturales terrestres y acuáticos con gran diversidad de tamaños y formas, que dependen de la dinámica de los sistemas hidrográficos (Cotler, 2010), presenta una topografía muy accidentada influenciada por la Sierra Madre Occidental, con alturas desde los 0 a 2 100 m s. n. m. (Viera Mejía y Michel Canchola, 2020). En la parte central de esta área se forma un valle con altitudes de hasta 600 m s. n. m. que forma parte de su litoral.

En esta región predomina el clima cálido-subhúmedo con lluvias en verano y a lo largo de la costa se registra un clima semiárido-cálido. La precipitación promedio anual corresponde a rangos de 600 a 1 800 mm, en las zonas bajas de las cuencas se registran valores de 600 a 1 200 mm. En las partes medias del territorio se tienen valores de 1 200 hasta 1 800 mm en promedio anual (Cuervo Robayo *et al.*, 2014; Viera Mejía y Michel Canchola, 2020). El tipo de suelo dominante es Regosol (411 017.8 ha) y en menor cobertura Arenosol (2 094.7 ha) (INEGI, 2014). Los tipos de vegetación corresponden a selva mediana subcaducifolia y selva baja caducifolia en la parte occidental y en la parte oriental en su área montañosa se

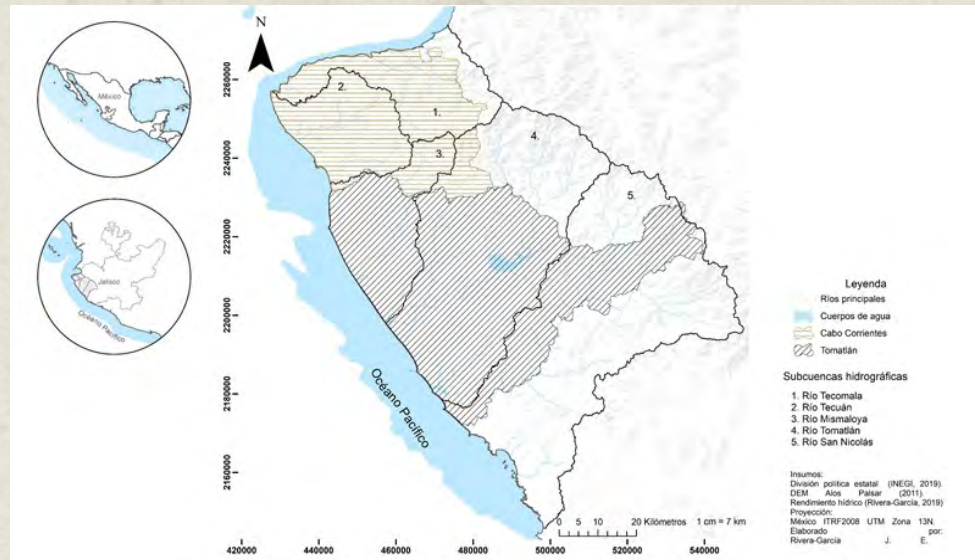


Figura 1. Cuencas del occidente de México, municipios de Cabo Corrientes y Tomatlán, Jalisco.

encuentran bosques mixtos de pino-encino (Viera Mejía y Michel Canchola, 2020).

Se cuantificó y zonificó el rendimiento hídrico de un sistema de cuencas del occidente de México en los municipios de Cabo Corrientes y Tomatlán, Jalisco, con base en la contribución relativa al agua para cada uno de los componentes que integran el paisaje. Se utilizó la metodología propuesta por el modelo *InVest del Proyecto Natural Capital Project* (<https://naturalcapitalproject.stanford.edu/>) y el componente que determina el contenido hídrico para cada pixel, mediante la aplicación del balance hídrico, sin diferenciar la profundidad del suelo, promediando los valores a nivel de subcuenca del módulo informático *Water Yield*.

