

## **Diseño del modelo de optimización de pozos de agua en el Valle del Yaqui**

Lizeth Gabriela Rea Rodríguez  
Licenciatura en Ingeniería en minas y Construcción  
Universidad La Salle Noroeste  
[Lizeth.rea.e@lasallenoroeste.edu.mx](mailto:Lizeth.rea.e@lasallenoroeste.edu.mx)

Mario Alonso Luzanilla Beltrán  
Licenciatura en Ingeniería en minas y Construcción  
Universidad La Salle Noroeste  
[mario.luzanilla.e@lasallenoroeste.edu.mx](mailto:mario.luzanilla.e@lasallenoroeste.edu.mx)

### RESUMEN

A medida que la población aumenta, con ella va creciendo la demanda de agua, es por esto que, dada la importancia que tienen los pozos de agua potable en nuestra vida cotidiana, podemos notar que la sobreexplotación de ellos genera consecuencias que pueden perjudicar la vida de cada uno de nosotros y de generaciones futuras. Tomando en cuenta esto, se decidió diseñar un modelo de optimización de pozos de agua a través de una simulación de variables en softwares para reducir la sobreexplotación y la contaminación de acuíferos en Sonora. Dentro de estos softwares se encuentra QGIS en el cual se cargó la ubicación de los pozos para proceder a georeferenciarlos y después importarlos a Model Muse en el cual se ingresan variables de dichos pozos y corre la simulación. Se obtuvieron resultados exitosos con una visión valiosa de la dinámica hídrica en la región durante un periodo de dos años. Sin embargo, es importante señalar que el modelo utilizado en este análisis es semi-distribuido y presenta limitaciones notables, ya que no se simularon todas las variables que podrían influir en el comportamiento de un acuífero. Se recomienda la incorporación de datos adicionales y la expansión del modelo para abordar estas limitaciones.

Modelación, Pozos de bombeo, Balances de agua, Evapotranspiración, Precipitación pluvial

### ABSTRACT

As humanity grows, so does the demand for water, which is why, given the importance of drinking water wells in our daily lives, we can see that the overexploitation of them generates consequences that can harm the lives of each of us and future generations. Taking this into account, we decided to design an optimization model of water wells through a simulation of variables in software to reduce overexploitation and contamination of aquifers in Sonora. Among these softwares is QGIS in which we loaded the location of the wells to proceed to georeference them and then import it to Model Muse in which variables of these wells are entered and the simulation runs. Successful results were obtained with valuable insight into the water dynamics in the region over a two-year period. However, it is important to note that the model used in this analysis is semi-distributed and has notable limitations, as not all variables that could influence the behavior of an aquifer were simulated. Incorporation of additional data and expansion of the model is recommended to address these limitations.

Modeling, Pumping wells, Water balances, Evapotranspiration, Pluvial precipitation

## INTRODUCCIÓN

El agua subterránea es fundamental en nuestras vidas y el agua dulce se encuentra mayormente dentro de acuíferos subterráneos. Sin embargo, con el paso del tiempo se han extraído miles de millones de metros cúbicos de estos acuíferos, lo que genera una sobreexplotación de ellos. Esto se da cuando la extracción de agua del subsuelo es mayor a su infiltración y/o recarga natural. Esta situación puede llegar a tener muchas consecuencias negativas ya que se habla de un consumo excesivo. Si la situación de sobreexplotación se mantiene o progresa, podría ser posible que los acuíferos llegaran a agotarse.

La sobreexplotación de acuíferos es uno de los problemas que debe resolverse para alcanzar un desarrollo sustentable, que se define como un proceso que permite satisfacer las necesidades de la generación actual, pero sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para así poder satisfacer de manera similar sus propias necesidades (Pulido Antonio, 2001). Hablando de agotamiento de acuíferos, esto podría no verse reflejado en la actualidad o tal vez no en 10 años, pero sí en unos años más adelante. Esto podría causar graves consecuencias hasta llegar a un estrés hídrico que podría poner en peligro la flora y fauna del mundo. Esta problemática ocasiona que los pozos de agua potable tengan un rendimiento más bajo del que debería ser originalmente. Las aguas subterráneas presentan una serie compleja debido a la mezcla de contaminantes que se descargan en este sitio, específicamente fertilizantes y/o aguas negras.

México, al igual que muchos otros países del mundo, enfrenta problemas graves en cuanto a la disponibilidad de agua y contaminación de corrientes y acuíferos, que se agravan por los patrones de consumo actuales en los diversos usos, los cuales generan grandes pérdidas. Un parámetro de referencia en el contexto internacional en relación con el agua es la disponibilidad per cápita. De acuerdo con datos publicados (Escobar Villagran, 2012), nuestro país ocupa el lugar 89 entre las naciones del mundo por su disponibilidad per cápita.

El agua subterránea en Sonora se ha convertido en una de las principales fuentes de abastecimiento, sin embargo, debido a diferentes factores y en diferentes épocas del año, se han presentado afectaciones a los mantos acuíferos, causadas por el movimiento de contaminantes, sobreexplotación, etc. (Comisión Nacional del Agua 2019)(Gerencia de mantenimiento de aguas subterráneas, Conagua 2019). Afectando así en un futuro al consumo humano. Estos problemas simplemente no se presentan por actividad humana sino naturalmente, dado como ejemplo, el agua de lluvia se infiltra al suelo, fluye en la superficie o se evapora de acuerdo con los patrones naturales, otro caso es la contaminación microbiana como de sustancias químicas puesto que estos contaminantes se dispersan a través del acuífero por el movimiento natural del fluido.

