

Monitoring the Evolution of Agricultural Growth in an Arid Area in Northwest Mexico Using Free Tools in the Cloud

Héctor Sanvicente-Sánchez¹, Saúl Arciniega², Yolanda Solis-Alvarado¹, David Ortega Gaucin¹, and Vladimir Contreras González¹

¹Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

²Universidad Nacional Autónoma de México

November 22, 2022

Abstract

Chihuahua State, in northwestern Mexico, has had strong growth in its irrigated agriculture, going from 2010 – 2018 of 461,099 to 597,222 ha. Although the total area planted has decreased due to often droughts. Main growth has occurred in the Chihuahuan desert area, through groundwater extraction, causing aquifers' overexploitation. This unsustainable growth will provoke a collapse in the management of water resources. This work shows a methodology to determine the current agricultural frontier and monitor the evolution of the irrigated area. Methodology employs the Google Earth Engine (GEE) platform to obtain and process satellite images, and was applied in the Laguna de Hormigas aquifer, located in the Chihuahuan desert area. For this aquifer, 10.55 times its recharge is extracted. Methodology uses Sentinel 2, Landsat 5, and Landsat 8 satellite images. To identify the agricultural frontier, we use Sentinel 2 images (level 1C) with cloud cover less than 10% from 2015-2020. The agricultural frontier is obtained by classifying two bands, one with maximum vegetative development and another with maximum humidity in each pixel. The bands are generated from a statistical historical analysis of the normalized difference vegetation index (NDVI) and the normalized difference water index (NDWI). To monitor the evolution of irrigated areas from 2000 – 2020, Landsat 5 and Landsat 8 images of level 2 collection 2 are processed. The agricultural frontier defines the area where growth occurs. From Landsat images, for each year one image with maximum vegetative development is obtained which is processed to show if it has cultivated areas or not. Considering that cultivated areas have an NDVI value greater than 0.2. Results shows that agricultural development in the Laguna de Hormigas aquifer starts in 2010, but from 2016 is accelerated. Results are consistent with the statistics published in the Agrifood and Fisheries Information Service. The methodology developed is useful to analyze the spatio-temporal evolution of agricultural areas in arid regions and can be used in similar zones, without special computational requirements because it uses databases and cloud tools.

Monitoring the Evolution of Agricultural Growth in an Arid Area in Northwest Mexico Using Free Tools in the Cloud

Héctor Sanvicente-Sánchez, Saúl Arciniega, Yolanda Solís-Alvarado, David Ortega y Vladimir Contreras

Abstract

Chihuahua State, in northwestern Mexico, has had strong growth in its irrigated agriculture, going from 2010 – 2018 of 461,099 to 597,222 ha. Although the total area planted has decreased due to often droughts. Main growth has occurred in the Chihuahuan desert area, through groundwater extraction, causing aquifers' overexploitation. This unsustainable growth will provoke a collapse in the management of water resources. This work shows a methodology to determine the current agricultural frontier and monitor the evolution of the irrigated area. Methodology employs the Google Earth Engine (GEE) platform to obtain and process satellite images, and was applied in the Laguna de Hormigas aquifer, located in the Chihuahuan desert area. For this aquifer, 10.55 times its recharge is extracted. Methodology uses Sentinel 2, Landsat 5, and Landsat 8 satellite images.

To identify the agricultural frontier, we use Sentinel 2 images (level 1C) with cloud cover less than 10% from 2015-2020. The agricultural frontier is obtained by classifying two bands, one with maximum vegetative development and another with maximum humidity in each pixel. The bands are generated from a statistical historical analysis of the normalized difference vegetation index (NDVI) and the normalized difference water index (NDWI).

To monitor the evolution of irrigated areas from 2000 – 2020, Landsat 5 and Landsat 8 images of level 2 collection 2 are processed. The agricultural frontier defines the area where growth occurs. From Landsat images, for each year one image with maximum vegetative development is obtained which is processed to show if it has cultivated areas or not. Considering that cultivated areas have an NDVI value greater than 0.2.

Results shows that agricultural development in the Laguna de Hormigas aquifer starts in 2010, but from 2016 is accelerated. Results are consistent with the statistics published in the Agrifood and Fisheries Information Service.

