

Water Quality Modeling in the Rio Bravo Basin Training Course for CONAGUA-Mexico

**The University of Texas at Austin
Center for Research in Water Resources**

**Prepared by:
Eusebio Ingol
Daene Mckinney**

March 2009

Este documento describe el procedimiento básico para la modelación de la calidad del agua superficial en ríos usando el Software Water Evaluation and Planning System (WEAP) desarrollado por el instituto de medio ambiente de Estocolmo, USA. Una introducción a WEAP es realizada en la primera parte de este tutorial; para tal efecto un tramo del río Grande/Bravo es modelado. En la segunda parte, la modelación de la calidad de las aguas superficiales es llevada a cabo; cuya ilustración muestra el funcionamiento de demandas para uso urbano y agrícola respectivamente; así como la modelación de una planta de tratamiento de aguas residuales.

Contents

<i>Primera Parte</i>	4
1. Introducción	4
2. Establecer un área en blanco	4
3. Adicionar capas (shape files) de SIG para el área de trabajo	6
4. Ingresando elementos dentro del esquema de trabajo	8
4.1 Dibujar un Río	9
4.2 Dibujar un Tributario	10
5. Ingresando Datos de Caudal al Río Principal y Tributario	11
6. Crear Sitios de Demanda	15
6.1 Demanda para uso urbano	15
6.2 Demanda para Uso Agrícola	19
7. Conectando los puntos de demanda con el suministro de agua	21
8. Crear Flujos de Retorno	22
9. Correr el Modelo	23
10. Ver los resultados	24
<i>Segunda Parte</i>	25
1. Modelación de la Calidad de las Aguas en WEAP	25
2. Crear un grupo de contaminantes	25
3. Ingresar Datos de Calidad de Agua al Río principal y Tributario	29
4. Ingresando las Características Geométricas del Río	31
5. Ingresando Datos de Clima	34
6. Introduzca Restricción de Datos (Máximos Permisibles)	36
7. Compare los Resultados	37
8. Ingresado Datos a la Actividad Generadora de Contaminacion	39
9. Observe los resultados	41
10. Crear una Planta de Tratamiento de Agua Residual	41
11. Ingresando Datos a la WWTP	44
12. Evaluar Resultados	45

WEAP Tutorial

Primera Parte

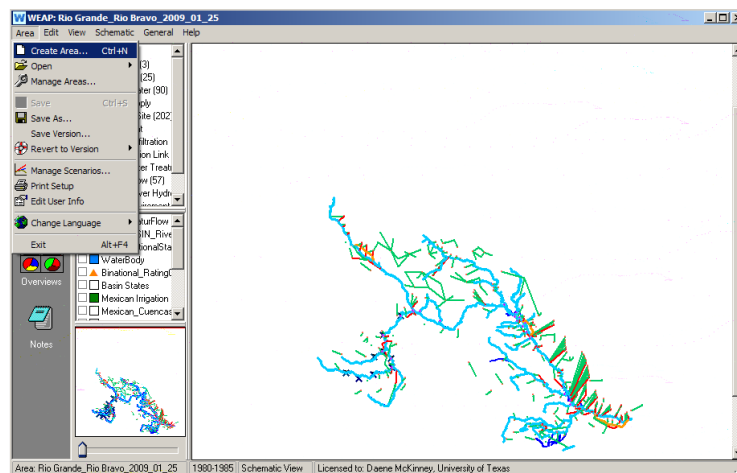
1. Introducción

Antes de iniciar el modelado de la calidad de las aguas superficiales, una configuración del sistema de recursos hídricos en WEAP es fundamental. Para tal efecto, en esta parte se realizara una introducción general al modelo para crear la infraestructura necesaria que será usada en el ejercicio de modelación de la calidad del agua.

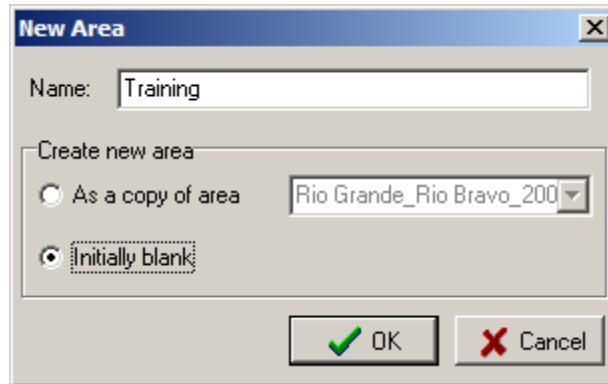
Comenzaremos con la creación de un área que permita estructurar el sistema de recursos hídricos elegido. El sistema seleccionado fue un tramo del rio Bravo/Grande desde la Presa Falcón hasta la el golfo de México.

2. Establecer un área en blanco

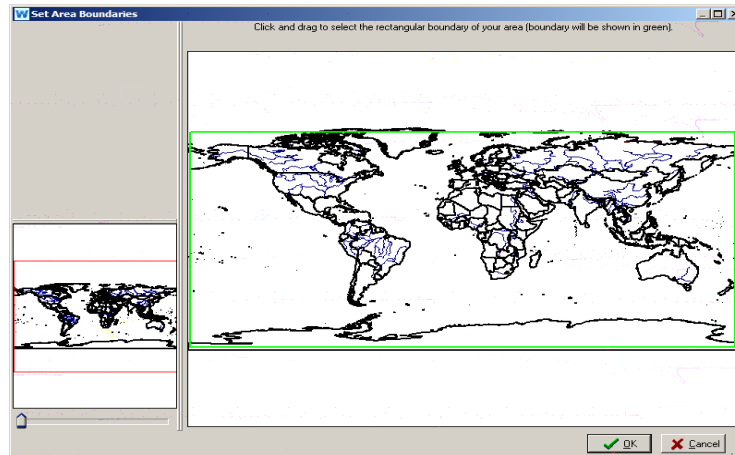
Abrir WEA, vaya a “Área” luego clic. Seleccionar crear a nueva área; tal como aparece en figura abajo.



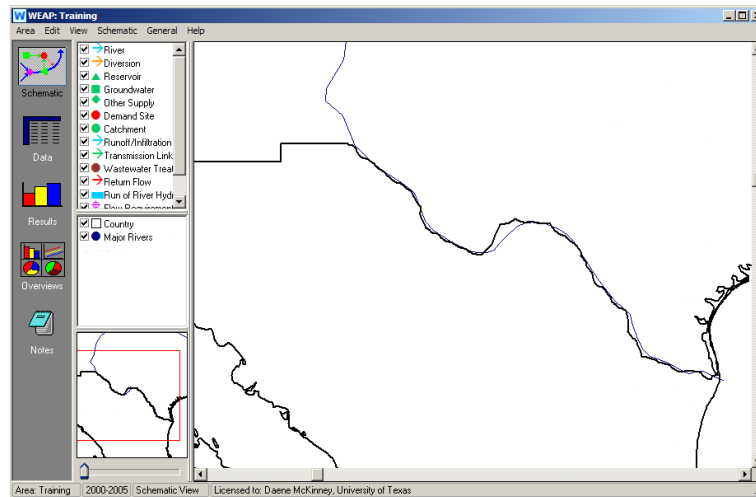
Clic in crear a nueva área y nombrar esta como “**training**”, y seleccionar crear una aérea en blanco, clic en ok.



Luego aparecerá un mensaje que indica que usted necesita definir el área de trabajo, clic en ok, y usted verá en la pantalla el mapa mundial (WEAP tiene configurado the world map), tal como aparece abajo:



Ahora, hacer clic y arrastre el mouse para seleccionar los límites rectangulares de su área de trabajo. Para nuestro caso seleccionamos un área aproximada, localizada en la cuenca del rio Bravo, tal como aparece en la figura abajo:



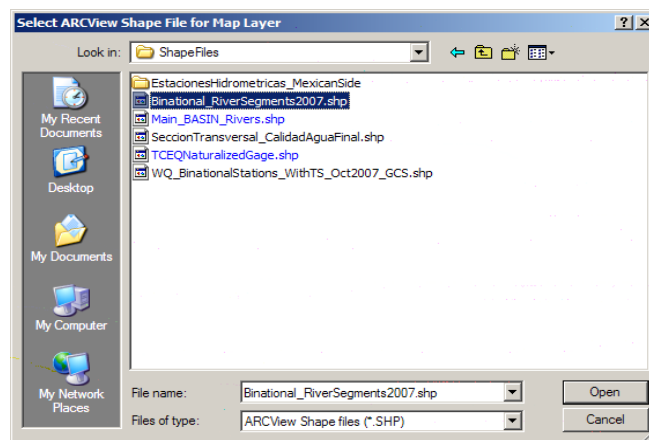
Definida el área de trabajo, usted podrá modificar estos límites seleccionando **“Set Área Boundary”** en el menú desplegable bajo el esquema de la barra del menú superior.

3. Adicionar capas (shape files) de SIG para el área de trabajo

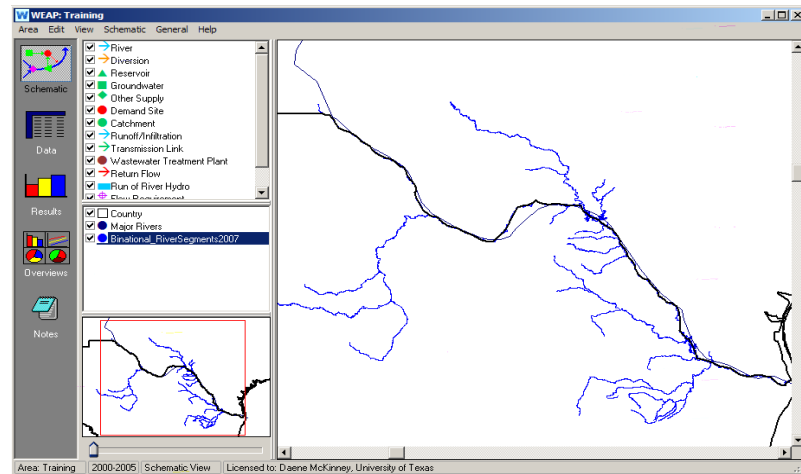
Ahora necesitamos tener una referencia del sistema de recursos hídricos con la finalidad de ser digitalizado y representado en WEAP. Para tal fin, primero inserte un esquemático de los ríos en formato shape file (este archivo es creado en GIS).

Clic en Schematic y seleccionar “Add Vector Layer”, luego insertar el archivo en formato shape file. Para este caso el nombre del archivo es:

Binational_RiverSegments2007.shp

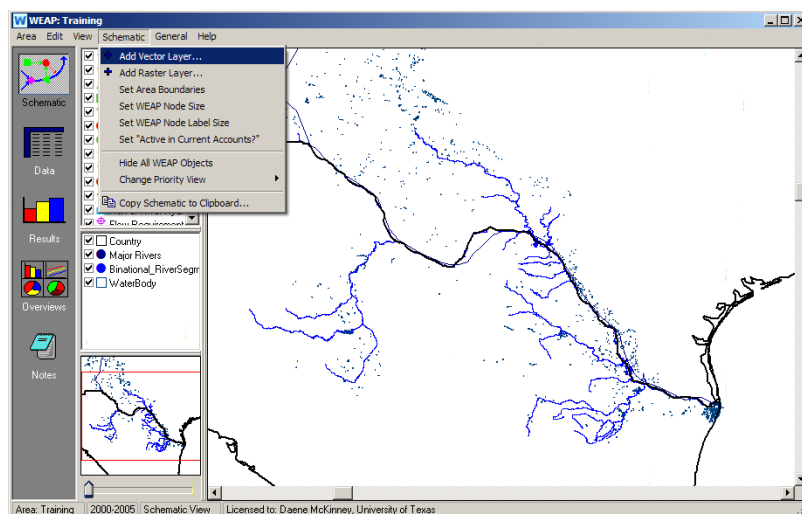


Abrir el archivo antes indicado; el cual contiene los principales ríos de la cuenca binacional Rio Grande/ Bravo. Usted verá una figura como la mostrada abajo. Obsérvese que las líneas de color azul representan a los segmentos principales de río.