En el valle de Guaymas, se ha dado el caso de la contaminación salina, estos datos dados por la Comisión Nacional del Agua (2022), además de estudios de geología por parte del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2019). Prácticamente los suelos han sido afectados por la salinidad y es importante tener en cuenta que debido a esto no es recomendable perforar pozos a una mayor profundidad de 300 metros ya que existe una posibilidad bastante alta de encontrar mantos salados. Otro dato importante para mencionar es que la sobreexplotación del acuífero ha ido acelerada y estos pozos están quedando inutilizables.

La contaminación de acuíferos en Sonora ha sido producida por la sobreexplotación de estos, aproximadamente un 16% de los pozos que existen en este estado se encuentran actualmente sobreexplotados, dadas las estadísticas presentadas por INEGI (2019). Sus rendimientos van bajando conforme su explotación se va volviendo más intensa, y de igual forma van perdiendo su calidad.

Con el paso del tiempo, se ha notado que esto se ha vuelto un asunto de preocupación más común, al cual se le debería de dar una mayor importancia y, por consiguiente, atacar este inconveniente. Es por esto que surge la necesidad de conocer: ¿Cuál sería el modelo de agua subterráneas para la optimización de los pozos de agua y así reducir la sobreexplotación y contaminación en acuíferos de Sonora?

El objetivo de la investigación es diseñar un modelo de optimización de pozos de agua a través de la simulación de variables en software Model Muse para reducir la sobreexplotación de acuíferos en Sonora.

Usualmente los acuíferos al ser sobreexplotados comienzan a presentar contaminación dentro de ellos, y como ya se mencionó antes, esto genera un bajo rendimiento. Dentro de Sonora se han encontrado diferentes casos, en las costas es un problema muy común la infiltración de agua salina dentro de los pozos. La contaminación de agua dulce que genera esto, es un inconveniente muy grande que ha estado sucediendo durante los últimos 37 años, aproximadamente. En el Valle del Yaqui, se encuentra la problemática expuesta debido a la agricultura, los diferentes químicos y procesos que son utilizados ahí, han creado contaminación. Es por esto que se busca obtener diferentes resultados que ayude a crear un buen criterio para poder mejorar la situación, de manera que se pueda notar una diferencia en el rendimiento y calidad del agua en pozos.

En México, el descuido del agua se ha vuelto muy común, sin considerar su necesidad para todo. Es por esto que, un método para optimizarlo aportará aspectos positivos dentro de industrias, vida cotidiana y/o asuntos ambientales, se busca poder satisfacer necesidades básicas por medio de estos procesos. Esta investigación sería de gran importancia debido a que se tomaría en cuenta el análisis de distintas variables para poder crear una simulación de cómo los pozos están funcionando y de qué manera esto podría optimizarse, lo cual beneficiaría a diferentes sectores de trabajo y cotidianos, creando así una mejora.

Esta investigación sería de gran importancia debido a que se tomarían en cuenta distintas variables para poder crear un análisis completo de cómo los pozos están funcionando y de qué manera esto podría optimizarse, lo cual beneficiaría a diferentes sectores de trabajo y cotidianos, creando así una mejora.

Este estudio se delimitó únicamente a pozos de Sonora sobreexplotados y su proceso. Para poder ejecutar estos trabajos es necesario contar con una computadora que contenga los softwares QGIS y ModelMuse. Sin embargo, dentro de esto se encuentran limitaciones como la falla del software por causa de saturación de información, y el no tener acceso a las coordenadas exactas de los pozos podría generar conflicto a la hora de querer investigar acerca de esto.

## **CONTENIDO**

Esta investigación está enfocada en un modelamiento por medio de una simulación, la cual consta de analizar el comportamiento de diferentes pozos de agua, teniendo como factor las diferentes variables que puedan influir en el funcionamiento de estos mismos.

El objeto a estudiar en esta investigación serán una muestra limitada de pozos ubicados en el Valle del Yaqui. Y junto con ellos, las variables que se tomarán en cuenta tales como la infiltración del agua, el tipo de suelos que se encuentren dentro de la región, la recarga que contiene, la evapotranspiración, tiempo, nivel piezométrico. A continuación, se describen estas variables.

- Recarga: Es el proceso en el cual el agua se infiltra hacia los acuíferos debido a un proceso natural.
- Evapotranspiración: Es la pérdida de humedad debido a diferentes condiciones climatológicas y/o del terreno.
- Tiempo: Se refiere al tiempo de simulación del modelo.
- Nivel piezométrico: Es la profundidad del límite entre la capa freática (superficie) y la zona vadosa en un acuífero.
- Todo un conjunto con el que al final se encuentre la causa de su contaminación y lo que está generando la sobreexplotación en ellos.

La técnica que se utilizará para este trabajo será una simulación mediante un software especializado en este tipo de proyectos hidrológicos. Mediante este proceso podremos observar el comportamiento de un pozo de forma digital y menos compleja.

Se utilizará el software Model Muse, el cual tiene como función el modelamiento de agua subterránea desarrollado por la United States Geological Service (USGS, 2022), es capaz de representar condiciones con el flujo del agua subterránea, al igual se pueden simular diferentes variables como lo son: evapotranspiración, recarga, drenaje, interacción del río, etc.

Para realizar este modelo se utilizará como primer recurso el mapa "Continuo de Elevaciones Mexicano", utilizando las coordenadas exactas, para así extraer el terreno a investigar e importarlo a Model Muse.

Además, como material/instrumento se usará el catálogo de pozos llamado “Catalogo de pozos” expedido por “Distrito de Riego del Rio Yaqui”, Que describe con precisión diferentes datos precisos de pozos que están a cargo de esta organización.

También se utilizará el software Quantum Gis (QGIS), el cual es un programa de Sistemas de Información Geográfica (SIG) el cual consta de un conjunto de herramientas con los cuales se pueden crear datos, mapas, modelos, aplicaciones y consultar datos geospaciales, los datos geospaciales se refieren a la información geográfica de una entidad.