La delimitación de la red hidrográfica se realizó mediante las herramientas

de *Hydrology* en *ArcGis* y un modelo de elevación digital obtenido a través del portal web del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI); para la evapotranspiración potencial se utilizó la información proporcionada por el portal web de CGIAR y los datos obtenidos fueron procesados bajo un entorno SIG; para la precipitación se elaboró una serie de mapas de promedios mensuales para la serie (1919-2009) proporcionados por la Universidad Autónoma del Estado de México; la profundidad del suelo fue calculada a partir del procesamiento de la geodatabase obtenida de INEGI; para el mapa de la disponibilidad de agua en la vegetación se hizo uso de las tablas proporcionadas por la FAO con una serie de valores predeterminados para la constante K_c , misma que expresa la cantidad

de agua que evapora cierto cultivo según su posición geográfica, valores que fueron sustituidos en el mapa de uso de suelos y vegetación de la serie VI de INEGI, que fue dividido por la profundidad del suelo para obtener la fracción requerida; para el caso del mapa de uso de suelos y vegetación y la tabla biofísica se reclasificó el mapa proporcionado por INEGI, mismo que se elaboró con la tabla biofísica (**Figura 2**); finalmente se procedió a calcular el rendimiento hídrico en el módulo antes mencionado, es decir, estimar la cantidad de agua producida por las cuencas y definir así la zonificación y variabilidad del rendimiento hídrico de cada cuenca analizada.

Los resultados generados por el modelo se muestran en la **Figura 3** y fueron organizados en cinco categorías de Muy Alto a Muy Bajo, reclasificándose en tres categorías.

Muy Alto y Alto. Categorías correspondientes a cuencas estables, ya que la precipitación es suficiente como para cumplir con la demanda hídrica, representadas con los tonos azul oscuro. Cuencas como la del río Tecomala y río Tecuán se encuentran dentro de esta categoría, obteniendo los valores más altos de rendimiento hídrico con una captación entre 600 a más de 1 200 mm anuales localizadas en el municipio de Cabo Corrientes.