Adicionaremos al esquema anterior, los cuerpos de agua, con la finalidad de localizar las presas Falcón y Anzalduas; toda vez que nuestro esfuerzo con este ejercicio estará orientado hacia el tramo de río desde La Presa Falcón hasta el Golfo de México. Similar al caso anterior, adicionar el archivo en formato shape que contiene los cuerpos de agua de la cuenca.

La figura abajo muestra el shape file adicionado:

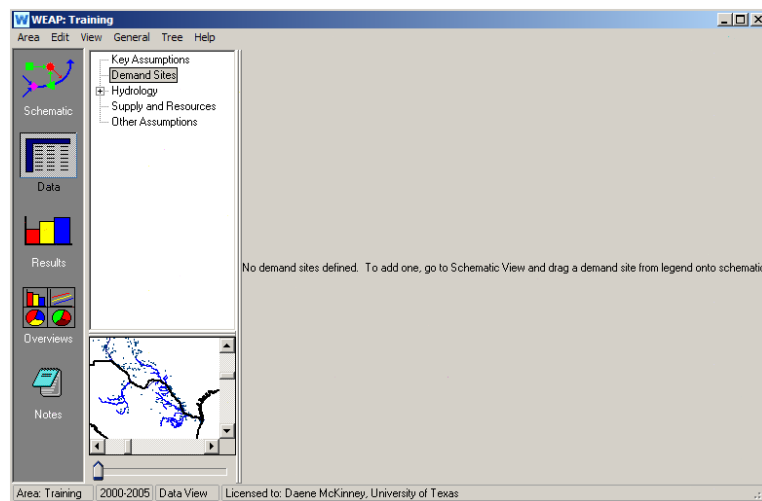


Guardando el Área

Vaya a “Area” en el menú principal; clic y seleccionar “Save” para guardar el área de trabajo que usted creó. También puede seleccionar Ctrl +S.

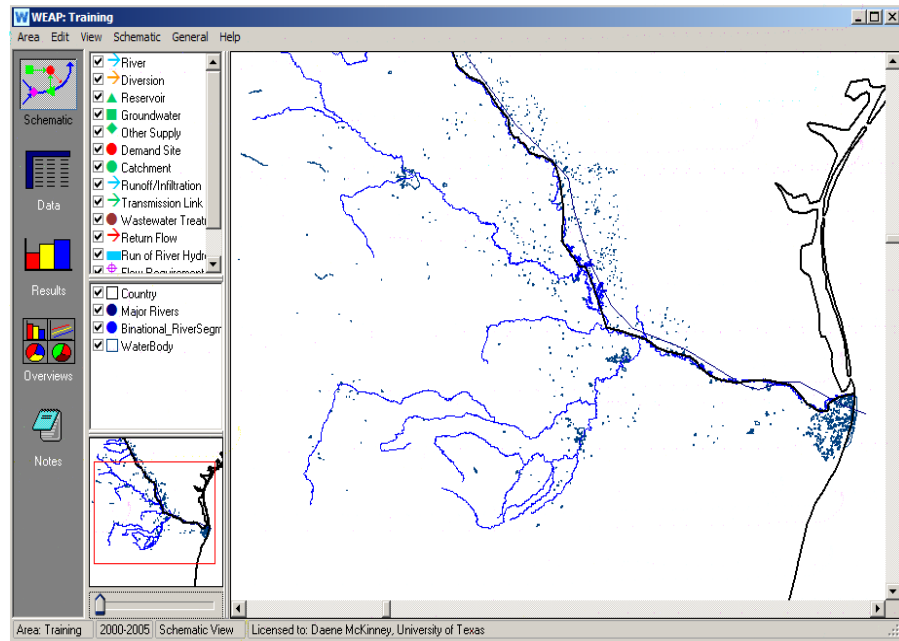
Seguidamente, es necesario visualizar los campos de datos que presenta la Estructura de WEAP. Clic en “Data”. Obsérvese en figura abajo que la estructura básica de WEAP comprende los siguientes campos:

Key Assumptions, Demand Sites, Hydrologia, Supply and Resources. Estos campos serán explicados más adelante dentro de este ejercicio de aplicación.



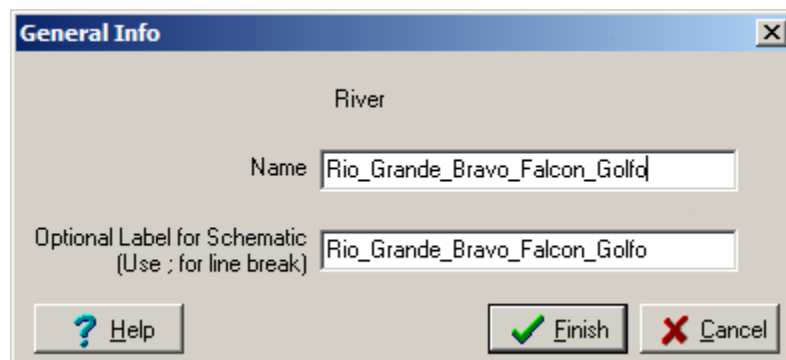
4. Ingresando elementos dentro del esquema de trabajo

Ahora estamos listos para crear nuestra estructura de un sistema de recursos hídricos dentro de WEAP. En ese sentido, el primer paso es digitalizar el río principal y tributarios; para fines de este ejercicio, el tramo del río Bravo desde Falcón hasta el golfo de México y el tributario San Juan son considerados. Este tramo es presentado en figura a continuación:

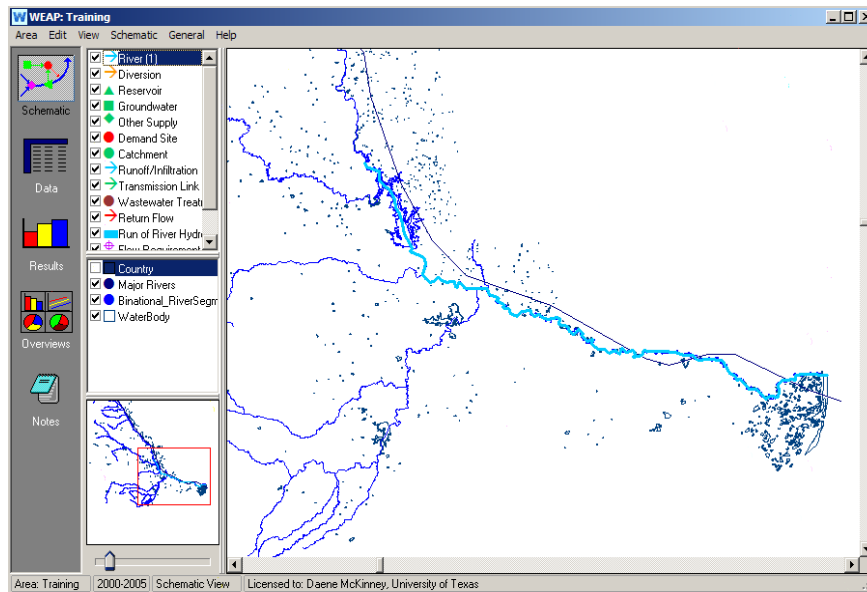


4.1 Dibujar un Rio

Haga clic en "River" localizado en la ventana que corresponde al esquemático, hacer clic mientras arrastra el símbolo al mapa. Suelte el clic cuando usted coloca el cursor sobre el punto superior izquierdo de la sección principal del río. Mover el cursor, y usted notara una línea que es generada a partir de ese punto.



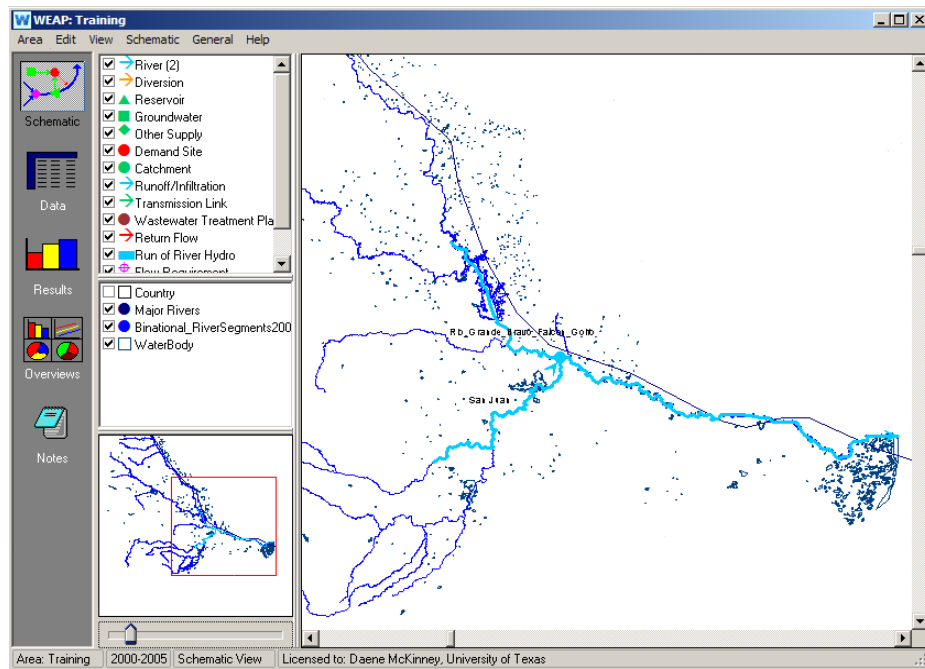
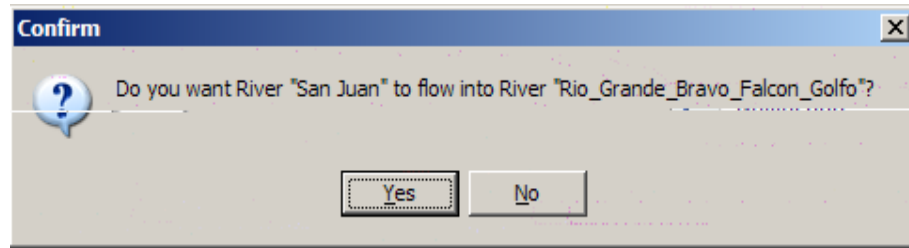
Clic en "Finish" y observe la línea de color celeste que fue generada, ver figura a bajo



4.2 Dibujar un Tributario

Similar al caso anterior, ahora vamos a dibujar un tributario al que lo llamaremos San Juan. Siempre digitalizando el río de aguas arriba hacia aguas abajo, cuando usted justo está en la intersección con el río Bravo, doble clic allí y aparecerá una ventana, en la cual el nombre del tributario es ingresado. Ver abajo.