A continuación, se presenta el procedimiento para llevar a cabo el proyecto y realizar el modelo. Para iniciar nuestro procedimiento, comenzamos introduciendo las coordenadas del área que estudiaremos dentro del Continuo de Elevaciones Mexicanas, para seleccionar el área específica y descargar el Modelo Digital de Elevación (DEM por sus siglas en inglés) que dicha página arrojará.

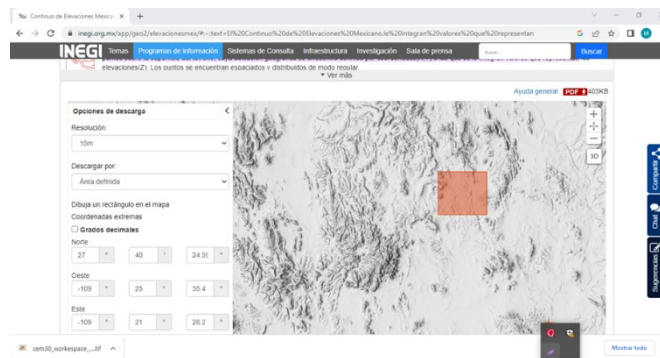


Figura 1. Coordenadas dentro del Continuo de Elevaciones Mexicanas. Fuente: Elaboración propia.

Se continúa con el procedimiento en “Qgis”, se importa la imagen generada anteriormente, para después georreferenciar la imagen CEM, en la cual se selecciona la zona en la que se estará trabajando, en este caso “UTM Zone 12N”.

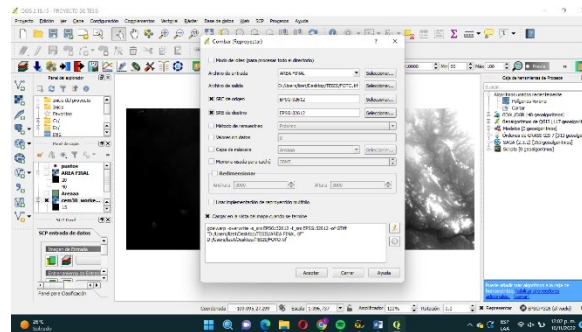
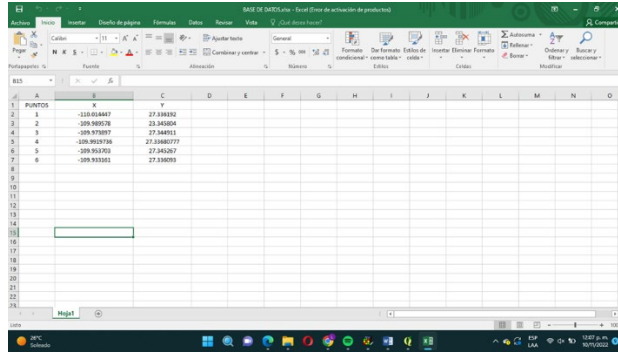


Figura 2. Selección de zona UTM. Fuente: Elaboración propia.

Se crea una base de datos en el software “Microsoft Excel”, en el cual se ingresan las coordenadas exactas de los pozos, estos datos extraídos del catálogo de pozos.



PUNTOS	X	Y
1	-109 014447	27 339352
2	-109 950781	27 345004
3	-109 973957	27 344811
4	-109 953178	27 345077
5	-109 953700	27 345267
6	-109 933351	27 338099

Figura 3. Base de datos de zona UTM. Fuente: Elaboración propia.

Se importa la base de datos en el software Qgis, y los pozos se representan por puntos de la siguiente forma.

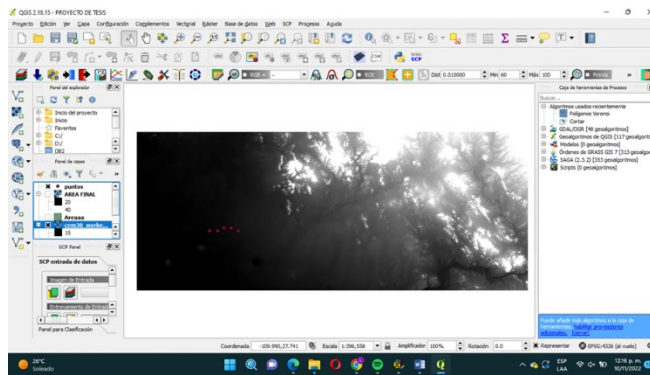


Figura 4. Importación de pozos. Fuente: Elaboración propia.

Se genera un polígono para trabajar específicamente en el área en el que se encuentran ubicados los pozos.

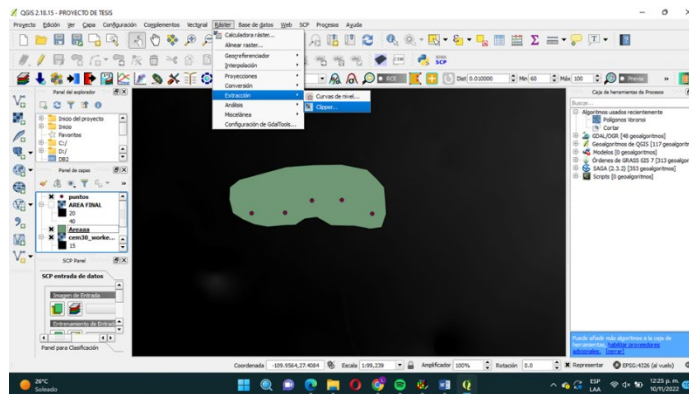


Figura 5. Recorte de área. Fuente: Elaboración propia

En esta sección se desarrollará la simulación en Model Muse.

Se importa la imagen extraída de Qgis, se genera el *grid* (cuadrícula o espacio en la cual se realiza el trabajo dentro del software). Así es como se debe de ver terminado. Así aparece la misma figura que fue creada en QGIS.