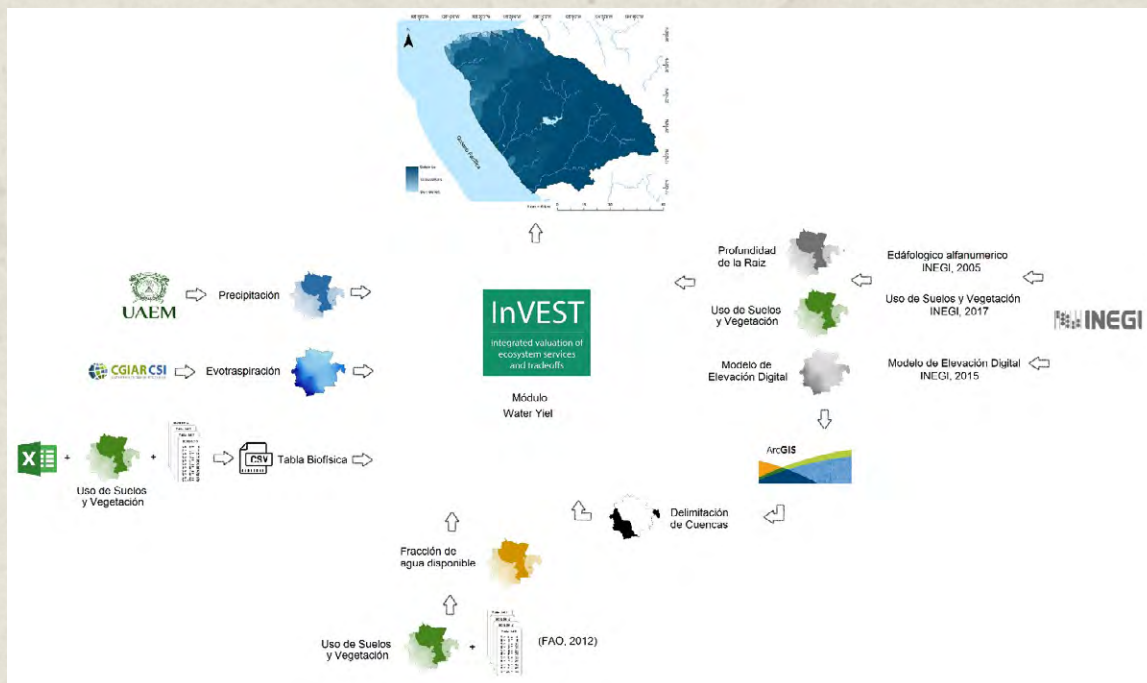


Figura 2. Procedimientos aplicados en el tratamiento de los insumos para el módulo *Water Yield* de InVEST para el primero de sus componentes.

Moderado. Consideradas como cuencas vulnerables, donde los requerimientos hídricos exceden a los producidos en ciertos periodos del año; lo que significa un estrés hídrico en la temporada seca y exceso del recurso en la temporada húmeda, propiciando la ocurrencia de inundaciones y deslizamientos de laderas, significando un peligro para la población y los elementos naturales; representadas con tonos azul medio. Las cuencas del río Mismaloya y río Tomatlán con rendimientos que oscilan entre los 300 a 600 mm anuales pertenecen a esta categoría.

Muy Bajo y Bajo. Corresponden a las cuencas con déficit hídrico y presentan

algún tipo de estrés donde la demanda ya excede por mucho a la producción, significando un rezago social para los habitantes de la zona; además, las comunidades vegetales y animales también podrían verse afectadas puesto que el déficit hídrico altera sus ciclos de vida poniendo en peligro sus poblaciones y propiciando el declive de la biodiversidad (UNESCO, 2019); representadas en tonos azul claro son las cuencas que registran valores de 0 a 300 mm anuales en su rendimiento hídrico, Las cuencas como la del río San Nicolás presentan esta categoría ubicada en la zona costera del municipio de Tomatlán.