The methodology developed is useful to analyze the spatio-temporal evolution of agricultural areas in arid regions and can be used in similar zones, without special computational requirements because it uses databases and cloud tools.

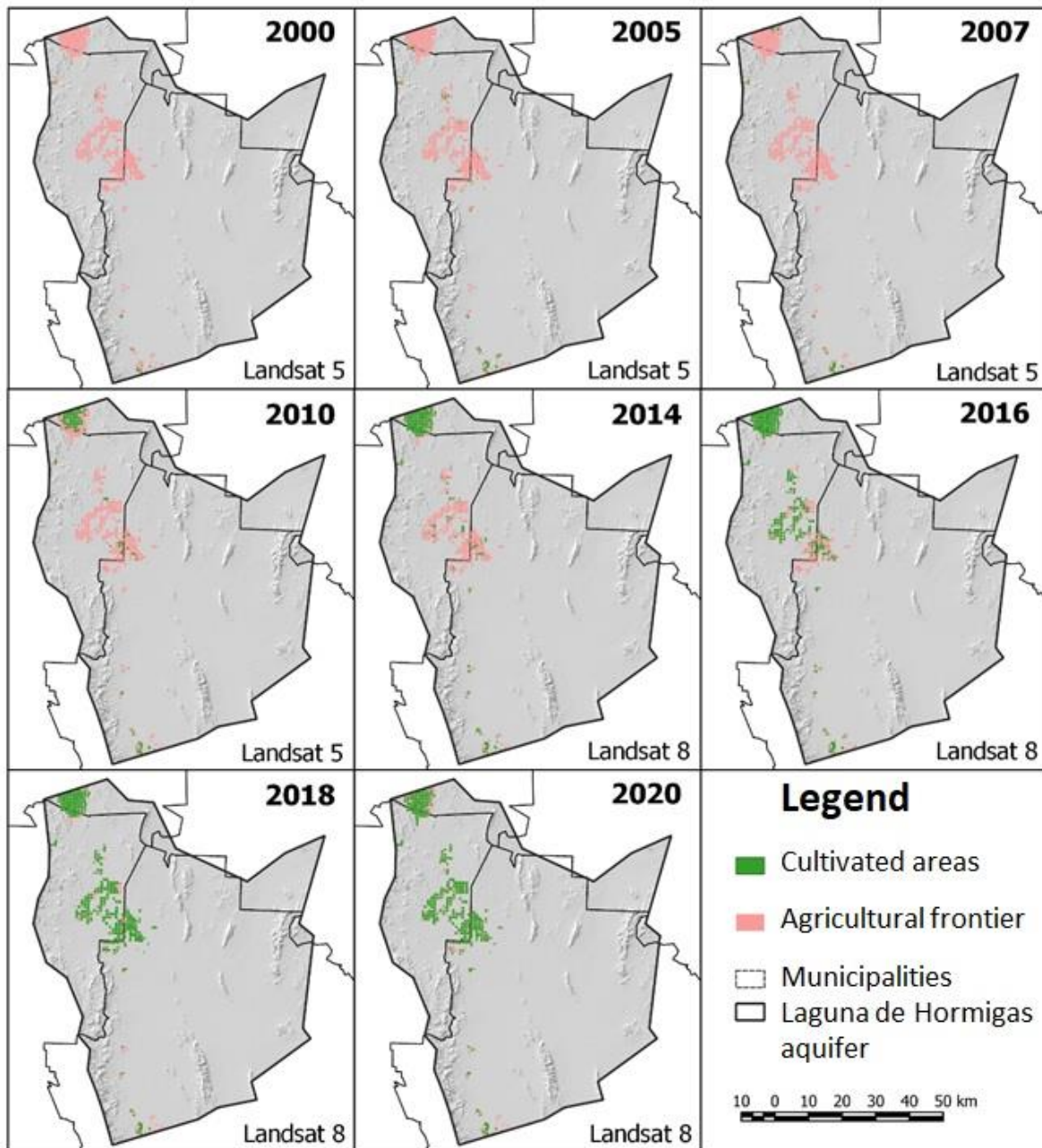


Figure 1.- Evolution of the irrigated area in the Laguna de Hormigas aquifer, Chihuahua, Mexico

Monitoreo de la Evolución del Crecimiento Agrícola en una Zona Árida del Noroeste de México a través de Herramientas Gratuitas en la Nube.

