

Ficha 4. Variables de entrada e incorporadas en el modelo

El modelo WEAP funciona con dos tipos de variables: las variables de entrada y las incorporadas en el software. Las primeras tienen que ser generadas por los modeladores a través de series de datos tomados por medio de estaciones de medición en la cuenca para el caso de variables climáticas, y censos socio-económicos para el caso de variables sociales. Las variables incorporadas en el modelo son aquellas que el modelo calcula con base en el estado del conocimiento socio-hidrológico, como la evapotranspiración, la cual es calculada a través de la temperatura, el volumen de escorrentía, el uso de suelo y el follaje.

Variables de entrada

Las siguientes variables son las que hacen correr al modelo en la plataforma WEAP. El presente documento describe la fuente de datos que usó UNOPS y la forma en que los datos fueron usados para correr el modelo.¹

Parámetros del suelo Calcula escorrentía e infiltración dependiendo del tipo de suelo de la cuenca del río Verde. Se usaron datos de satélite. Estos datos se mantendrán constantes sobre el cálculo de los diferentes escenarios.

Demanda de agua de la industria. Esta variable es calculada mediante los censos económicos del INEGI con dos datos específicos: el número de empleados y el valor añadido neto por tipo de industria. Conjugando ambos valores se calcula la demanda de agua, no se usó la información de Conagua, ya que muchas industrias son abastecidas por los organismos operadores del agua o los municipios. La serie de tiempo es del 2008 hasta el 2069. El modelo usa dos versiones: 1) crecimiento nulo después de 2016 y, 2) un gran aumento en el crecimiento a partir del 2017, basado en la proyección de crecimiento para el año 2030. La demanda futura considera una correlación entre el PIB y el crecimiento de la industria, por lo tanto, establece un factor de tasa basado en el crecimiento esperado del PIB por municipio.

Demanda de agua agrícola de riego y temporal. La variable es calculada utilizando CROPWAT para establecer el requisito de cultivo basado en Evapotranspiración por cultivo, la percolación, eficiencia de riego (**Factor Kc**) y porcentaje de área cultivada. Para la **agricultura de riego**, la serie de tiempo es del 2008 hasta el 2069. El modelo usa dos versiones: 1) crecimiento de 1% anual hasta el 2016, y 2) un aumento a partir del 2017 basado en la proyección para el año 2030, después del cual ya no crece. Para la **agricultura de temporal** se asume un crecimiento de 1% anual hasta el 2016, a partir del cual se asume un crecimiento nulo. La demanda futura de agua se calculó con base en las estadísticas nacionales, la estimación del potencial productivo de INIFAP y la evolución del PIB agrícola. Supuestos: la misma área irrigada, sin cambio en el patrón de cultivo, aumento de la eficiencia de riego alrededor de 4 a 7%.

¹ Para una consulta puntual de los datos es necesario abrir los archivos en Excel y el modelo mismo en WEAP.



Demanda de agua del Sector Pecuario. La variable es calculada basándose en datos de Sagarpa sobre el consumo diario de agua de las principales especies: bovino, porcino, ovino y aves. La serie de tiempo es del 2008 hasta el 2069. El modelo usa dos versiones: 1) información histórica del 2008 hasta el 2016, y después crecimiento nulo a partir del 2017, y 2) un aumento a partir del 2017 basado en la proyección para el año 2030, después del cual ya no crece. La demanda futura se computó sobre la base de una tasa de crecimiento estimada en la evolución de la producción de carne por municipio del estado.

Población (uso de agua en zonas urbanas) La demanda de agua futura se calculó con base en la tasa de crecimiento poblacional estimada por CONAPO. El número de personas es multiplicado por la variable de litros por persona al día, el cual varía entre las locaciones urbanas de la cuenca del río Verde. El modelo usa dos series de datos distintas: 1) una sin aumento poblacional a partir del 2016, y 2) usando la proyección de población para el 2030, se usa ese mismo dato para la serie 2017-2069.

