



## **ESTIMACIÓN DEL AGUA REPRESADA PARA RIEGO DE HUERTAS DE AGUACATE MEDIANTE EL USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.**

**Gerardo Ruíz-Sevilla<sup>1</sup>; Carlos Francisco Ortiz Paniagua<sup>2</sup>; Alberto Gómez-Tagle Chávez<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Av. San Juanito Itzicuaró s/n C.P. 58330, Morelia, México.

gruiz@umich.mx – 443 1184677 (\*Autor de correspondencia)

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Gral. Francisco J. Múgica S/N, Felicitas del Río, 58040 Morelia, Michoacán.

<sup>3</sup>Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Av. San Juanito Itzicuaró s/n C.P. 58330, Morelia, México.

### **Resumen**

El municipio de Tancítaro, Michoacán, México, ubicado en la zona poniente centro del estado de Michoacán suministra la mayor producción de aguacate de exportación de México, conjuntamente se localiza el Pico de Tancítaro, entidad hidrológica que aporta cerca de 30 millones de m<sup>3</sup> de agua anualmente; sin embargo, mucha de esta agua es interceptada y represada en ollas de agua (jagueyes) que son utilizadas para el riego de huertas de aguacate durante la temporada de estiaje. En el presente estudio se analiza la ubicación y conteo de estas para estimar el volumen de agua capturada y se aproxima un costo de oportunidad si se tuviese que pagar por el agua contenida utilizada para riego de huertas de aguacate durante la temporada de estiaje. La metodología empleada fue utilizando los Sistemas de Información Geográfica (SIG) Los resultados, muestran que la superficie construida de obras hidráulicas para la retención de agua total es equivalente a 163.45 has, mientras que el volumen total aproximado es equivalente al 4.5% del agua que contiene el lago de Zirahuén en Michoacán.

**Palabras clave:** Ollas de agua; costos ocultos del agua; *Persea americana*; sistemas de información geográfica.



## Introducción

Las actividades agrícolas aportan alimento a las sociedades humanas, además de contribuir con el crecimiento económico y social a través de la generación de empleos. Sin embargo, también es capaz de ocasionar daños a los ecosistemas y todos los servicios que recibimos de estos (Arisoy, 2020).

Por otra parte, los sistemas de mercadotecnia mercado impulsan la competitividad agrícola a nivel mundial, dando como resultado la aplicación de diversas prácticas y estrategias para mantener y acrecentar su mercado (Ueasangkomsate, *et al.*, 2018). Esta posición, permite que los sistemas productivos apunten la oferta hacia los mercados externos, para la obtención de mayor rentabilidad que cada vez tienen mayor aceptación, mientras que la oferta se limita a algunas zonas productoras como es el caso del aguacate hass en el estado de Michoacán, México (Badgley, *et al.*, 2007).

De esta manera aumenta y se intensifica la competitividad global a costa de menoscabo del bienestar de la población y convirtiéndose en una fase oculta de la competencia. Por otro lado, el contante aumento demográfico presiona a la agricultura, sobre todo para aquellos cultivos con alta demanda, entre los que identificamos al aguacate michoacano, cuya producción alcanza los 2.4 millones de toneladas y una tasa de crecimiento anual promedio de 5% durante los últimos 20 años (FAOSTAT, 2022). Michoacán continúa como el estado de mayor producción, especialización y competitividad contribuyendo con el 75% de la producción nacional (SIAP, 2022). Mientras que en Michoacán el municipio de Tancítaro se consolida como el mayor productor con el 12.5% de la producción de aguacate, seguido de Ario de Rosales, Salvador Escalante y Uruapan con poco más de 10% cada uno (SIAP, 2022).