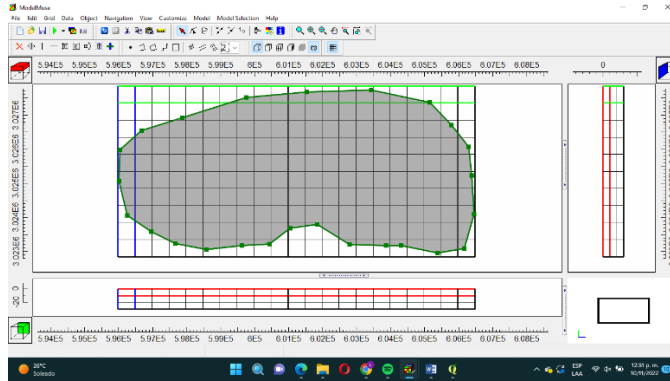


Figura 6. Importación de datos a Model Muse. Fuente: Elaboración propia.

Una vez creado el *grid* con el área específica, se agregan los puntos que representarán los pozos, importando el archivo *shape* (formato para almacenar formas geométricas, resultado de software “qgis”) de QGIS dentro de Model Muse.

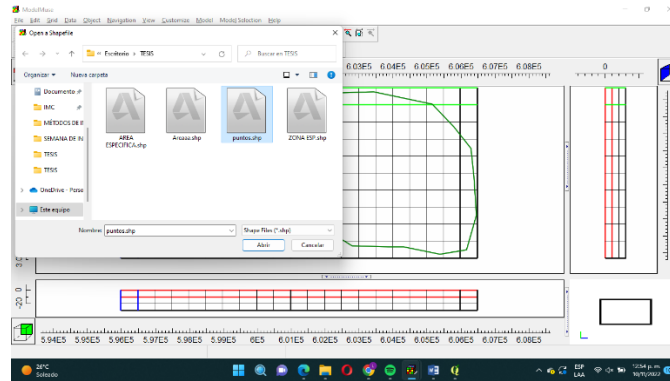


Figura 7. Importar puntos. Fuente: Elaboración propia.

Aparecerá el siguiente cuadro donde se acomodarán los datos de la siguiente manera.

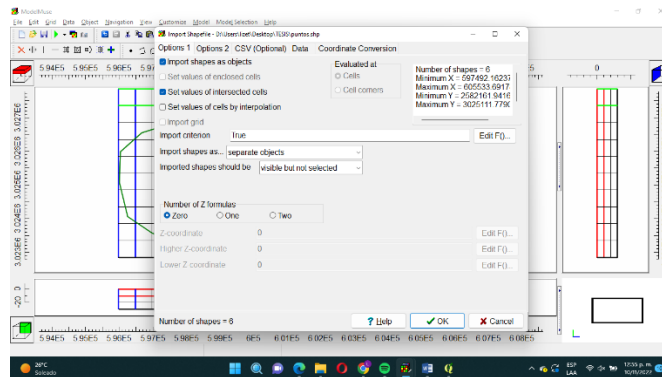


Figura 8. Cuadro de datos para puntos. Fuente: Elaboración propia.

Dentro del mismo cuadro, seleccionar la pestaña de “Data”, y se añaden los acuíferos en el modelo, para así trabajar en este mismo.

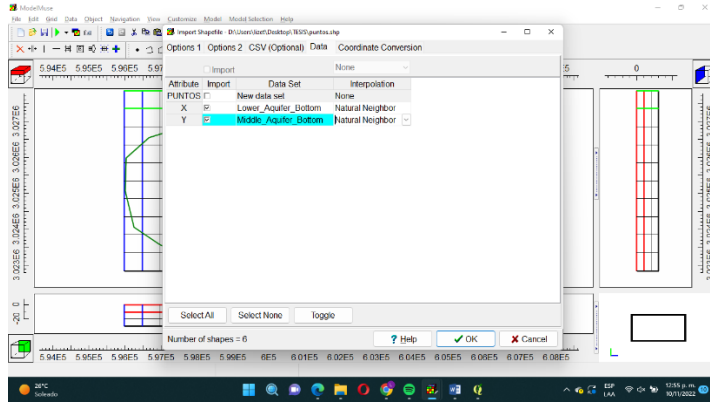


Figura 9. Data puntos. Fuente: Elaboración propia.

Una vez importado el *shape*, el modelo se verá de la siguiente forma.

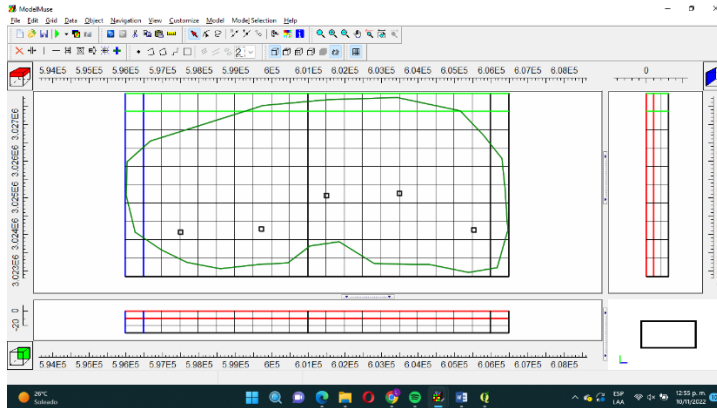


Figura 10. Puntos importados. Fuente: Elaboración propia.

Definir tiempo

Se le asignará un intervalo de tiempo al programa, para especificar el momento en que el pozo funcionó.