Precipitación. La fuente de estos datos son las estaciones climatológicas de Conagua. Debido a datos dudosos en la serie de datos, se calibró la serie mediante el uso de la base de datos de CHIRP (Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data). CHIRP usa información satelital de percepción remota, cuya disponibilidad es global y desde 1981. El modelo usa dos patrones de precipitación: 1) registros históricos de 1962-2015, y 2) una serie de datos para el periodo 2016-2069 basada en la serie de 1962-2015, pero que es modificada por las estimaciones de cambio climático rcp 8.5 2090. Esta serie disminuye en diferentes porcentajes el volumen de precipitación mensual de forma sistemática.

Temperatura. La fuente de estos datos son las estaciones climatológicas de Conagua, y se usaron los valores promedios mensuales. En el modelo de UNOPS se usan dos versiones, 1) de los registros históricos de 1962-2015, los cuales se reproducen para la serie del 2016-2069, y 2) una serie de datos para el periodo 2016-2069 basada en la serie de 1962-2015, pero que es modificada por las estimaciones de cambio climático rcp 8.5 2090. Esta serie aumenta en diferentes porcentajes el volumen de precipitación mensual de forma sistemática.

El **caudal ecológico** se basó en un análisis hidrométrico de la estación La Cuña (cerca de la presa de Zapotillo). La serie de tiempo comienza en 2018 hasta 2069. Es una serie de datos que representan los meses del año que se repiten a lo largo de todo el tiempo.

Flujo requerido a Guadalajara. Este flujo se da a través de dos fuentes: una proveniente de El Zapotillo con un volumen de $3 \text{ m}^3/\text{s}$, y otra de la presa El Salto con un volumen de $0.8 \text{ m}^3/\text{s}$. Este flujo es invariable durante todos los meses y años; aunque existen dos versiones, una en la que los acuerdos de distribución de agua se mantienen según lo acordado, y la segunda con una reducción de 13% (escenario 5).



Flujo requerido a León. Este flujo proviene del Zapotillo con un volumen de $3.8 \text{ m}^3/\text{s}$. Existen dos versiones, una en la que los acuerdos de distribución de agua se mantienen según lo acordado, y la segunda con una reducción de 13% (escenario 5).

Flujo requerido a uso urbano para Los Altos. Este flujo proviene del Zapotillo con un volumen de $56.7 \text{ hm}^3/\text{s}$. Existen dos versiones, una en la que los acuerdos de distribución de agua se mantienen según lo acordado, y la segunda con una reducción de 13% (escenario 5).

Aguas subterráneas: Debido a la falta de datos confiables a escala mensual respecto a las dinámicas del agua subterránea, se utilizaron los datos de GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment). Esta base de datos usa información de percepción remota que es capaz de capturar variaciones en la gravedad de la tierra para evaluar el balance hídrico de los acuíferos. Debido a baja la resolución de los datos (100 km por pixel), se tuvieron que agrupar a todos los acuíferos de Los Altos en 10.

Modificaciones a las variables de entrada

Con el propósito de mejorar el modelo para que éste refleje de manera más fiel a la realidad, se modificaron algunas variables, las cuales pueden ser consultadas a mayor detalle en la Ficha 5. Las primeras variables que modificamos son las respectivas a la demanda: **Población, sector pecuario e industria**. Para estimar la demanda de agua futura, estas variables tomaron las proyecciones de crecimiento para el 2030, y la insertaron desde el año 2017. Obviamente esto no representa la realidad, así que cambiamos estas variables para que el crecimiento fuese porcentual y anualizado.

Asimismo, cambiamos el **caudal ecológico** de la estación la Cuña, hasta la salida de la cuenca en su desembocadura al río Santiago. Creemos que el caudal del río Verde, como tributario al río Santiago cumple con un servicio ambiental importante para éste último, por lo que es importante estimarlo y conservarlo.

El estado de las **Aguas subterráneas** tanto en la región de Los Altos como en Guadalajara y León necesita de estudios hidrogeológicos para poder validar los resultados ofrecidos en el modelo. El alcance de este proyecto no tiene los recursos ni humanos ni financieros para llevar a cabo tales estudios. Sin embargo, se modeló de acuerdo a la información disponible tanto a nivel internacional como nacional.