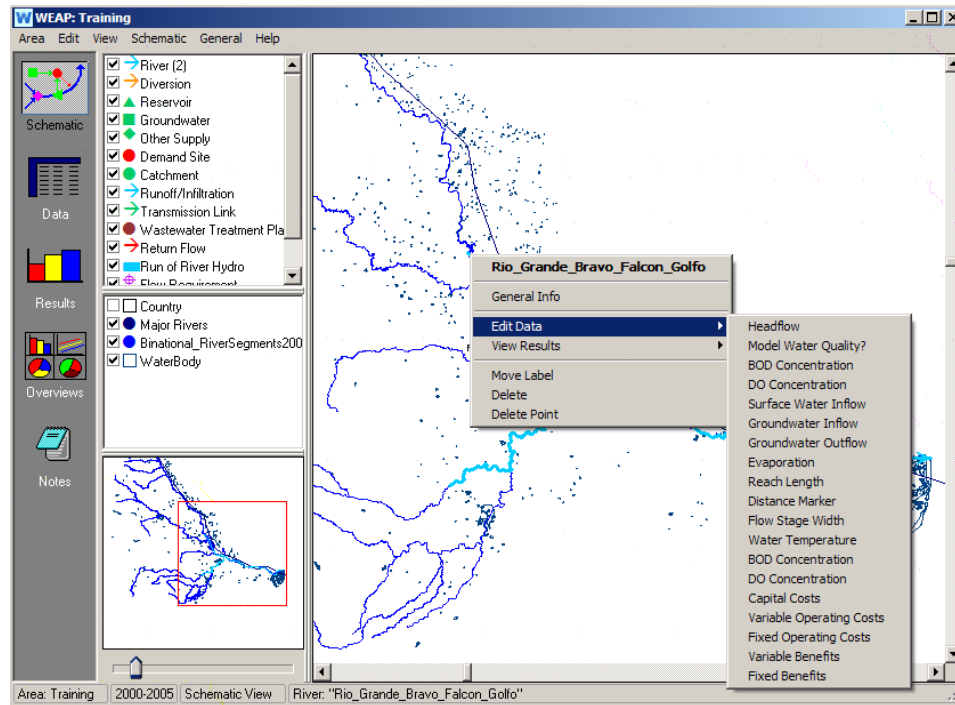
Clic en “Finish”, y luego un mensaje será mostrado; el mismo que pregunta si el tributario que usted acaba de digitalizar fluye dentro del Río Principal; tal como aparece abajo. Clic en “yes” y el tributario San Juan es generado.



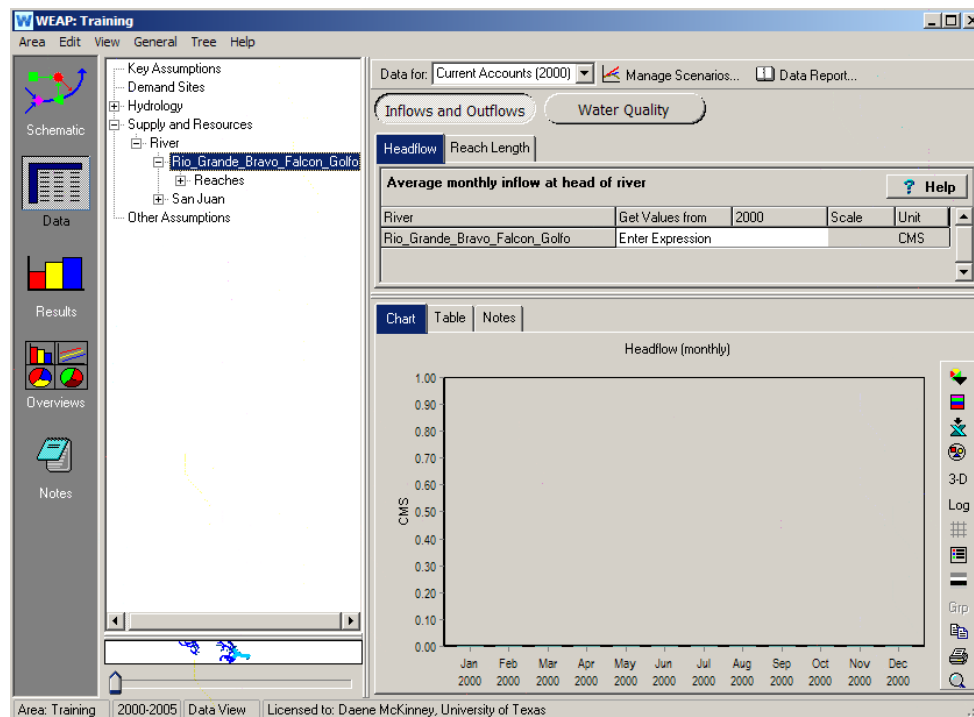
5. Ingresando Datos de Caudal al Rio Principal y Tributario

Hay dos formas de ingresar datos al rio principal o tributario:

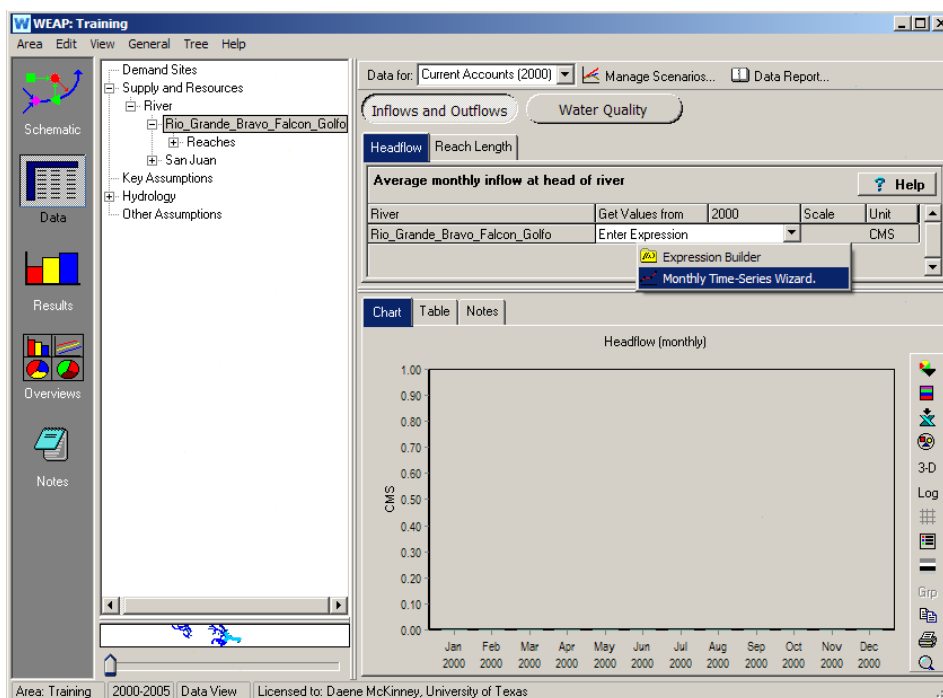
La primera es clic derecho sobre el rio principal y seleccionar “Edit Data”, y luego algún ítem de la lista; tal como aparece en la figura abajo:



La segunda es cambiar a la “Data” vista localizada en el lado izquierdo de la pantalla, clic y luego seleccionar: Supply and Resources/River/Rio_Grande_Bravo_Falcon_Golfo en el árbol de datos. Asimismo, usted puede hacer el clic en “Reach” y ver todos los tramos correspondientes a este rio. Véase la figura abajo



La ventana de “Inflows and Outflows” debería estar activada. Luego, haga clic sobre “Headflow”. Haga clic en el área justo debajo de la barra llamado "2000" en la ventana de introducción de datos para ver un icono of menú desplegable. Seleccione la opción "Montly Time-Series Wizard" de la lista - en el menú; tal como aparece abajo:



Nota: Para aquellos que ya tienen un conocimiento de WEAP, solamente iniciar el ejercicio a partir del paso 5: Abrir el programa WEAP, luego en el menú seleccionar “Area”, luego “Open” and clic en “Training” para iniciar el ejercicio. “Training es el nombre del archivo WEAP.

Antes de ingresar los flujos de entrada al tramo de rio, vaya “General” en el menú principal, seleccionar “Years and Time Steps”. En “Current Accounts”, seleccione 2000. En “Last Year of Scenarios” agrupe a 2001. En “Time Step per Year”, seleccionar a 12; en “Time Step Boundary”, seleccionar “Based on calendar month”. Finalmente, en “Water Year Star”, seleccionar “October”. Vea figura abajo:

Years and Time Steps

Time Horizon

Current Accounts Year: 2000

Last Year of Scenarios: 2001

Time Steps per Year

12

Time Step Boundary

☒ Based on calendar month

☐ All time steps are equal length

☐ Set time step length manually

Water Year Start

October

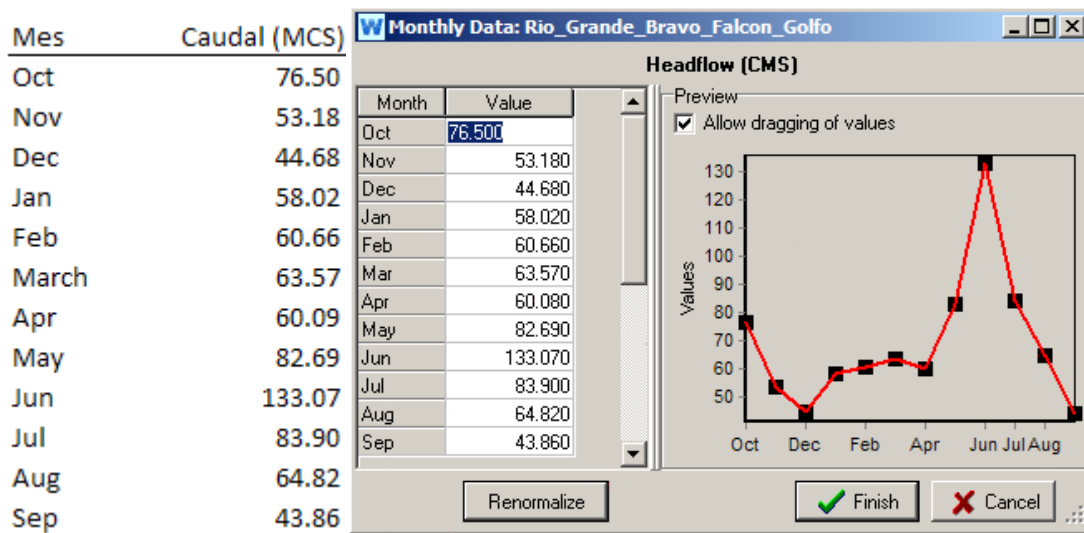
The study period will run from October, 1999 to September, 2001.

? Help

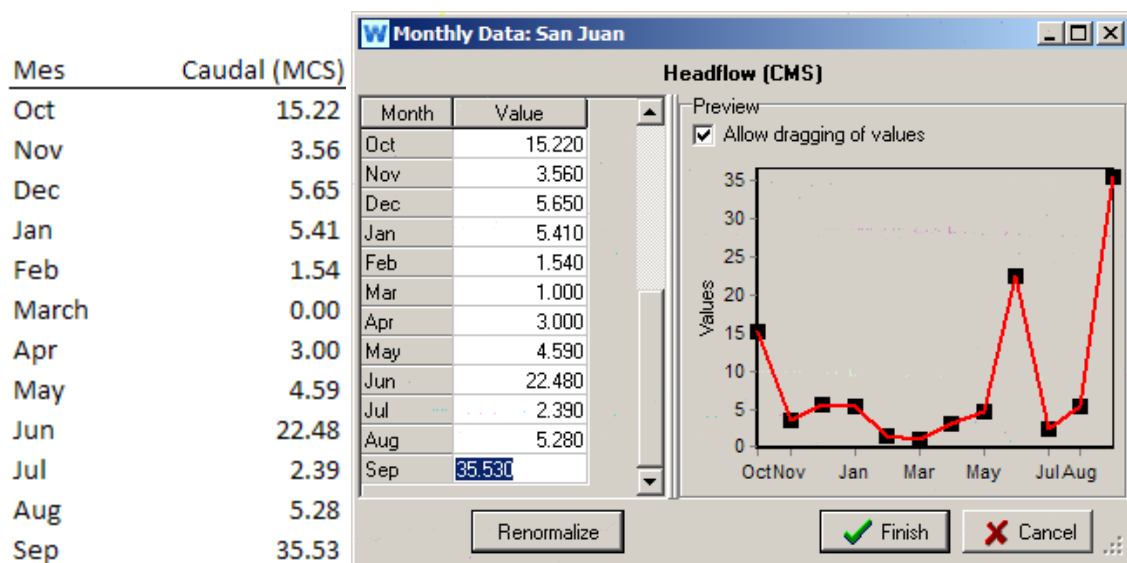
Close

#	Title	Abbrev.	Length	Begins	Ends
1	October	Oct	31	Oct 1	Oct 31
2	November	Nov	30	Nov 1	Nov 30
3	December	Dec	31	Dec 1	Dec 31
4	January	Jan	31	Jan 1	Jan 31
5	February	Feb	28	Feb 1	Feb 28
6	March	Mar	31	Mar 1	Mar 31
7	April	Apr	30	Apr 1	Apr 30
8	May	May	31	May 1	May 31
9	June	Jun	30	Jun 1	Jun 30
10	July	Jul	31	Jul 1	Jul 31
11	August	Aug	31	Aug 1	Aug 31
12	September	Sep	30	Sep 1	Sep 30