En el territorio michoacano la producción de este fruto es esencialmente de temporal, pero bajo una demanda en aumento se ha identificado la instalación de infraestructura a ras del suelo (ollas) para el almacenamiento del vital líquido y disponer en época de estiaje. Situación que ha impulsado la agricultura en zonas áridas y semiáridas (Silva, *et al.*, 2021). Sin embargo, en el municipio de Tancítaro se emplean principalmente para aprovechar las condiciones regionales en la producción de aguacate, situación que constituye un doble riesgo: por una parte, desbordamiento (López, 2018) y por otra, alteración del ciclo hidrológico (Ruíz-Sevilla y Ortiz-Paniagua, 2021).

En este sentido, la construcción de cisternas por captación impide que el agua se distribuya de manera natural en la cuenca y su infiltración al subsuelo, ocasionando externalidades como desecación de cauces y afectación a comunidades aledañas (Velázquez, 2018, p. 1). Esto establece una fuerte competitividad entre los productores de aguacate. Primeramente, por la disponibilidad de agua para riego y segunda porque esta no tiene costo, por tanto, no se incorpora en los costos de producción.

El valor económico del agua y su asignación es controvertido por puntos de vista tradicionales, así como la cosmovisión de las sociedades y las particularidades económicas que hacen referencia a la recuperación de los costos en su totalidad. Se



debe tener presente que el valor de los recursos hidrológicos depende de la cantidad, calidad, ubicación, acceso y disponibilidad (UNESCO, 2017, párr. 2). Por tanto, resulta necesario diseñar estrategias que conduzcan a la conformación de incentivos dirigidos a la gestión del agua y a estimular a los usuarios potenciales al uso racional, sobre todo en la agricultura y así mermar la escasez del agua que tiene afectaciones en la salud y el ambiente.

En el presente estudio, se busca aportar al conocimiento de cómo la captación del agua afecta a otras regiones de menor altitud con la carencia de esta e incluso para el cultivo a futuro. De esta manera el objetivo del presente trabajo es estimar el volumen de agua contenido en las ollas construidas en la región y cómo transgrede en la población que habita a menores altitudes y que demandan atención inmediata en cuanto al abastecimiento de agua.

De igual manera se aspira a complementar información acerca de las implicaciones de captar agua en ollas construidas sobre el terreno y sus afectaciones al ecosistema (suelo, bosque, agua) a fin de promover acciones encaminadas a la conservación y restauración de bosques en el municipio de Tancítaro y una producción sustentable de aguacate en la región.

## **Materiales y Métodos**

### **Construcción de mapa de ollas**

Si bien el cultivo de aguacate aporta una derrama económica considerable al estado y al municipio de Tancítaro, haciéndolo el mayor productor de aguacate hass en el estado de Michoacán, también es sabido que se requieren inmensas cantidades de agua para mantener las huertas durante la temporada de estiaje. Y que dadas las condiciones fisiográficas de la región es necesario prevenirse de agua para el mantenimiento de estas a partir de la construcción de pequeños embalses denominados jagueyes u ollas de agua.

Esta situación se ha incrementado conforme aparecen huertas de aguacate y que abonan a la escasez de agua en los municipios colindantes de menor altitud, lo que hace necesario cuantificar el volumen de agua captada y aproximar un valor económico a partir de la comparación de costos por el transporte de agua.

El proyecto fue desarrollado en coordenadas Universal Transversa de Mercator para la zona 13 y la proyección WGS 1984. Las ollas se identificaron visualmente en imágenes satelitales proporcionadas por Google Earth Pro V. 7.3.3.7721 (64-bit) que combinan un mosaico de instantáneas tomadas en el transcurso del tiempo y que permiten captar información con resolución entre 2 m hasta 60 cm por píxel (dependiendo de la región).

Posteriormente, se digitalizaron a una distancia del suelo de hasta 200 m de acercamiento. Previamente se realizó el concatenado de datos vectoriales de las cartas E13B28 a la E13B49 (INEGI, 2014) que cubren el municipio en escala 1:50,000.