Ir a la pestaña de “Model” > “MODFLOW Time”

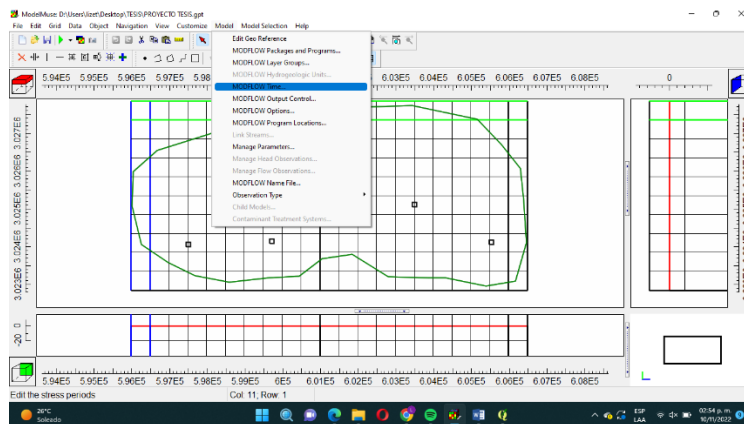


Figura 11. Asignación de tiempo. Fuente: Elaboración propia.

Se asignará el tiempo de un año. En la tabla que aparecerá, se pondrán los siguientes datos

Tiempo de simulación, los datos son extraídos del “Catálogo de pozos del Distrito de Riego del Rio Yaqui”.

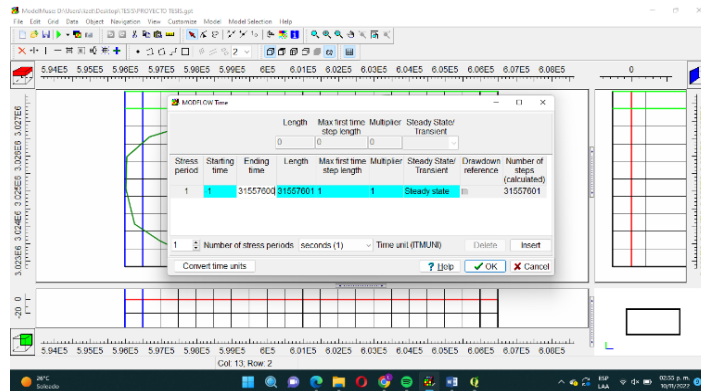


Figura 12. Asignación de tiempo en segundos. Fuente: Elaboración propia.

Definir variables para simulación

Seleccionar la pestaña de “Model” > “MODFLOW Packages and programs”.

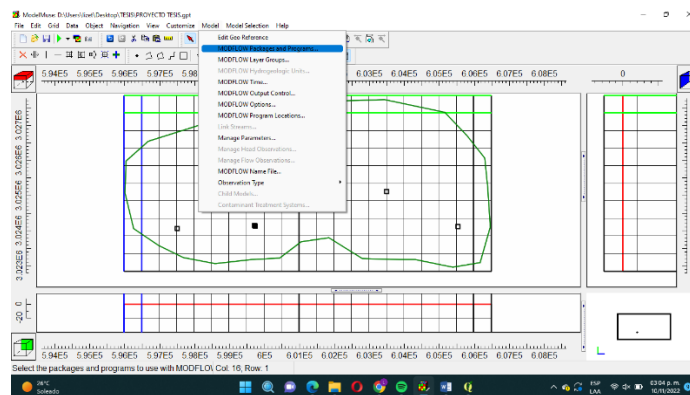


Figura 13. Inicio de variables a seleccionar. Fuente: Elaboración propia.

Aparecerá una lista con diferentes variables, las que serán seleccionadas dentro de este proyecto son las que se muestran en la siguiente figura.

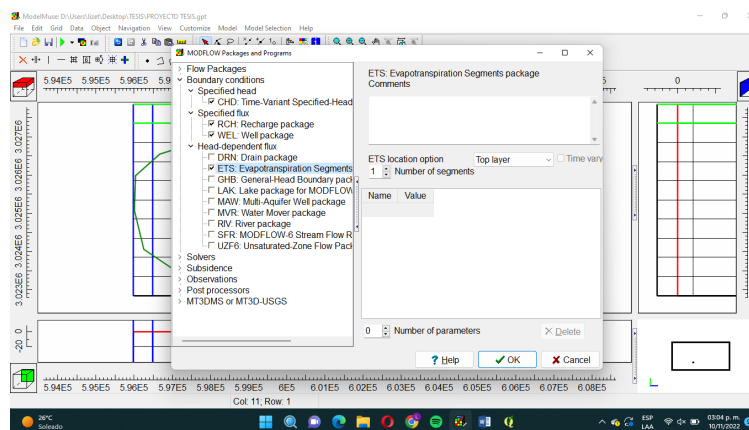


Figura 14. Variables seleccionadas. Fuente: Elaboración propia.

Para que estas queden seleccionadas, la palomita debe aparecer dentro del cuadro pequeño blanco que se encuentra enseguida de esta.

Seguido de esto, se inicia con los valores de las variables que se utilizarán. Cabe recalcar, que todos los valores que se han utilizado dentro de este proyecto de investigación han sido proporcionados por el Distrito de Riego del Valle del Yaqui.

#### Definir permeabilidad

Los valores de permeabilidad serán representados por  $K_x$ : 0.0002,  $K_y$ : 0.0002 y  $K_z$ :  $2E-5$ , y se tomarán los siguientes valores dentro de cada uno.

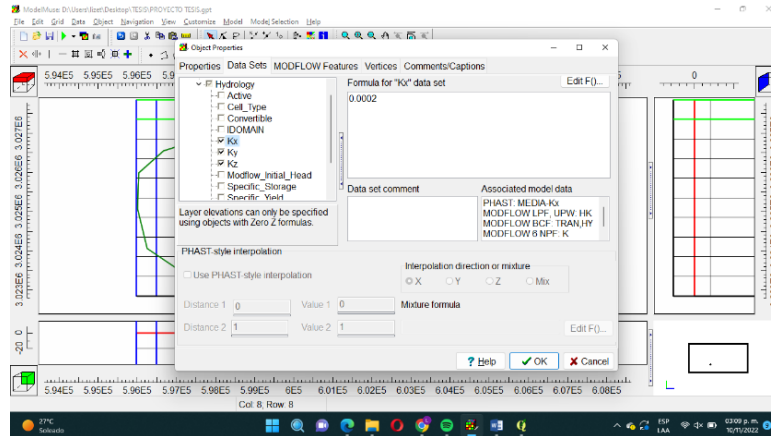


Figura 15. Valor para  $K_x$ . Fuente: Elaboración propia.