Héctor Sanvicente-Sánchez, Saúl Arciniega, Yolanda Solís-Alvarado, David Ortega y Vladimir Contreras

Resumen

El estado de Chihuahua ubicado en el noroeste de México y el de mayor extensión en el país, de acuerdo al Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, por sus siglas en español), ha tenido en los últimos años un fuerte crecimiento en su agricultura de riego pasando de 461,099 Ha en 2010 a 597,222 Ha en 2018, año en el que se tuvo la mayor superficie de riego sembrada. Aunque la superficie total sembrada, considerando riego más temporal ha disminuido debido a las intensas sequías que azotan recurrentemente la zona. Mucho de este crecimiento en la agricultura de riego se ha dado en la zona del desierto de Chihuahua, que cubre aproximadamente un tercio de la superficie del estado, a través de la extracción de agua subterránea, lo que ha provocado la sobreexplotación de los acuíferos, y que supone un crecimiento no sostenible, lo que puede provocar un colapso en la gestión de los recursos hídricos de las zonas. El presente trabajo muestra la metodología para determinar la frontera agrícola actual y monitorear la evolución del crecimiento del área de riego, a partir de bases de datos de imágenes de satélite y herramientas de cálculo gratuitas que se consultan y emplean a través de la nube. Para ello, se utiliza como caso de estudio el acuífero administrativo Laguna de Hormigas, ubicado en la zona del desierto de Chihuahua y que de acuerdo al estudio de disponibilidad publicado por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) se le extraen 10.55 veces su recarga. Se usan imágenes de satélite Sentinel 2 y Landsat 5 y 8, accesadas y procesadas mediante la plataforma Google Earth Engine (GEE).

Para la identificación de la frontera agrícola actual se emplearon imágenes Sentinel 2 (nivel 1C) y cobertura de nubes menor al 10%, para el periodo 2015-2020. Las imágenes Sentinel 2 1C se emplearon debido a que con GEE no se les podía hacer la corrección atmosférica y a que lo que se quería era identificar áreas vegetadas de no vegetadas. La frontera agrícola se obtuvo mediante la clasificación de dos bandas, una de máximo desarrollo vegetativo y otra de máxima humedad en cada pixel en el periodo de análisis, para identificar zonas que en algún momento tuvieron cultivo de las que no tuvieron. Las bandas se generaron a partir de un análisis histórico estadístico del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) y del índice agua de diferencia normalizada (NDWI).

Las imágenes Landsat 5 y Landsat 8 del nivel 2 colección 2 se usaron para monitorear la evolución del crecimiento agrícola del 2000 al 2020, ellas fueron procesadas desde GEE para filtrar aquellas imágenes con una cobertura de nubosidad menor al 20%. Este umbral fue definido más alto porque las imágenes Landsat están disponibles cada 16 días y así se incrementa el número de imágenes a procesar, además de que la frontera agrícola definida por las imágenes Sentinel se usó como máscara que define la zona donde se da el desarrollo agrícola, reduciéndose la probabilidad de interferencia de la nubosidad. Para las imágenes Landsat se hace un análisis estadístico anual del NDVI de manera que para cada año se obtenga una imagen del máximo desarrollo vegetativo que se da en un pixel para ese año. Finalmente, se establece que las áreas con cultivo tienen un valor de NDVI mayor a 0.2 y con este criterio se procesaron todos los años del 2000-2020, para monitorear la evolución del crecimiento agrícola.

De los resultados obtenidos se aprecia que el desarrollo agrícola en el acuífero Laguna de Hormigas comienza a darse a partir del año 2010, pero a partir del 2016 este se acelera. Estos resultados son congruentes con las estadísticas publicadas en el sistema SIAP (sistema de información agroalimentaria y pesquera) aunque estas se dan a nivel municipal.

La metodología desarrollada es útil para analizar la evolución espacio-temporal de las áreas agrícolas en zonas desérticas o áridas y puede ser utilizada en múltiples regiones de México e, inclusive, en otras partes del mundo, sin requerimientos computacionales especiales por emplear bases de datos y herramientas en la nube.