Seguidamente, se creó un nuevo proyecto dentro del software ArcGIS 10.5, y se importaron los datos KML (archivo nativo de Google Earth) para la asignación de los atributos (áreas, perímetros y centroides) (Ramos, 2015).

El volumen de estas ollas fue estimado conforme a la experiencia de ingenieros dedicados a la construcción de estas, tomando como referencia las fichas técnicas de SAGARPA (2017a y b), que, si bien tiene ciertas imprecisiones, nos permite estimar los volúmenes de agua captados, basándonos en las áreas superficiales de las ollas, que siempre son proporcionales acorde a la profundidad; además de la fórmula presentada por la United States Department of Agriculture (1997).

$$V = (A + B + C) * D$$

Donde:

V= Volumen de excavación

A= Área de excavación a nivel de superficie

B= Área de excavación a la mitad de la profundidad

C= Área de excavación a la máxima profundidad

D= Profundidad máxima

## Resultados y Discusión

### Mapa de ollas de agua.

A partir de los polígonos obtenidos se determinan 2,900 ollas de agua, mismas que se clasificaron en 5 clases de acuerdo con su superficie: Muy pequeña (12-163m<sup>2</sup>), pequeña (163.001-325 m<sup>2</sup>), media (325.001-652m<sup>2</sup>), amplia (652.001-1626m<sup>2</sup>) y muy amplia (1,626-15,000m<sup>2</sup>). Observándose que las ollas “muy pequeñas” de entre 12 y 163 m<sup>2</sup> (27%) son las que dominan en el territorio, mientras que las de 1,626 a más de 10,000 m<sup>2</sup> (6%) son las de menor aparición (figura 1).

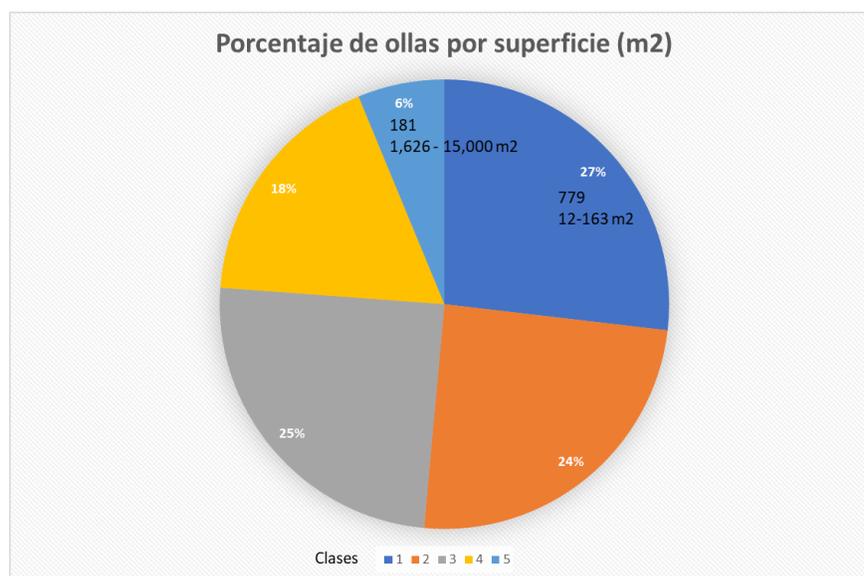
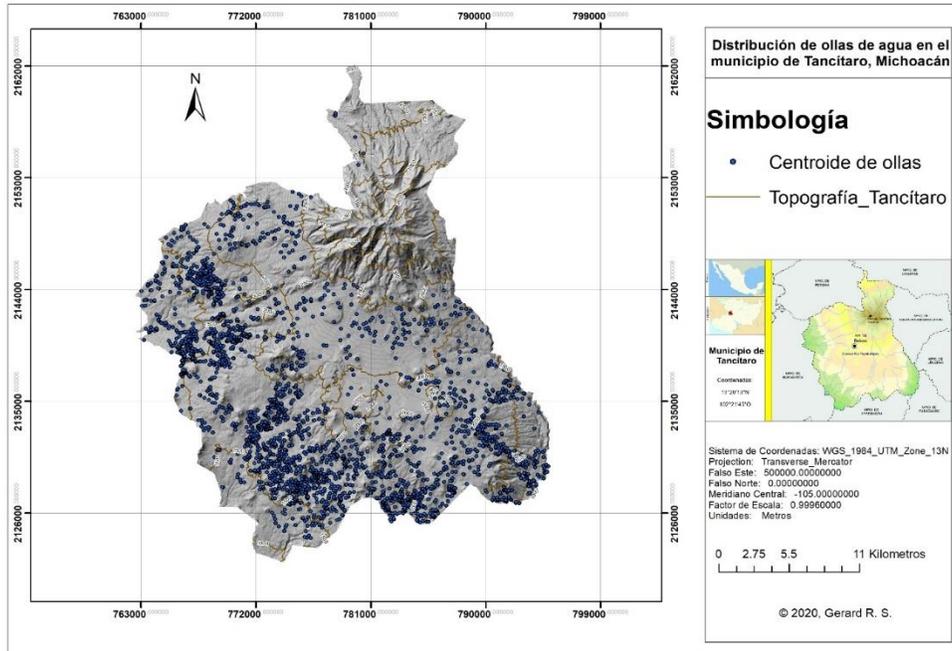