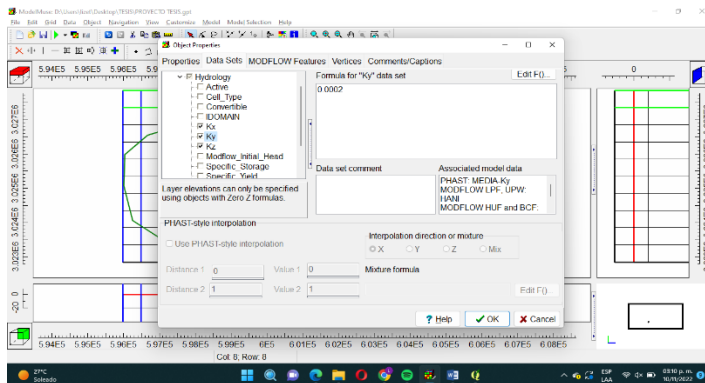


Figura 16. Valor para Ky. Fuente: Elaboración propia.

Para obtener el valor de Kz, se divide el valor de Kx entre 10.

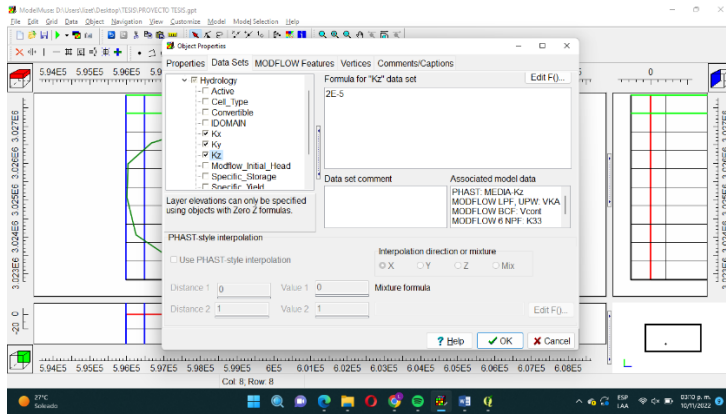


Figura 17. Valor para Kz. Fuente: Elaboración propia.

Introducir valores a las variables

Las variables anteriormente seleccionadas deben tener un valor para que la simulación sea creada correctamente. Estos valores son los que definen la manera en que este pozo trabaja. Los valores que se tomaron son los proporcionados por el Distrito de Riego del Valle del Yaqui.

A continuación, se mostrará en las siguientes imágenes los valores añadidos dentro de cada una de las variables.

Se da doble clic a cada punto, que representan los pozos, y se abrirá un cuadro donde podremos añadir cada valor.

Primero se abrirá la pestaña “Properties” donde se agregará lo siguiente:

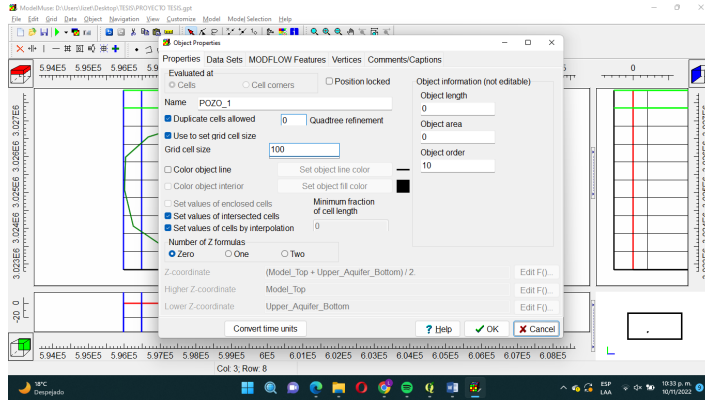


Figura 18. Valores en properties. Fuente: Elaboración propia.

Dentro del mismo cuadro, en la pestaña “MODFLOW Features”, se agregarán los siguientes datos asignados para cada variable.

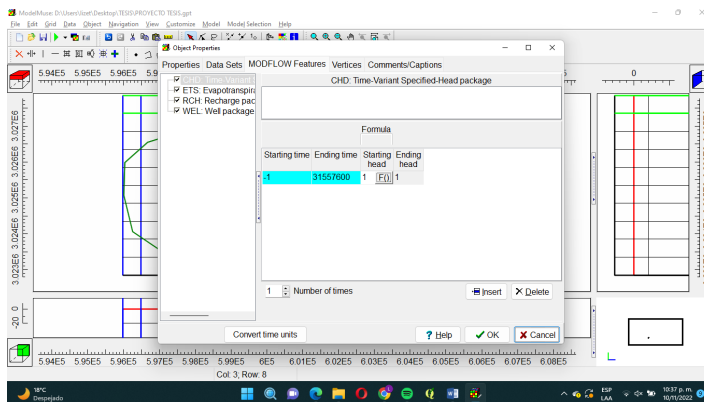


Figura 19. Valores en variable CHD. Fuente: Elaboración propia.

Se definió el valor del tiempo de la evapotranspiración, el cual debe ser constante, sin embargo, factores como el clima y la temperatura pueden hacer que este valor varíe.