Luego ingrese los siguientes datos:



Similarmente, ingresar los siguientes datos para el tributario San Juan:



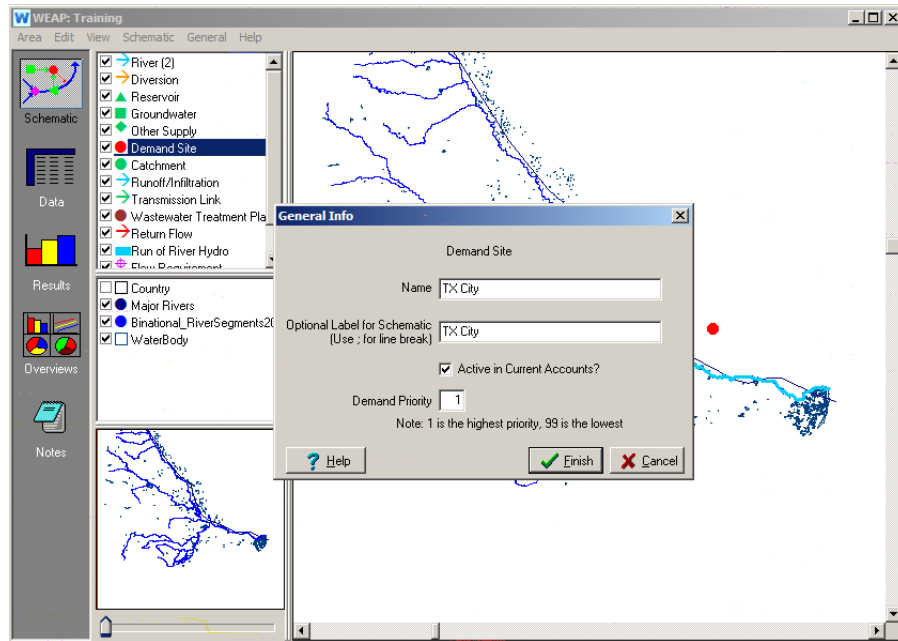
Luego, guarde los cambios, use **Ctrl +S**

6. Crear Sitios de Demanda

Para crear demandas de agua a lo largo del río, el proceso es similar al anterior. Vaya a "Schematic" vista en la parte izquierda de la pantalla. Luego en la ventana de los elementos, seleccione "Demand Site", clic y no suelte el cursor, arrastre este hasta donde usted quiere localizar su demanda. Suelte el clic cuando usted localizó el apropiado punto de demanda.

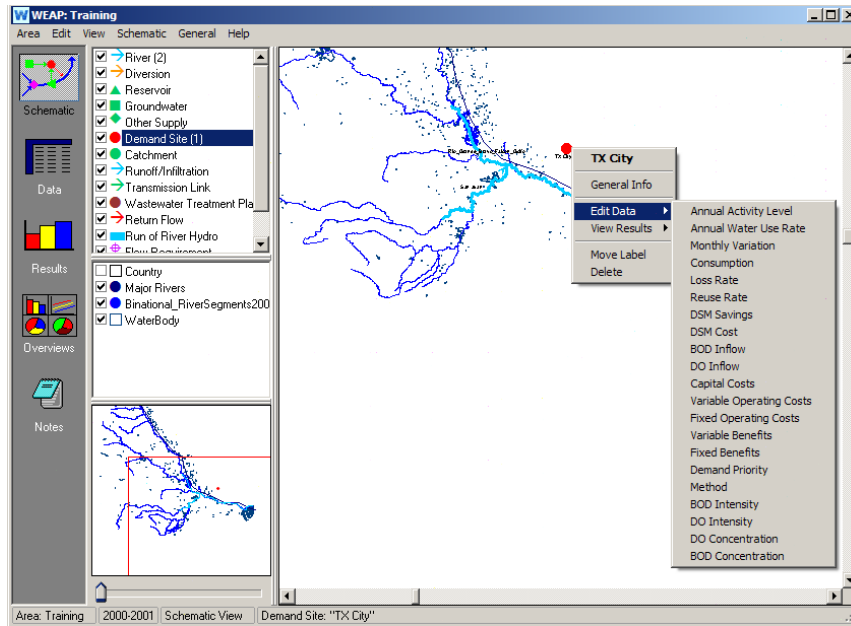
6.1 Demanda para uso urbano

Crear un punto de demanda localizada en la margen izquierda del río principal, ingrese el nombre de TX City en la caja de dialogo, seleccione "Active in Current Accounts", y en "Demand Priority" coloque 1; tal como aparece en la figura abajo. Luego clic en "Finish"

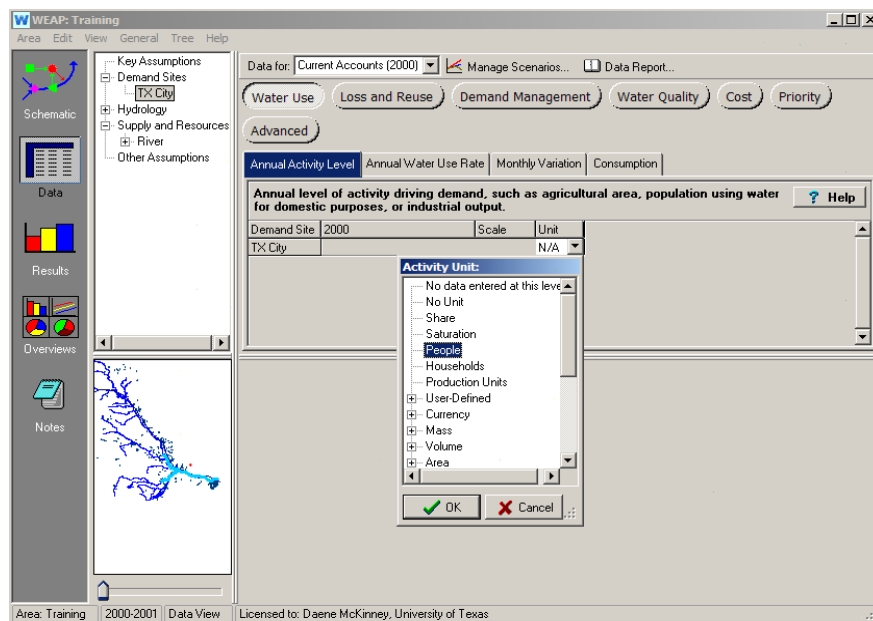


Es necesario indicar que la “Demand Priority” representa el nivel de prioridad para la asignación de los recursos hídricos limitados entre los diferentes puntos de demanda. WEAP intentará suministrar agua a todas las demandas con mas alta prioridad (recuerde que 1 es la más alta, y 99 es la más baja en la configuración del modelo), luego se traslada a los sitios con baja prioridad hasta que todas las demanda se cumpla o todos los recursos sean usados

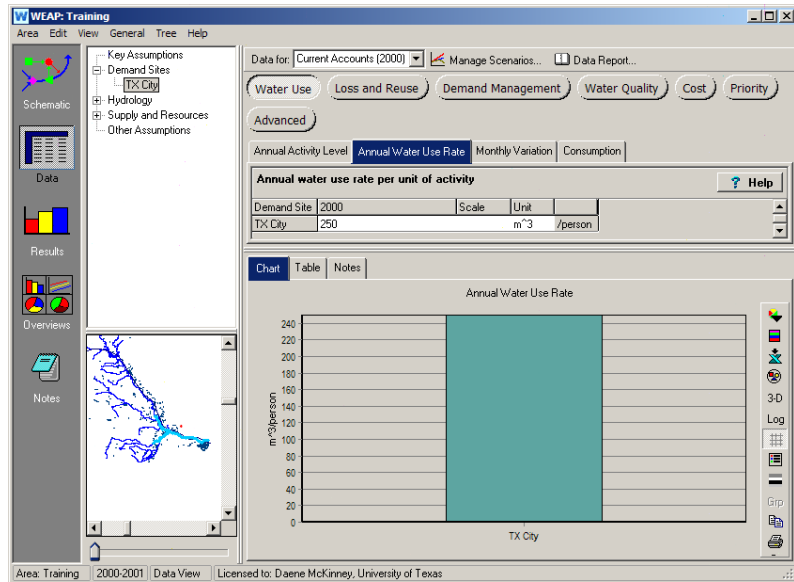
Luego, vaya a “Data” vista, clic allí. Seleccione “Demand Sites” y “TX City”. Otra alternativa es, localizar el cursor sobre el punto demanda TX City, clic en el botón derecho del mouse y seleccione “Edit Data” y “Annual Activity Level”, clic allí para ingresar los datos.



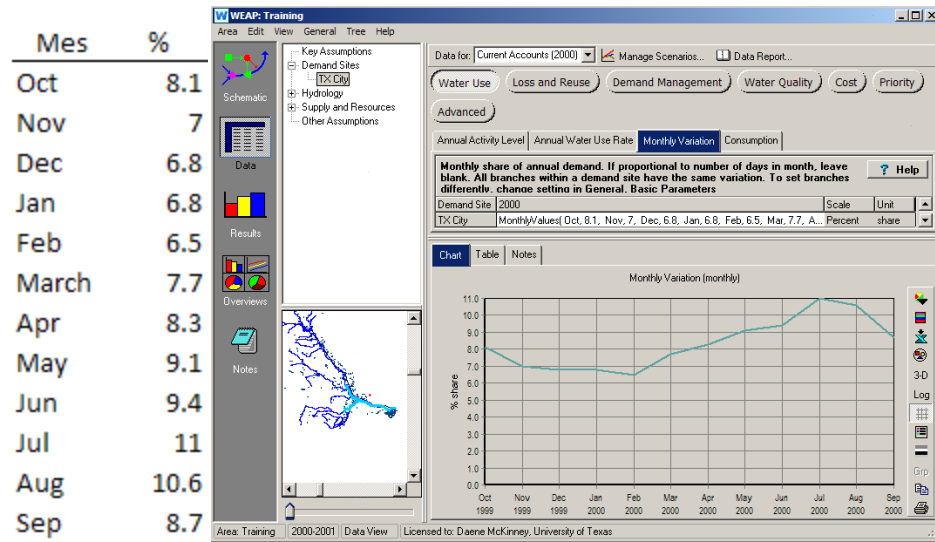
Usted debería seleccionar las unidades de trabajo antes de ingresar la información. Despliegue en la ventana de “Activity Unit” y seleccione “People”, luego clic en OK; tal como puede observarse en la figura abajo:



