

## I. INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de agua en el mundo está en descenso. Se predice que para el año 2025, la mayor parte de la población de la Tierra vivirá bajo condiciones de disponibilidad de agua bajas o catastróficamente bajas (Shiklomanov, 2000). Entre las causas de este problema se encuentran la desigual distribución de agua y los sitios de consumo, y el rápido aumento de la población. La baja disponibilidad de agua ha ocasionado graves problemas en algunos países. Asimismo, la escasez de agua ha creado conflictos entre países, ya que el tema de recursos hidráulicos es difícil de abordar en las zonas fronterizas, como un todo integrado, porque la región está dividida por áreas independientes tanto hidrológica como políticamente. Tal es el caso de la región fronteriza entre México y Estados Unidos, por lo que el agua es una de las preocupaciones más apremiantes en la zona. En México, la disponibilidad de agua promedio por habitante se estima que es 4,841 m<sup>3</sup>/año (CNA, 2002).

En las ciudades fronterizas de Nogales, Sonora, México y Nogales, Arizona, Estados Unidos, hay una gran demanda de agua y se pronostica un aumento debido a la velocidad de crecimiento de la población y de las actividades económicas. De acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda (2000), la ciudad de Nogales, Sonora, contaba ya con una población total de 159,787 y la tasa de crecimiento media anual (1990-2000) fue de 4.0% ([http://son.inegi.gob.mx/sociodem/espanol/municipal/mun\\_01.html](http://son.inegi.gob.mx/sociodem/espanol/municipal/mun_01.html)). Para estas ciudades la principal fuente de abastecimiento de agua potable es la cuenca del Río Santa Cruz. A pesar de que en el pasado este río fluía durante todo el año, actualmente sólo transporta agua durante y posterior a las precipitaciones pluviales (nieve y lluvia principalmente). Esto puede deberse al incremento en el número de pozos, a cambios climáticos, como sequías severas, y a la extracción de agua la cual es utilizada para fines agrícolas, urbanos e industriales. El decremento en los niveles de agua, a causa de la posible sobreexplotación del manto acuífero del Río Santa Cruz, favorece el deterioro de las condiciones ambientales del ecosistema.

Por lo tanto, se plantea la necesidad de realizar un estudio para conocer la situación actual del acuífero y determinar su comportamiento hidrodinámico futuro. Este estudio propone el uso de modelos matemáticos, ya que son una buena herramienta que permite conocer la respuesta de un acuífero ante distintas condiciones de explotación.

MODFLOW es un programa que resuelve numéricamente con diferencias numéricas, la ecuación que gobierna el flujo tridimensional en medio saturado, poroso y continuo; desarrollado en 1983, por el United States Geological Survey. El programa fue originalmente escrito utilizando FORTRAN 66 y después fue modificado para utilizar FORTRAN 77 (McDonald y Harbaugh, 1988). Subsecuentemente, este modelo fue retomado por compañías comerciales, acoplando herramientas gráficas de análisis al sistema de diseño de modelos. Tal es el caso de Visual MODFLOW, poderosa herramienta de modelación en ambiente gráfico que combina MODFLOW con otros paquetes de simulación para simular flujo de agua subterránea, línea de trayectoria y transporte de contaminante. Además, Visual MODFLOW utiliza el software WinPEST para calibrar automáticamente el modelo, calculando un nuevo y mejor juego de parámetros. Asimismo, las versiones más recientes de Visual MODFLOW utilizan el paquete Visual MODFLOW 3D-Explorer para desplegar e interpretar los resultados del modelo en un espacio tridimensional. Visual MODFLOW proporciona un gráfico de valores calculados contra valores observados de carga hidráulica o concentraciones para los modelos de flujo y transporte de contaminante, respectivamente. Con la gráfica también se muestra la estadística de la calibración y es actualizada de acuerdo con los datos desplegados en el gráfico. Debido a sus características recomendables para la simulación de flujo en acuíferos, se eligió el uso de este paquete para predecir el comportamiento hidrogeológico de una porción del acuífero de la cuenca del Río Santa Cruz. La Universidad de Sonora adquirió la licencia para el manejo de este paquete, con el apoyo económico de Departamento del Recurso Agua en Arizona (ADWR), por conducto de la Comisión Sonora- Arizona. El desarrollo de este modelo servirá como base para la ejecución de un modelo en estado transiente que sirva como herramienta útil para los administradores y usuarios del agua en México, para establecer políticas de uso, manejo, aprovechamiento y conservación del recurso.