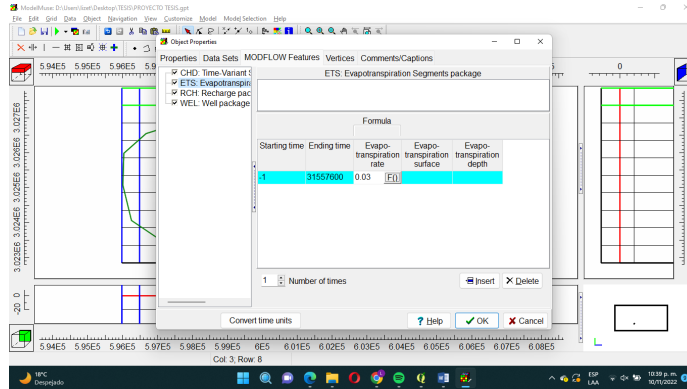


Figura 20. Valores en variable ETS. Fuente: Elaboración propia.

Se agrega el tiempo en la recarga, el cual también depende del periodo de tiempo en que la prueba se realiza.

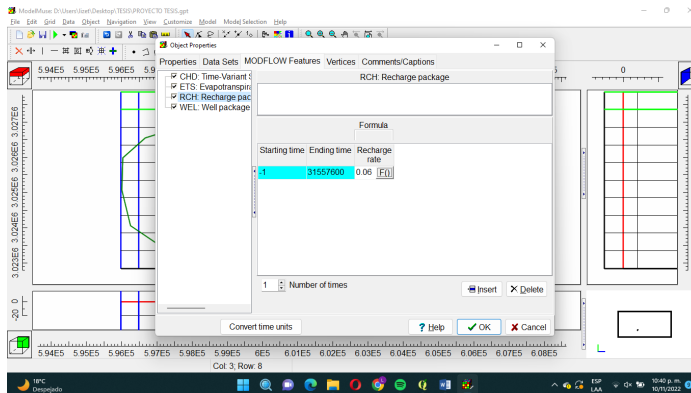


Figura 21. Valores en variable RCH. Fuente: Elaboración propia.

Se agrega el tiempo de simulación del pozo con valores proporcionados por el Distrito de Riego del Valle del Yaqui.

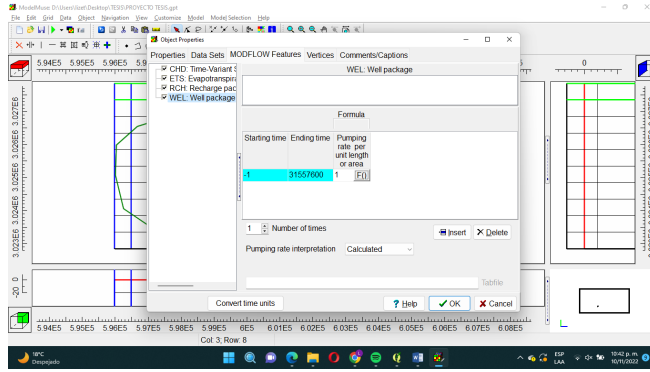


Figura 23. Valores en variable WEL. Fuente: Elaboración propia.

Se selecciona “Run ModFlow” para ejecutar y correr la simulación.

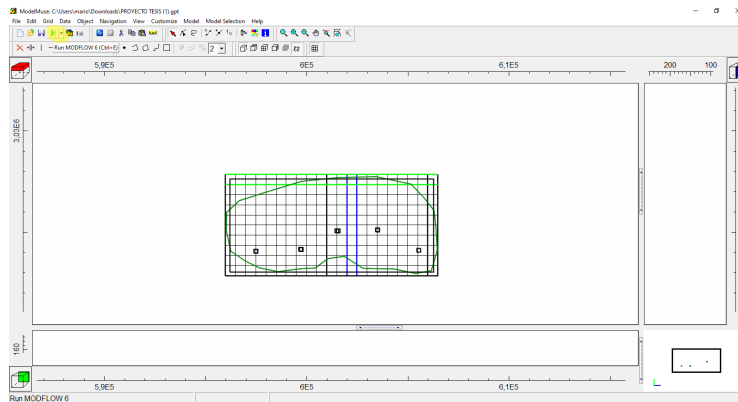


Figura 24. Simulación del modelo. Fuente: Elaboración propia.

Se obtienen los primeros resultados y se guarda el documento, para así comenzar a modificar las variables antes de realizar la simulación para obtener los resultados esperados que sería poder notar una diferencia en cuanto a la cantidad de agua extraída del pozo, debe haber una cantidad menor de pérdidas y la carga hidráulica después del período de prueba debe aumentar. Después se realiza la segunda simulación y así se obtienen resultados y se realiza una comparación.

## SIMULACION DE POZOS



Figura 25. Comparación de resultados. Fuente: Elaboración propia

Como resultados adicionales se puede agregar la disponibilidad de agua que existe en la zona estudiada.

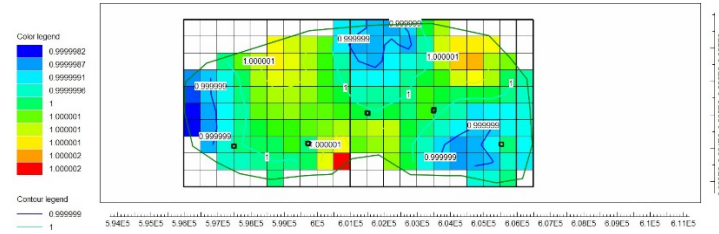


Figura 26. Disponibilidad hídrica en la zona. Fuente: Elaboración propia

La simulación del acuífero abarcó un período de 2 años, proporcionando una visión integral de la dinámica hídrica en la región estudiada. Uno de los hallazgos más notables fue la variabilidad en la disponibilidad de agua, evidenciada por las diferencias significativas entre las zonas cercanas al sitio de recarga y aquellas próximas al sistema de pozos; evidenciada por los trabajadores del Distrito de Riego del Valle del Yaqui.