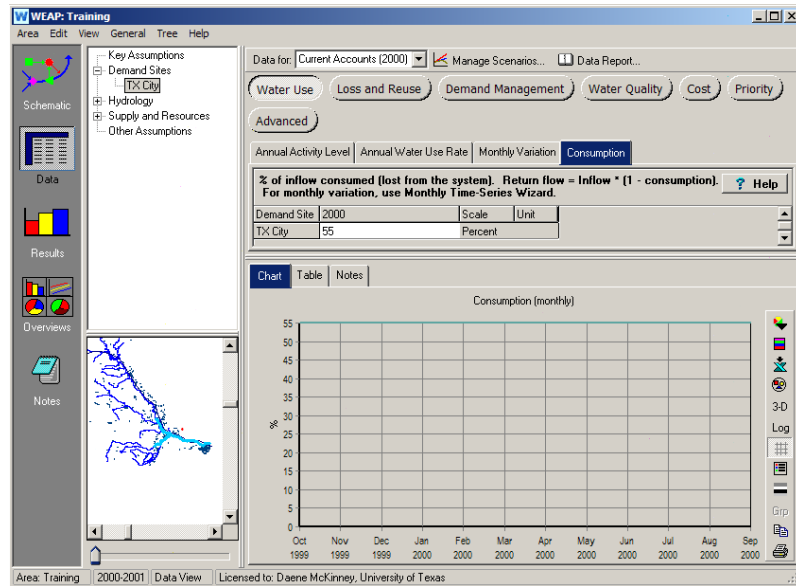
En el espacio situado bajo el campo "2000", ingrese The anual Activity Level como 1,000,000 people.
Luego, clic en “Annual Water Use Rate” e ingrese 250 abajo del año 2000; tal como aparece abajo:



En “Monthly Variation” ingrese los siguientes datos:



En “Consumption” ingrese 55 %



6.2 Demanda para Uso Agrícola

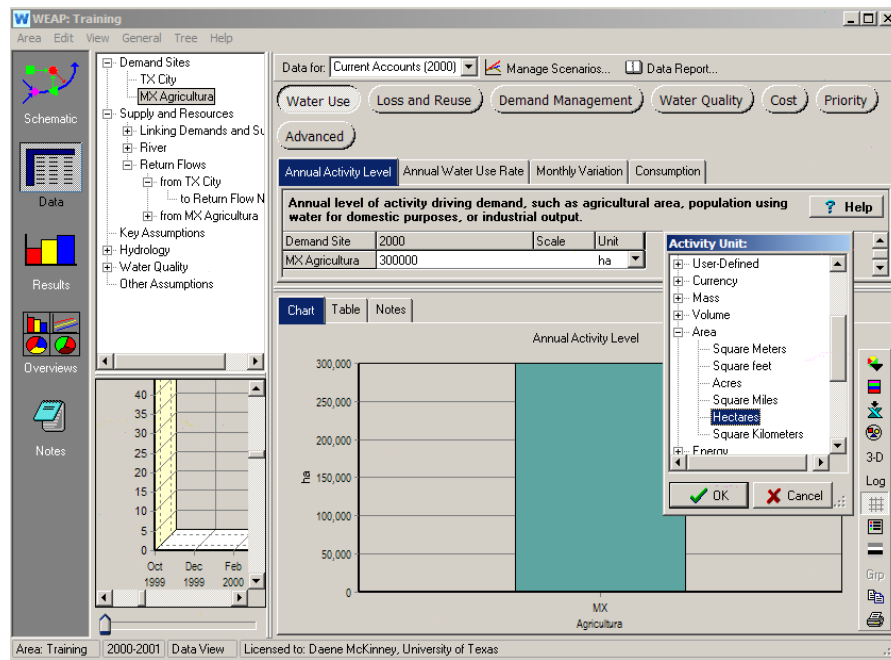
Similar al procedimiento anterior, crear un punto de demanda para uso agrícola. En la margen derecha del río principal genere este punto de demanda con el nombre de “Mx Agricultura”. En “Demand Priority” seleccione 1; tal como aparece abajo:

Clic en “Finish”.

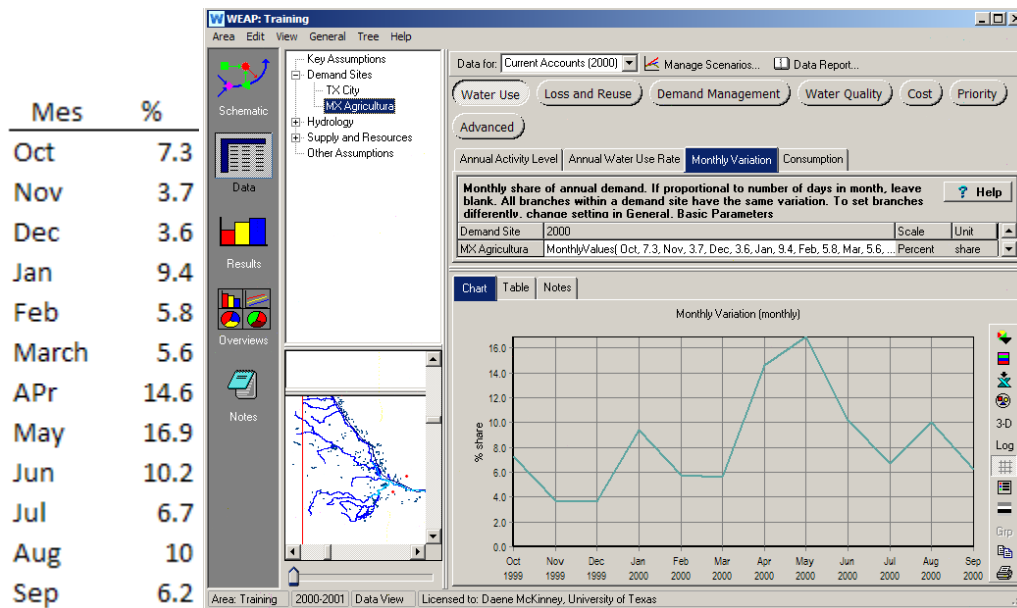
De la misma manera que para la demanda de uso urbano, ingrese el “Annual Activity Level” y Annual Water Use Rate”. Seleccione como unidades “hectáreas”; tal como aparece en la figura mostrada a continuación:

Annual Activity Level = 300,000 hectareas

Annual Water Use rate = 4,500 m³/hectarea



Posteriormente, seleccione “Monthly Variation” y “Monthly time Series Wizard” e ingrese la variación mensual de la demanda tal como aparece abajo:



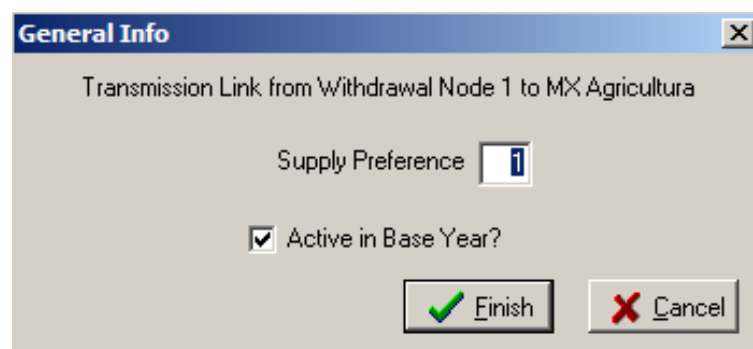
Asimismo, clic sobre “Consumption” tab, luego ingres 80.

7. Conectando los puntos de demanda con el suministro de agua.

Ahora usted debe indicarle a WEAP cómo la demanda es satisfecha; esto se logra mediante la conexión de un suministro de agua a cada sitio o punto de demanda.

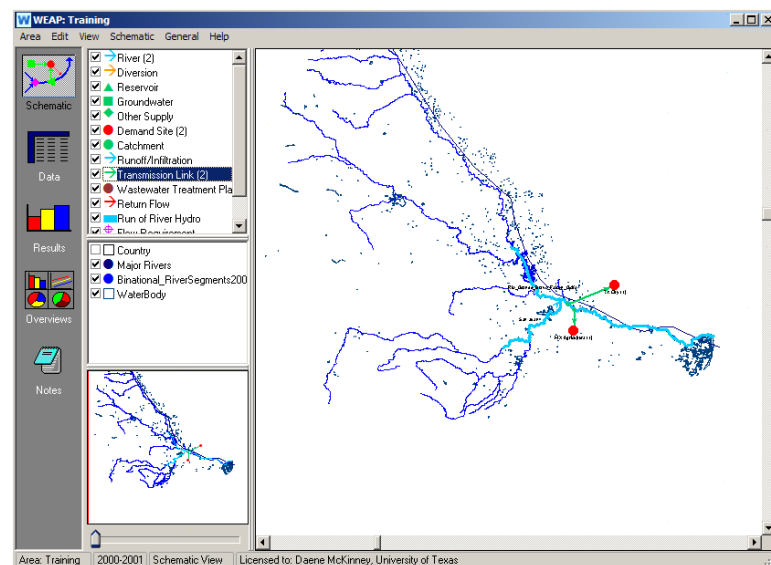
Vaya a la vista “Schematic” y crear un “Transmission Link” desde el Rio Principal hacia “TX City” y “MX Agricultura”. Para hacer esto, arrastre el “Transmission Link” hasta una posición en el rio principal, soltar el clic. Luego, proyectar o jalar el link hacia la TX City y doble clic sobre este sitio de demanda. Similar procedimiento para la demanda agrícola, con la diferencia que el “Transmission Link” inicia aguas abajo de aquel creado para la ciudad mencionada arriba.

Seleccione un “Supply Preference” de 1 para cada “Transmission Link”; tal como aparece abajo:



Tener en cuenta que el parámetro del “Supply Preference” permite a usted definir qué fuente debe ser usada en prioridad para el suministro de agua al punto de demanda. WEAP intentará abastecer a todas las demandas con fuentes que tengan el más alto nivel de preferencia. Solo use las fuentes de agua con nivel inferior si las fuentes con alto nivel no tienen suficiente suministro.

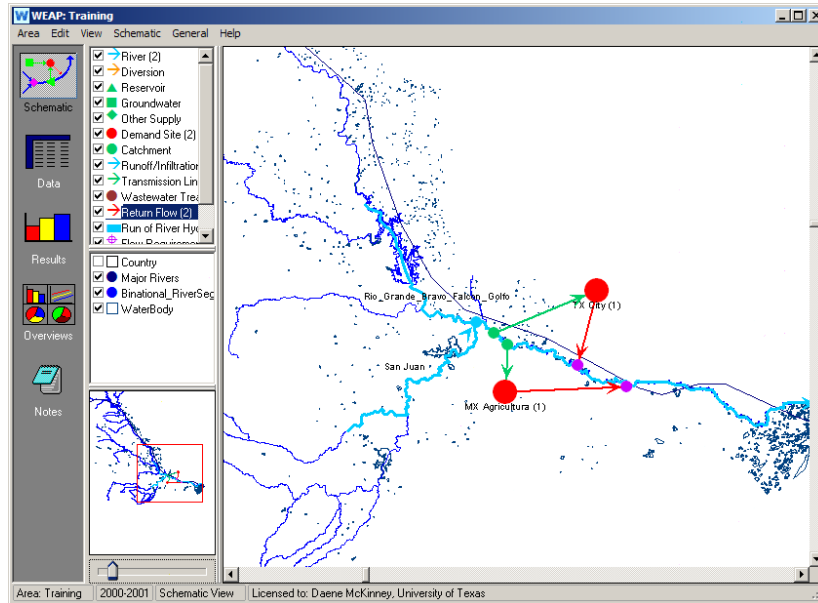
Ahora su sistema lucirá de la siguiente manera:



8. Crear Flujos de Retorno

Similar al procedimiento de los “Transmission Link”, cree ahora a “Return flow” desde la TX City hacia el río principal. Lo mismo para la demanda de uso agrícola.