Figura 1. Porcentaje de ollas por superficie.

En la figura 2, se muestra la distribución de las ollas de agua localizadas en el municipio de Tancítaro, estas son de diferentes dimensiones y capacidades, encontrándose un total de superficie construida de 163.45 has, superficie similar al lago Alchichica y que logran coleccionar aproximadamente 9,757,054.01 m<sup>3</sup> (9,757.05 hm<sup>3</sup>) de agua.



**Figura 2.** Distribución de ollas construidas para la captación de agua pluvial y superficial en el municipio de Tancítaro.

En el supuesto de no existir este tipo de infraestructura para el riego de huertas de aguacate, la mayoría de los agricultores decide comprar pipas de agua de 15,000 litros. Por lo que, si se pretendiera trasladar el volumen total estimado de agua mediante pipas de agua con la capacidad señalada, se necesitarían 650,470.27 unidades mismas que tienen un costo promedio de \$2,000 de acuerdo a la distancia de riego. Esto significaría un costo desmesurado. En cambio, si aplicáramos una tarifa de \$0.50 (cincuenta centavos mexicanos) obtendríamos un monto de \$4,878,527.01 que podrían ser destinados a la conservación y manejo de las zonas de captación de agua, empleando y beneficiando a la comunidades que habitan en las partes altas de la región.

Con estos resultados previos, observamos que este actual modelo productivo presiona sobre los bosques nativos, suelos, recursos hídricos y sus recursos naturales en general y que probablemente el bienestar de los trabajadores “base” (temporales) de huertas de aguacate no sea el adecuado. En otras palabras, no es sostenible pues la solides económica solo es para los dueños de huertas, existe una alteración al ambiente y no hay seguridad para los empleados.



## Conclusiones

- 1) Producir aguacate en la región presenta impactos que pueden alterar el ciclo hidrológico de Tancitaro, por lo que sería conveniente y sujeto a discusión considerar un pago del agua captada como cualquier gasto de producción.
- 2) El acceso y disponibilidad de agua debe ser regulada mediante políticas públicas que involucren a todos los usuarios.
- 3) El empobrecimiento focalizado y desigualdad en la región pueden incrementarse al existir falta de agua en regiones de menor altitud.
- 4) Es importante estudiar desde un enfoque de sustentabilidad la falta de agua y su impacto en relación con el cultivo de aguacate.
- 5) Si existiera un plan tarifario de un costo mínimo se obtendrían cuantiosos ingresos que podrían ser regulados y destinados a acciones de manejo y conservación de cuencas hidrográficas.
- 6) Los costos ocultos del agua que no están considerados en la producción de aguacate podrían representar una parte importante del ingreso del cultivo.

