



# UNIVERSIDAD DE SONORA

División de Ciencias Exactas y Naturales  
Departamento de Geología

LA HUELLA HÍDRICA EN LA REGIÓN  
AGRÍCOLA DE LA COSTA DE  
HERMOSILLO, SONORA, MÉXICO,  
COMO HERRAMIENTA DE  
SUSTENTABILIDAD  
HIDROGEOLÓGICA.

## TESIS

Que para obtener el Grado de:  
Maestro en Ciencias-Geología.



**PRESENTA:**

**LUIS CARLOS MÉNDEZ BARRIOS**

**Hermosillo, Sonora, Junio de 2017**

## RESUMEN

La huella hídrica (HH) es un concepto relativamente reciente, que tiene poco más de una década de haberse empezado a utilizar extensivamente, y está íntimamente asociado con el concepto conocido como “agua virtual”, con el que se busca definir el consumo oculto del agua en diversos productos. Además la huella hídrica establece, por su parte, una relación directa entre los sistemas hídricos y el consumo humano. Así por ejemplo, nuestra HH de consumo se compone de lo que comemos, bebemos y utilizamos. A nivel mundial, la HH de consumo per cápita se estima en  $1,385 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$ . Esta vinculación puede determinar factores como la escasez o contaminación del agua, pero principalmente se enfoca en la gestión eficaz del recurso hídrico. Para su cálculo se toma en cuenta la clasificación que se hace conceptualmente en el tipo de agua utilizada (verde, azul y gris), obteniendo así la información relevante para conocer con profundidad el uso de agua dulce en un sistema productivo. El propósito del presente estudio fue el de calcular la HH de cuatro cultivos principales que se explotan intensivamente en la Costa de Hermosillo, Sonora México una región que ha cultivado fundamentalmente productos de exportación desde mediados de la década de los años 1940, con una extracción de agua subterránea que rebasa con mucho la capacidad de recarga del sistema acuífero, el cual fue impactado ambientalmente a tal grado que siendo un acuífero costero, permitió la penetración de agua de mar en forma de intrusión marina, deteriorando la calidad y minando el volumen de almacenamiento del agua subterránea del acuífero. A la fecha, se explotan primordialmente dos cultivos anuales “Sandía (*Citrullus lanatus*) y Trigo (*Triticum aestivum*)” y dos perennes “Uva de mesa (*Vitis vinifera*) y Nogal pecanero (*Carya illinoensis*)”, por lo tanto, este estudio tiene por objetivo realizar un análisis de sustentabilidad ambiental sobre el acuífero regional, calculando la huella hídrica de la “exportación de agua” que se ha realizado con la producción de los cuatro productos citados. Los cálculos se llevaron a cabo utilizando la metodología de la Water Footprint Network (WFN), metodología más utilizada a nivel mundial para el cálculo de la HH. Los resultados obtenidos considerando los rendimientos promedio, máximos y mínimos de 2003-2016, fueron: huella hídrica de la producción ( $HH_{prod}$ ) de la sandía en su ciclo agrícola primavera-verano (PV) =  $119 \text{ m}^3 \text{ Mg}^{-1}$  en promedio, 147 máximo y 91 mínimo,

donde el 15% corresponde a agua azul, el 34% a agua verde y el 51% a agua gris. En el caso del ciclo otoño-invierno (OI) el resultado fue de  $141 \text{ m}^3 \text{ Mg}^{-1}$ , 174 máximo y 108 mínimo; donde el 57% es agua azul y el 43% es agua verde. Considerando el año agrícola el volumen fue de  $260 \text{ m}^3 \text{ Mg}^{-1}$  en promedio, con un máximo de 321 y un mínimo de 199; esta se representa en 38% agua azul, 15% agua verde y 47% agua gris. En el caso del cultivo de trigo la  $HH_{prod}$ , fue de  $927 \text{ m}^3 \text{ Mg}^{-1}$  en promedio con un máximo de 1,106 y un mínimo de 766; donde el 57% lo representa agua azul y el 43% agua gris. Los resultados para vid fueron:  $591 \text{ m}^3 \text{ Mg}^{-1}$  en promedio con un máximo de 981 y un mínimo de 426; donde el 64% es agua azul, el 20% verde y el 16% gris. Por último, los resultados para el nogal fueron  $7,880 \text{ m}^3 \text{ Mg}^{-1}$  en promedio con un máximo de 16,633 y un mínimo de 5,988. El análisis de sustentabilidad ambiental evidenció “hotspots” permanentes por los últimos 14 años, y se identifica una diferencia marcada entre el riego aplicado y la necesidad de agua. Para uva de mesa variedad perlette se establecen  $11,210 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de riego, contra  $5,834.6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  evapotranspirados ( $HH_{prod,azul}$ ), lo que implica una diferencia de  $5375.4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  en exceso. Con respecto a la variedad superior, los resultados son similares:  $10,880 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de riego y requiere  $5,589.1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  ( $HH_{prod,azul}$ ), se aplican  $5,290.9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  en exceso. Es decir, en el periodo de análisis se aplicó aproximadamente el doble del volumen de agua necesario en ambos casos. En el caso del nogal pecanero se utilizaron  $14,590 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  en el riego y solo requería  $10,723.6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  ( $HH_{prod,azul}$ ), lo que implica un exceso de riego equivalente al 36% superior a lo necesario. Comparando los resultados del cálculo de HH con las estimaciones obtenidas por otros autores, los resultados son consistentes, mostrando que la utilización de la metodología de la WFN es útil para definir los volúmenes de riego, pero lo más importante de estos resultados es observar que el acuífero regional no puede sustentar la  $HH_{prod}$  total entre ambos cultivos y debe modificarse el control de riegos.

**Palabras clave:** Huella hídrica, acuífero Costa de Hermosillo, agricultura sustentable.