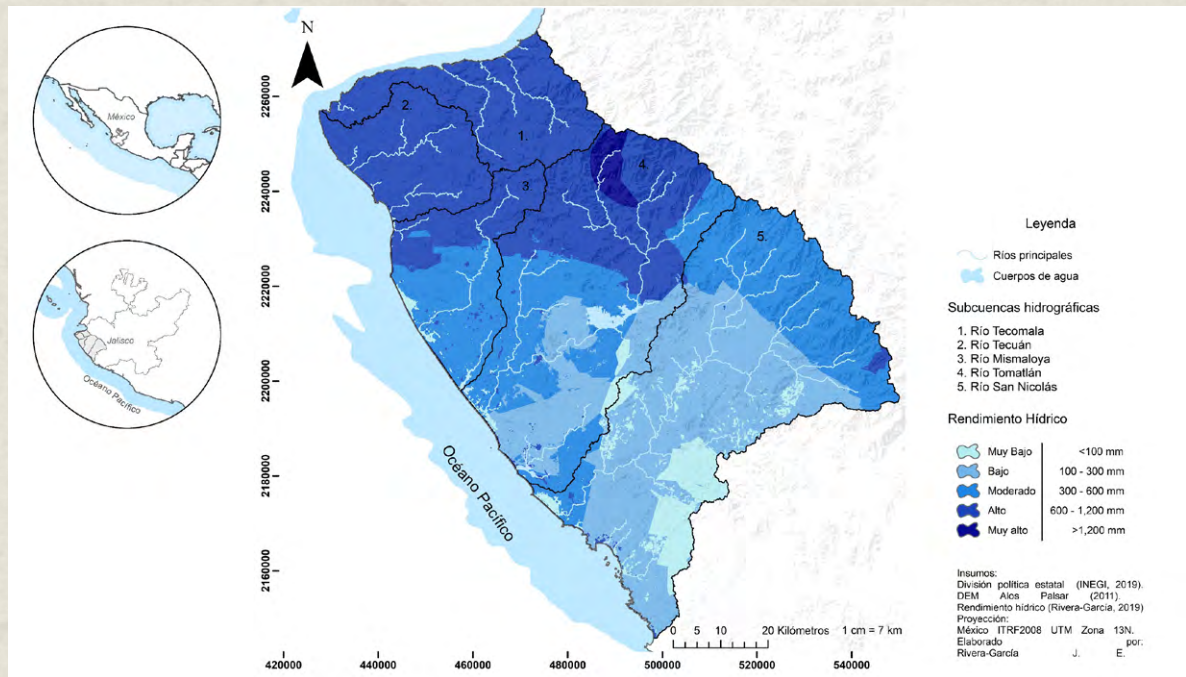


Figura 3. Valores de rendimiento hídrico en cuencas del occidente de México.

Esta información es un aporte al ordenamiento territorial que abre nuevas pautas de investigación hidrológica en relación con las tendencias del cambio climático, el emplazamiento urbano, la agroindustria y los volúmenes de consumo, así como un llamado de atención a los tomadores de decisiones encargados de preservar el recurso hídrico para enfocar esfuerzos en la conservación de estas áreas y evitar el deterioro de sus servicios ecosistémicos con el objetivo de mejorar el bienestar social y la calidad ambiental promoviendo al desarrollo sostenible y la conservación de la biodiversidad.

Referencias

- Corredor Camargo, E. S., Fonseca Carreño, J. A. y Páez Barón, E. M. (2012). Los servicios ecosistémicos de regulación: tendencias e impacto en el bienestar humano. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 3(1), 77-83. <https://doi.org/10.22490/21456453.936>
- Cotler, H. (2010). *Las cuencas hidrográficas de México, diagnóstico y priorización*. Pluralia Ediciones e Impresiones S.A. de C.V. <https://agua.org.mx/biblioteca/las-cuencas-hidrograficas-de-mexico-diagnostico-y-priorizacion/>
- Cuervo Robayo, A. P., Téllez Valdés, O., Gómez Albores, M. A., Venegas Barrera, C. S., Manjarrez, J. y Martínez Meyer, E. (2014). *Precipitación anual en México (1910-2009), escala: 1:1000000. modificado por CONABIO (2015)*. México, D. F. <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/preanu13gw.html>
- FAO. (2009). Los bosques y el agua. *Estudio FAO Montes 155*. <http://www.fao.org/3/i0410s/i0410s01.pdf>
- FAO, FIDA, OMS, PMA y UNICEF (2020). *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2020. Transformación de los sistemas alimentarios para que promuevan dietas asequibles y saludables*. Roma, FAO. <https://doi.org/10.4060/ca9692es>
- INEGI. (2010). *Red hidrográfica, subcuencas hidrográficas de México, escala: 1:50000*. Edición: 2. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, Ags., México. http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidrosiatl/#app=86ae&4b36-selectedIndex=0&6fa8
- INEGI. (2014). *Conjunto de Datos Vectorial Edafológico, Escala 1:250,000 Serie II (Continuo Nacional)*. México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825235673>
- Gómez-Baggethun, E., y de Groot, R. (2008). Capital natural y funciones de los ecosistemas: explorando las bases ecológicas de la economía. *Ecosistemas*, 16(3), 4-14. <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/88>
- UNESCO. (2021). Biodiversidad: Restaurar nuestro vínculo con los seres vivos. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000377986_spa
- Viera Mejía, D. A. y Michel Canchola, J. E. (2020). Descripción geográfica de la Costa de Jalisco (1.ª ed.). En J. C. Morales Hernández y B. Cruz Romero, B. (Coords.). Caracterización de la Costa de Jalisco: Relación con la variabilidad climática, cambio de uso de suelo y aspectos socioeconómicos (pp. 1-23). Grupo editorial: Universidad de Guadalajara - Publicado en asociación con: Centro Universitario de la Costa (CUCosta). <https://editorial.udg.mx/gpd-caracterizacion-de-la-costa-de-jalisco-9786079868956.html>