En las áreas adyacentes al sitio de recarga, se observó una disponibilidad de agua notablemente alta. Este fenómeno puede atribuirse a la proximidad a la fuente primaria de recarga, lo que sugiere una mayor retención de agua en estas zonas. Este descubrimiento resalta la importancia de comprender la relación entre la recarga natural y la disponibilidad de agua en la gestión sostenible de los recursos hídricos subterráneos.

Variables como la evapotranspiración y la carga constante hidráulica demostraron tener un impacto significativo en la distribución de la disponibilidad de agua. La evapotranspiración, al influir en la pérdida de agua a través de procesos naturales, puede desempeñar un papel crucial en la dinámica del acuífero, especialmente en áreas con altas tasas de vegetación. La carga constante hidráulica es la capacidad de éste para transportar el agua hacia sus perfiles inferiores, esta propiedad física es un indicador de la estabilidad de la estructura y el grado de compactación del suelo (Castellanos, 2000), por otro lado, puede afectar la presión del agua en el acuífero, lo que a su vez influye en la dirección y velocidad del flujo subterráneo.

En resumen, los resultados de la simulación resaltan la complejidad de los sistemas acuíferos y la necesidad de una gestión integral que considere no solo la extracción humana, sino también las variables naturales que influyen en la disponibilidad y distribución del agua subterránea. Este análisis proporciona una base valiosa para la toma de decisiones informada y la implementación de medidas sostenibles para preservar y gestionar eficazmente los recursos hídricos subterráneos en la región estudiada.

Como conclusión general de resultados, la variable más importante a considerar es la del bombeo del pozo, en si es la que afecta a la sobreexplotación de este. Es por esto, por lo que se decidió bajar considerablemente los m<sup>3</sup> de bombeo de agua, para que este pueda trabajar de manera eficaz, además de no sobreexplotar el manto acuífero. Otra variable notable en la segunda simulación son las pérdidas de agua (evapotranspiración), en el cual se obtuvo una menor cantidad de pérdidas debido a este fenómeno. Se decidió cambiarlo ya que existen estaciones del año con distintos climas, y así es como este varía dependiendo de la temperatura.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En conclusión, los resultados obtenidos a través de la simulación del acuífero proporcionan una visión valiosa de la dinámica hídrica en la región de estudio durante el periodo de 2 años. La disponibilidad de agua, que se evidenció como alta en las zonas cercanas al sitio de recarga y disminuyó de manera significativa en las proximidades del sistema de pozos, destaca la complejidad de la interacción entre la recarga, extracción humana y otros factores ambientales.

Es importante señalar que el modelo utilizado en este análisis es semi-distribuido y presenta limitaciones notables. Este tipo de modelo, a diferencia de uno distribuido, no ha simulado todas las variables que podrían influir en el comportamiento del acuífero, como los cuerpos de agua superficial, la profundidad completa del acuífero y estudios

de permeabilidad detallados del estrato subterráneo. En lugar de eso, se empleó la permeabilidad global conocida del sitio de estudio, los registros de recargas del período analizado, así como la evapotranspiración registrada por estaciones meteorológicas y valores de carga constante del lugar, lo cual es lo que el software requiere. Estas limitaciones sugieren que la representación del sistema es una simplificación y que existen aspectos no considerados que podrían influir en los resultados que se muestran en la comparativa simulada vs registrada.

Se recomienda encarecidamente la incorporación de datos adicionales y la expansión del modelo para abordar estas limitaciones. La inclusión de información más detallada, como la profundidad completa del acuífero y estudios de permeabilidad más precisos, permitiría una representación más realista de la complejidad del sistema hídrico subterráneo. Además, la simulación podría beneficiarse al incorporar variables como los cuerpos de agua superficial para una comprensión más completa de la interacción entre los sistemas acuíferos y superficiales.

A pesar de estas limitaciones, el modelo semi-distribuido demostró ser una herramienta valiosa. Proporcionó información esencial para comprender cómo la disponibilidad de agua puede variar en diferentes partes del acuífero en respuesta a factores como la extracción humana y la evapotranspiración. Esto es especialmente crucial en regiones áridas como la nuestra, donde la gestión eficaz de los recursos hídricos es vital. La capacidad del modelo para simular diversas situaciones, como sequías, ofrece una herramienta valiosa para la planificación y toma de decisiones en el manejo sostenible del acuífero y la garantía de la disponibilidad de agua en condiciones adversas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Castellanos, J.Z. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas 2ª Edición. 186 p.

Comisión Nacional del Agua. «Files CONAGUA.» Estadísticas del Agua en México. 2019.

[https://files.conagua.gob.mx/conagua/publicaciones/Publicaciones/EAM\\_2019.pdf](https://files.conagua.gob.mx/conagua/publicaciones/Publicaciones/EAM_2019.pdf) (último acceso: Noviembre de 2023).

Comisión Nacional del Agua. (2022). Sonora. gob.mx. Recuperado el 8 de septiembre de 2022, de

<https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/sonora-74834>

Escobar-Villagrán, B. S., & Palacios-Vélez, Ó. L. (2012). Análisis de la sobreexplotación del acuífero Texcoco, México. *Tecnología y ciencias del agua*, 3(2), 67-84.

Instituto Nacional de Estadística geografía e Informática, Estudio Hidrológico del Estado de Sonora, Mexico 2019.

Pulido, Antonio, Sobreexplotación de acuíferos y desarrollo sostenible (2001), Problemática de la gestión del agua en regiones semiáridas, ISBN.

Subdirección general técnica gerencia de aguas subterráneas, actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero costa de Hermosillo, estado de sonora, Conagua, Ciudad de México 2024.

USGS, (2022). ModelMuse: A graphical user interface for groundwater models. Recuperado 12 de octubre de 2022 de <https://www.usgs.gov/software/modelmuse-graphical-user-interface-groundwater-models>