## Referencias Bibliográficas

- Arisoy, H. (2020). Impact of agricultural supports on competitiveness of agricultural products. *Agricultural Economics – Czech*, 66, 286–295. doi:10.17221/416/2019-AGRICECON.
- Badgley, C., Moghtader, J., Quintero, E., Zakem, E., Chappell, M. J., Avilés-Vázquez, K., Perfecto, I. (2007). Organic agriculture and the global food supply. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 22(02), 86–108. doi:10.1017/s1742170507001640.
- CONABIO (2022). 70. Cuenca Oriental. Recursos hídricos principales. [En línea] Fecha de acceso: 2022. Recuperado de: [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp\\_070.html](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp_070.html).
- FAOSTAT, 2022. Crops and livestock products. [En línea] Recuperado de <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Fecha de acceso: 2022.
- INEGI (2014) Conjunto de datos vectoriales de información topográfica. Cartas: E13B28, E13B29, E13B38, E13B39, E13B48 y E13B49 del INEGI (2014), escala 1:50,000 serie III.
- López, T. R. (2018) Peligro hidrológico propician 50 mil ollas para captar agua en el cultivo de aguacate: investigador. Prensa: QUADRATÍN, 1 de octubre de 2018. [En línea] Recuperado de <https://revolucion.news/peligro-hidrologico-propician-50-mil-ollas-captar-agua-cultivo-del-aguacate-investigador/>. Fecha de acceso: septiembre de 2022.



- Ramos, D. A. (2015). Cómo extraer KML en Google Earth Pro e importarlo a QGIS como shape. [En línea] Recuperado de. <https://mappinggis.com/2015/05/como-extraer-kml-en-google-earth-pro-e-importarlo-a-qgis-como-shp/>.
- Ruíz-Sevilla G. y Ortiz Paniagua C. F. (2021) "Implicaciones de la Producción de Aguacate en el Balance Hídrico desde una Perspectiva de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), 2011-2019". Revista de Investigaciones CIMEXUS Vol. XVII, No. 2, Julio – Págs., 11-27. Diciembre 2021 ISSN 1870-6479.
- SAGARPA, (2017a). Diseño y construcción de ollas de agua. Segunda Edición, México, Noviembre 2017 Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- SAGARPA, (2017b). Diseño y construcción de jagüeyes. Segunda Edición, México, Noviembre 2017 Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- SIAP (2022). Escenario mensual de productos agroalimentarios. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 13 de junio de 2022. [En línea].
- Silva, T. A., Ferreira, J., Calijuri, M. L., Dos Santos, V. J., Alves, S. do C., & Castro, J. de S. (2021). Efficiency of technologies to live with drought in agricultural development in Brazil's semi-arid regions. *Journal of Arid Environments*, 192, 104538. doi.org/10.1016/J.JARIDENV.2021.104538.
- Ueasangkomsate, P., Suthiwartnarueput, K., & Chaveesuk, R. (2018). Understanding Competitive Advantage of Organic Agriculture through the Natural-Resource-Based View: Case Studies of Three Organic Rice Producer Networks. *Thammasat Review*, 21(2), 179–200. Retrieved from <https://sc01.tci-thaijo.org/index.php/tureview/article/view/161335>.
- UNESCO (2017) "Valoración económica de los recursos hídricos". Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP). <http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/facts-and-figures/valuing-water/>
- United States Department of Agriculture (1997). Agriculture Handbook Number 590. Natural Resource Conservation Service.
- Velázquez, Javier (2018). A EUA el 90% de aguacate que se exporta. [En línea] Recuperado de <https://www.contramuro.com/a-eua-el-90-del-aguacate-que-se-exporta/>. Fecha de acceso: 2022.