La figura abajo muestra los “Return Flows” creados:

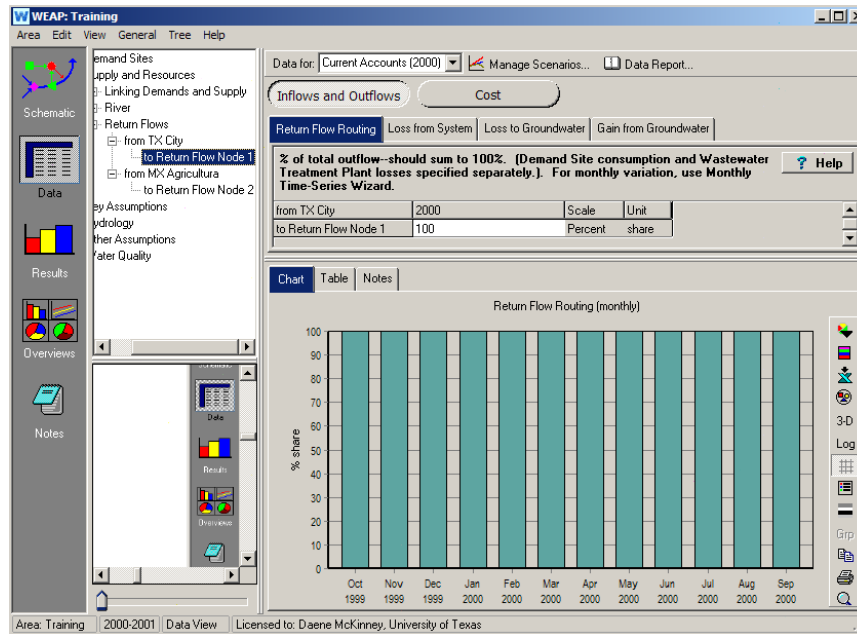


A continuación, localice el cursor de su mouse sobre el “Return flow” de la TX City, clic en el botón derecho de su mouse. Seleccione “Edit Data” y luego “Return Flow Routing” para agrupar este a la TX City. Escriba 100:

Return Flow Routing = 100 %

La otra forma de hacer esto es: vaya a la vista de datos: seleccione \Supply and Resources\Return Flows\from TX City.

Haga lo mismo para el flujo de retorno proveniente del uso agrícola.

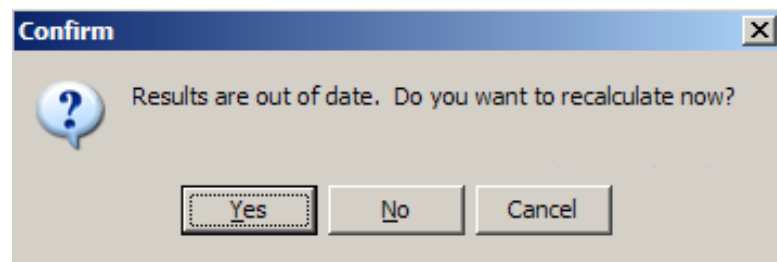


El “Return Flow Routing” es el porcentaje del total del flujo de salida de un punto o sitio de demanda que es conducida a través del “Return Flow Link”. Algo importante que es necesario saber: si solo un link de flujo de retorno es creado para una demanda, entonces el “Return Flow Routing: para ese mismo link debe ser 100%. Ahora, si usted crea varios links de flujos de retorno para una misma demanda, entonces los factores del “Routing” para todos los links deberían sumar 100%. Las perdidas en la conducción a lo largo del link son indicadas por separado.

9. Correr el Modelo

Para correr el modelo, clic en “Resultas”. Cuando este le pregunte si usted quiere re calcular los resultados, clic en OK.

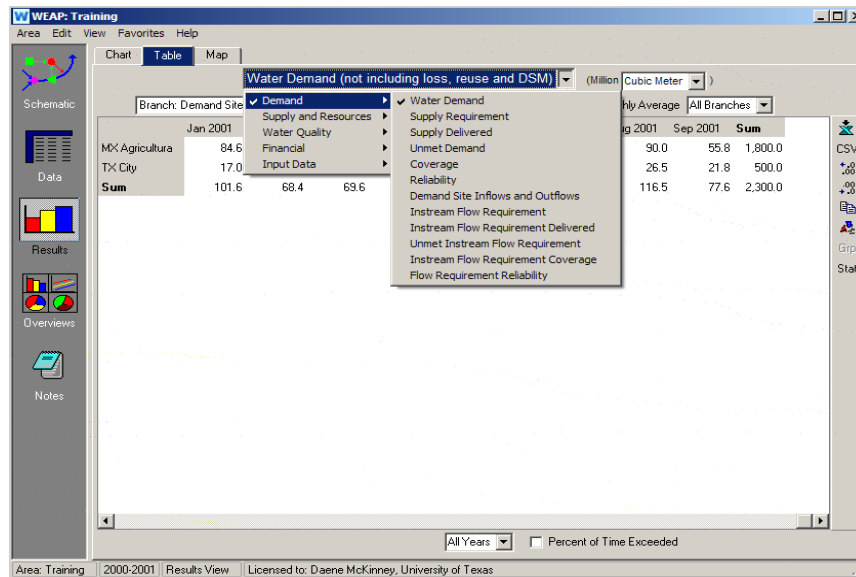
El modelo calculará para todo el escenario de referencia (Default Scenario) que es generado usando la información del “Current Accounts” para el periodo de tiempo especificado (2000 -2001).



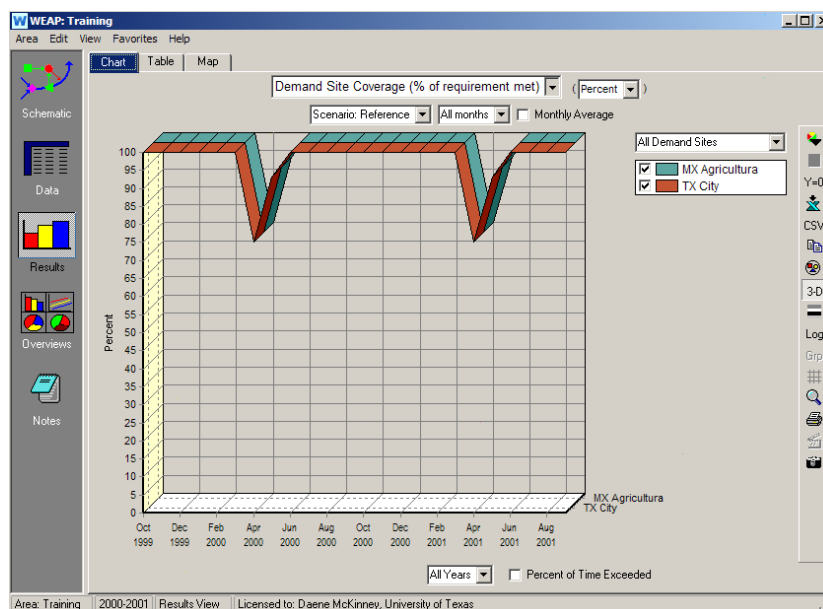
10. Ver los resultados

Para que usted vea sus resultados, clic en “Table” y seleccionar “Demand” and “Water Demand” de la variable primaria en el menú desplegable localizada en la parte superior del centro de la ventana; tal como aparece abajo:

Asimismo, clic en “Annual Total”



Ahora observe la cobertura de la demanda en forma grafica. Clic en “Chart” tab. Seleccione “Demand and Coverage” de la variable primaria del menú desplegable en el centro de la parte superior de la ventana. El grafico debería ser como el mostrado abajo:



Water Quality

Segunda Parte

1. Modelación de la Calidad de las Aguas en WEAP

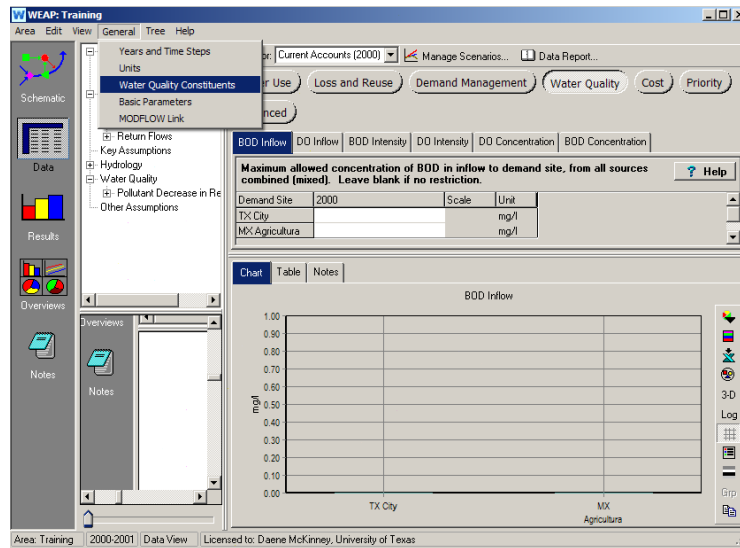
El modelo WEAP puede modelar conservativos y no conservativos contaminantes. Contaminantes conservativos son modelados a través de un simple balance de masa. Por otro lado, los contaminantes no conservativos son modelados con diversos métodos que son incorporados en WEAP.

La sección de calidad de las aguas de la “Data View” en WEAP incluye datos sobre reducción de un contaminante en los flujos de retorno y plantas de tratamiento. Asimismo, datos de calidad de aguas para la sección “Demand and Supply” incluye Calidad de aguas de ríos y tributarios, reservorios, generación de contaminación por un sitio de demanda y sub cuenca. El tipo de datos que generalmente requiere WEAP son los siguientes:

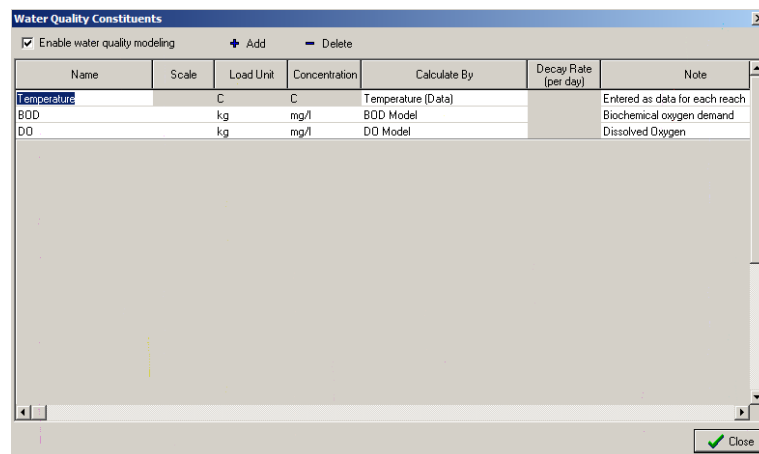
- Descargas de los contaminantes, su localización y cantidad
- Estándares de calidad de las aguas
- Concentraciones de las fuente de contaminantes
- Datos de clima
- Plantas de tratamiento de agua residual, concentraciones, remoción de los contaminantes.
- Temperatura del agua en tramos del río
- Relaciones de caudal, tirante y ancho (secciones transversales)
- Longitud del río
- Concentraciones de los constituyentes de calidad de agua en los flujos de entrada, salida de los reservorios, entradas de aguas superficiales y subterráneas.

2. Crear un grupo de contaminantes

Crear un grupo de contaminantes que usted necesita modelar. Vaya al menú principal de WEAP. Seleccionar “General\Water Quality Constituents” del menú principal; tal como aparece en la figura abajo:



Clic en “Water Quality Constituents”. Luego usted verá la siguiente ventana de dialogo:



Observe en la figura anterior, la Temperatura, BOD, y DO han sido creados por default. Ahora, usted puede agregar o eliminar algún contaminante usando “+ Add” y “- Delete” localizado en la parte superior de la ventana mostrada arriba. Luego realice los siguientes cambios:

En “Calculate by”, clic en Temperature y cambie a “Modeled”. Observe la figura abajo:

Water Quality Constituents

☒ Enable water quality modeling + Add - Delete

Name	Scale	Load Unit	Concentration	Calculate By	Decay Rate (per day)	Note
Temperature		C	C	Temperature (Data)		Entered as data for each reach
BOD		kg	mg/l	Conservative (No Decay)		Biochemical oxygen demand
DO		kg	mg/l	First-Order Decay		Dissolved Oxygen
				BOD Model		
				DO Model		
				Temperature (Data)		
				Temperature (Modeled in WEAP)		
				Modeled in QUAL2K		

Close

Ahora adicione TSS (Total Suspended Solids) y en “Calculate by”, clic y seleccionar “Decay”. En “Decay Rate” escriba 0.25

Water Quality Constituents

☒ Enable water quality modeling + Add - Delete

Name	Scale	Load Unit	Concentration	Calculate By	Decay Rate (per day)	Note
Temperature		C	C	Temperature (Modeled in WEAP)		Entered as data for each reach
BOD		kg	mg/l	BOD Model		Biochemical oxygen demand
DO		kg	mg/l	DO Model		Dissolved Oxygen

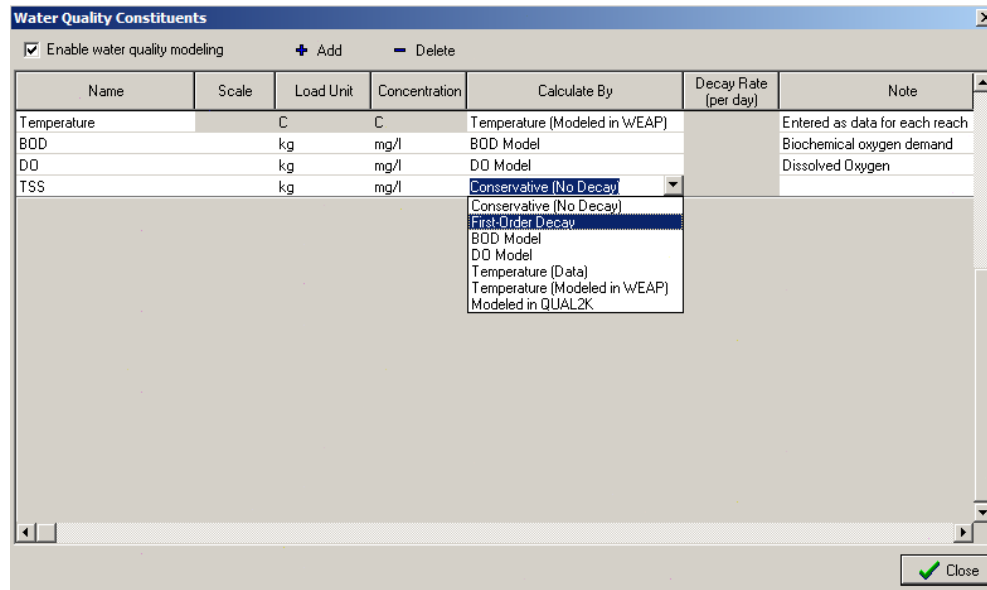
Add new water quality constituent:

Name:

OK Cancel

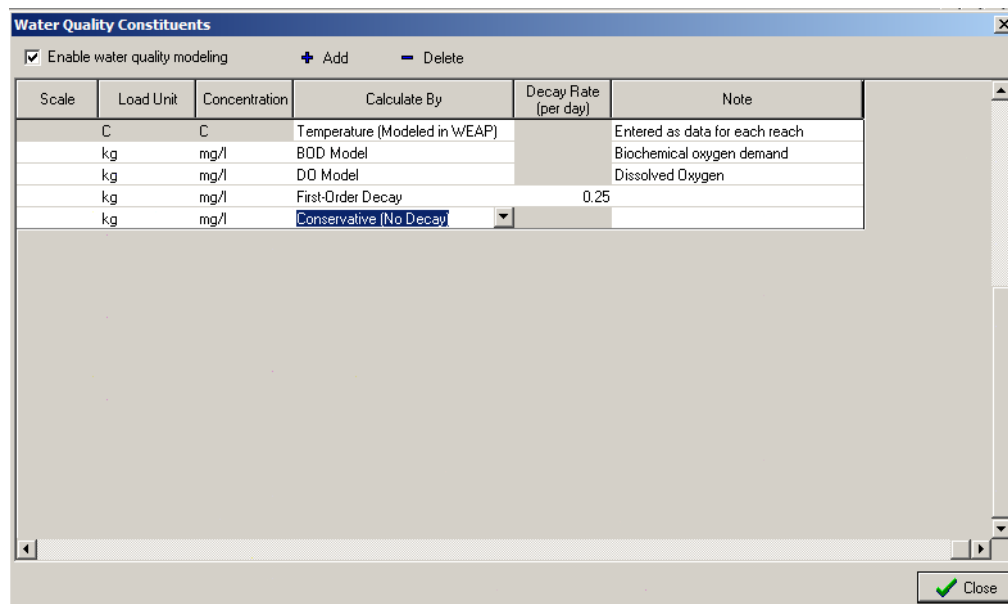
Close

Clic en OK.



Luego adicione Salt y en “Calculate by”, clic y seleccionar “Conservative”.

La ventana de dialogo debería lucir como la mostrada abajo:



Luego, clic in “close” y Ctrl+S para guardar los cambios.

Ingresando Datos de Calidad de las Aguas

3. Ingresar Datos de Calidad de Agua al Rio principal y Tributario

En la vista “Data” seleccione “Supply and Resources\River” clic sobre el Rio_Grande_Bravo_Falcon_Golfo.

Seleccione “Water Quality” e ingrese los siguientes datos:

Model Water Quality? YES (check en el box) . Esto indica que este rio será modelado por WEAP.

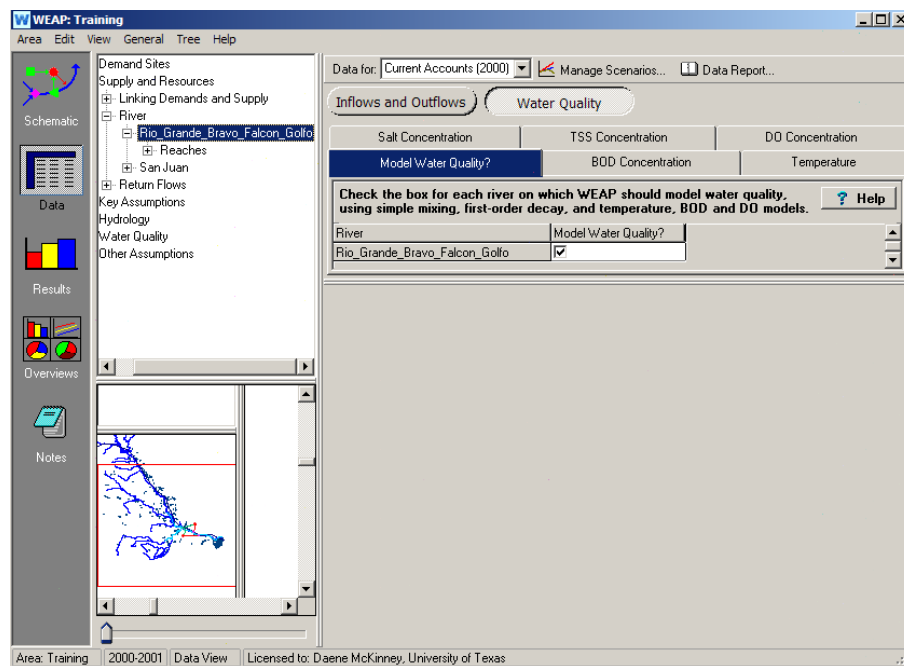
Temperature 20°C

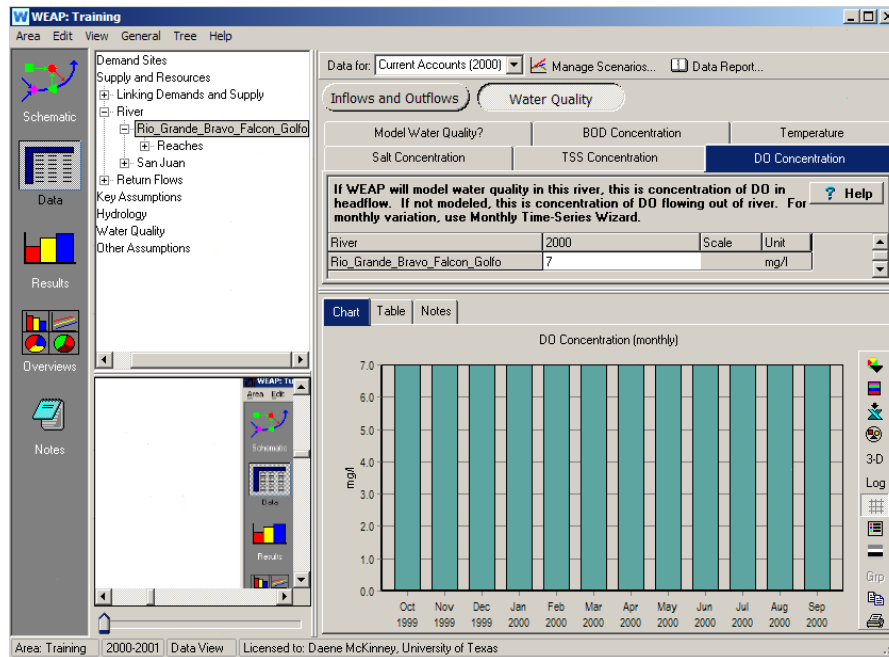
BOD concentration 4 mg/l

DO Concentration 7 mg/l

TSS concentration 30 mg/l

Salt concentration 3 mg/l





Estos datos de calidad de agua representan las concentraciones en la cabecera del río.

En cada parámetro usted podrá ingresar información de series de tiempo mensual o diaria para varios años; para tal efecto usted necesita crear un archivo con la extensión “csv” en Excel; este tipo de extensión es leída por WEAP inmediatamente. Ahora si usted solo dispone de información promedio mensual; la cual necesita ser tomada como representativa para todo el periodo de simulación, en este caso use “Monthly Time Series Wizard” e ingrese para cada mes el valor correspondiente.

Similarmente, ingrese los siguientes datos de calidad de aguas para el tributario “Rio San Juan”:

Model Water Quality? NO (No check en el box). Este tributario no será modelado por WEAP.

Temperature 20°C

BOD concentration 6 mg/l

DO Concentration 7 mg/l

TSS concentration 50 mg/l

Salt concentration 3 mg/l

Luego **Ctrl+S** para guardar los cambios

Note, que las concentraciones que usted ingreso para el tributario representan las de salida (outflow), justo en la conexión con el río principal.

4. Ingresando las Características Geométricas del Rio

Las características geométricas del río son necesarias en la modelación de la calidad de las aguas. La geometría y la longitud permitirá estimar la velocidad y por consiguiente el tiempo de residencia de un contaminante en el agua a lo largo del río.

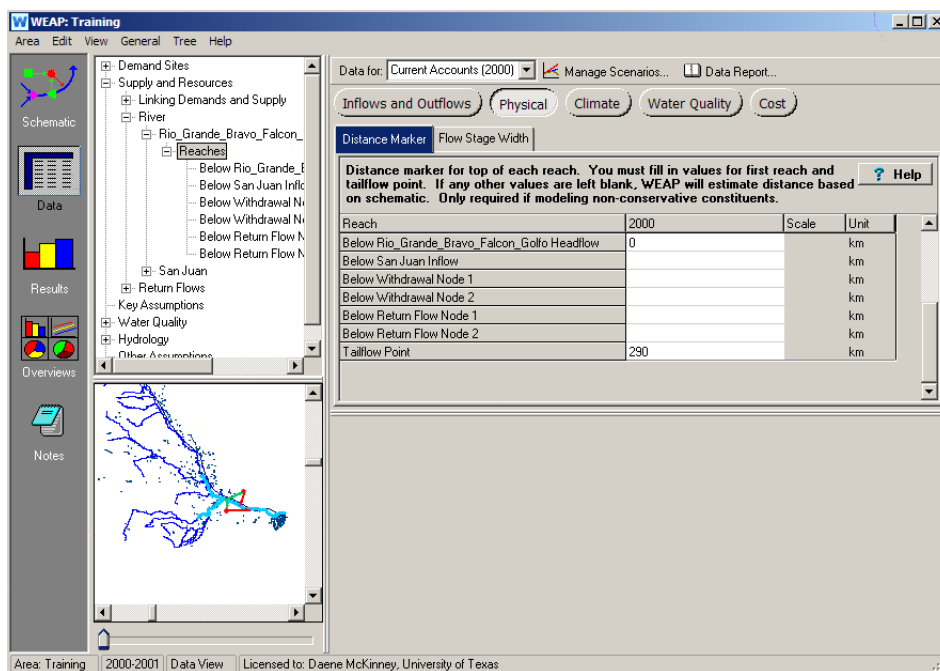
En la “Data” vista, seleccionar:

“Supply and Resources\river\Rio_Grande_Bravo_Falcon_Golfo\Reaches” correspondiente al río principal. Ingrese los siguientes datos bajo el “Water Quality” tabs.

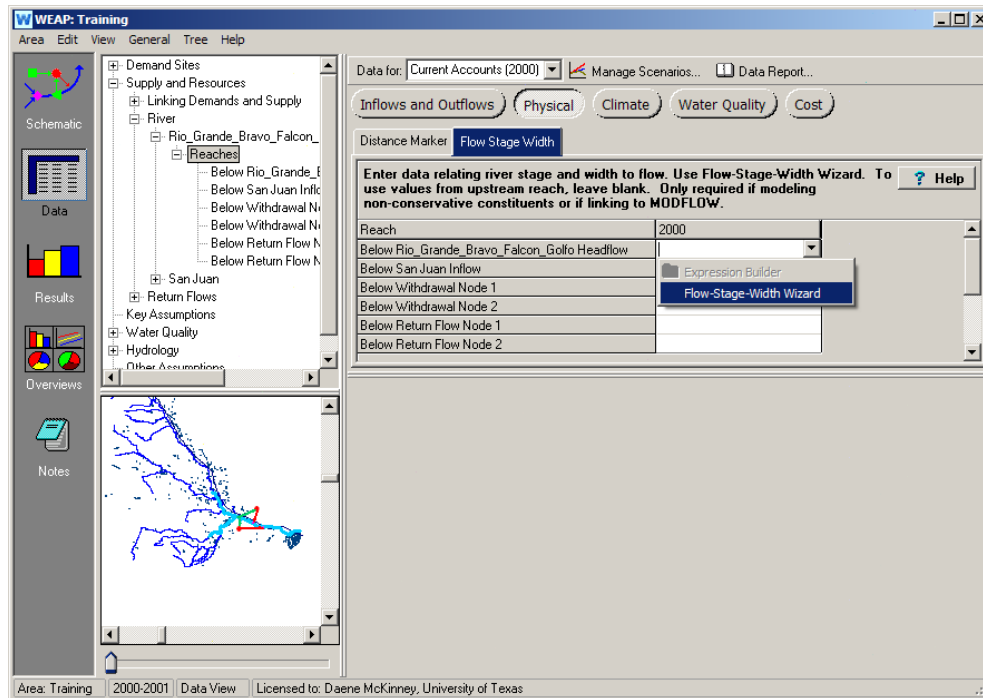
Headflow Distance Marker 0 km

Tailflow Distance Marker 290 km

Es necesario mencionar que la longitud de los tramos intermedios será estimada por WEAP basado sobre el esquemático.



Luego, clic en En “Flow Stage Width” y seleccione el tramo de río “Below Rio_Grande_Bravo_Falcon_Golfo Headflow”. Clic dentro del espacio en blanco debajo de 2000; luego clic en “Flow – Stage – Width Wizard” como aparece abajo:

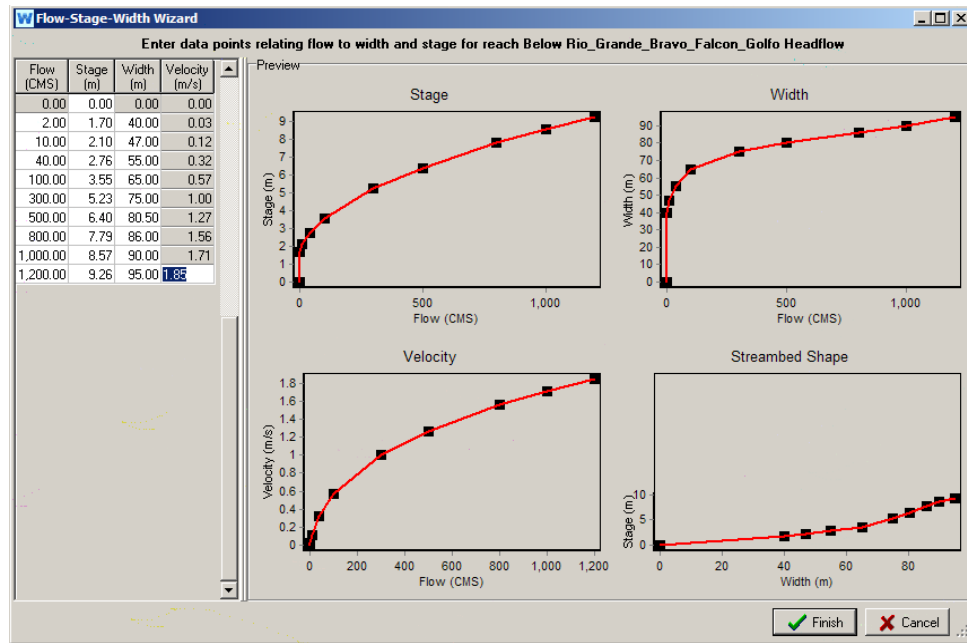


Luego ingrese la siguiente información:

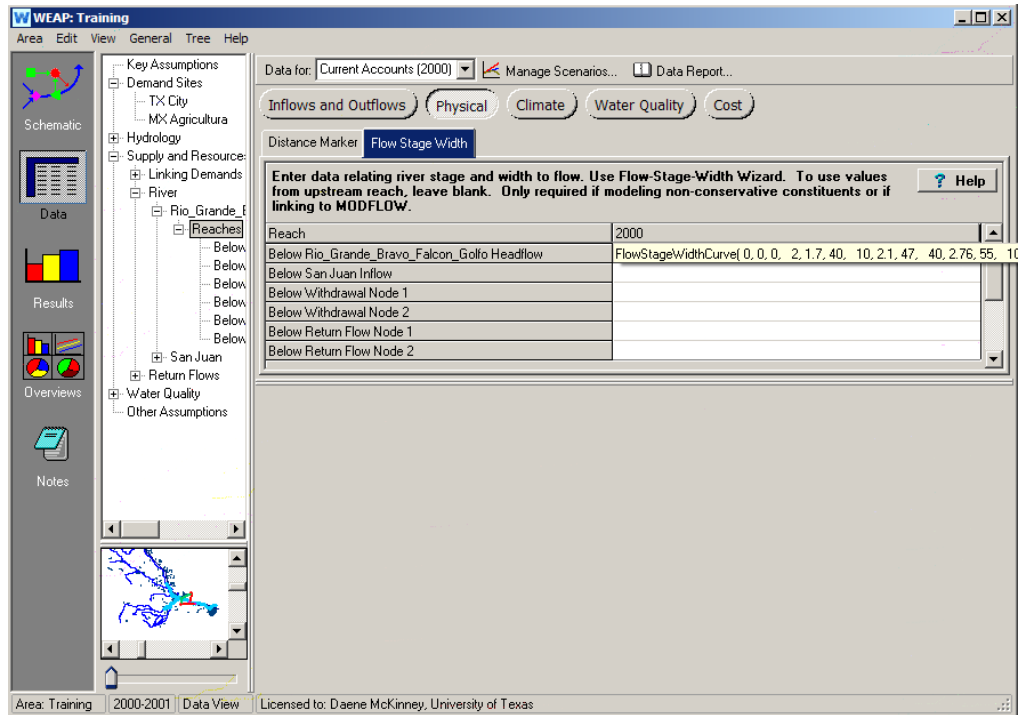
Flow	Stage	Width
0.0	0.00	0.00
2	1.70	40.00
10	2.10	47.00
40	2.76	55.00
100	3.55	65.00
300	5.23	75.00
500	6.40	80.50
800	7.79	86.00
1000	8.57	90.00
1200	9.26	95.00

Su formula final será:

FlowStageWidthCurve(0,0,0 2,1.70,40, 10,2.10,47, 40,2.76,55, 100,3.55,65, 300,5.23, 75, 500,6.40,80.5, 800,7.79,86, 1000,8.57,90, 1200,9.26,95)



Clic en “Finish”, y usted verá la siguiente pantalla:
Ctrl+S para guardar los cambios



5. Ingresando Datos de Clima

Datos de clima son necesitados para calcular la temperatura del agua. Seleccione en “Data” vista:

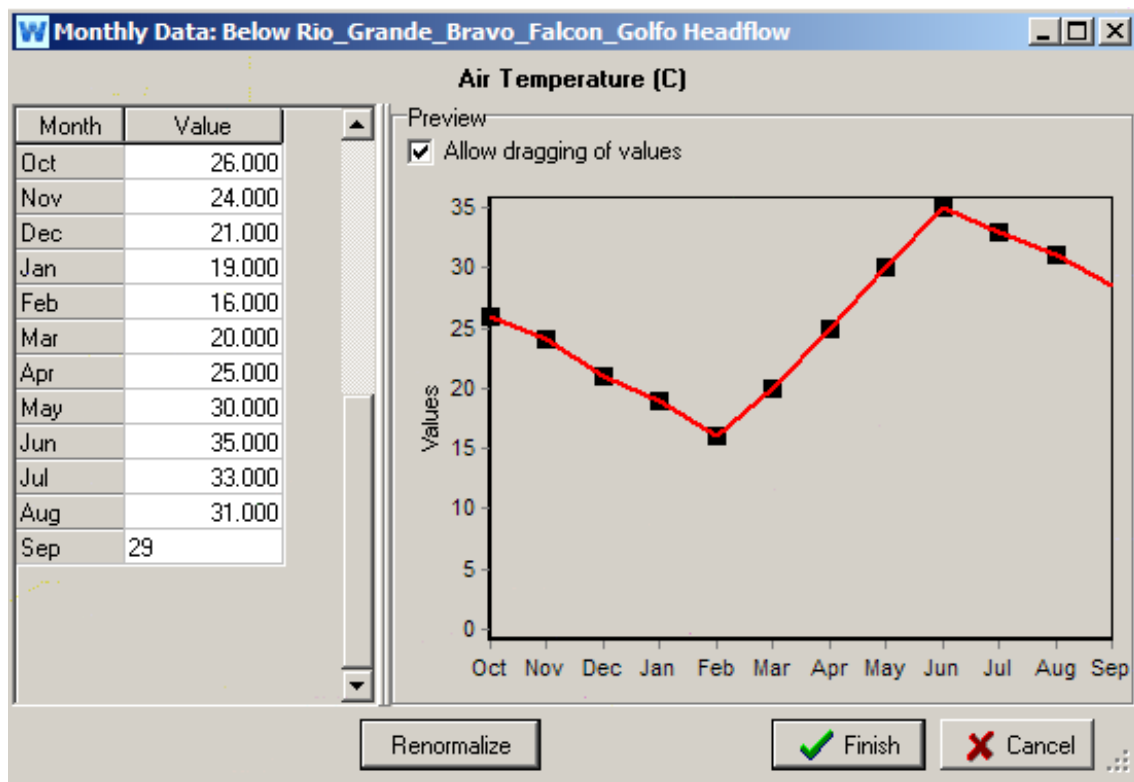
Supply and Resources\river\Rio_Grande_Bravo_Falcon_Golfo\Reaches”

Clic sobre “Climate” y seleccione el tramo de rio:

Below Rio_Grande_Bravo_Falcon_Golfo Headflow

Use el “**Monthly Time – Series Wizard**” para ingresar la siguiente información de Temperatura del aire (°C):

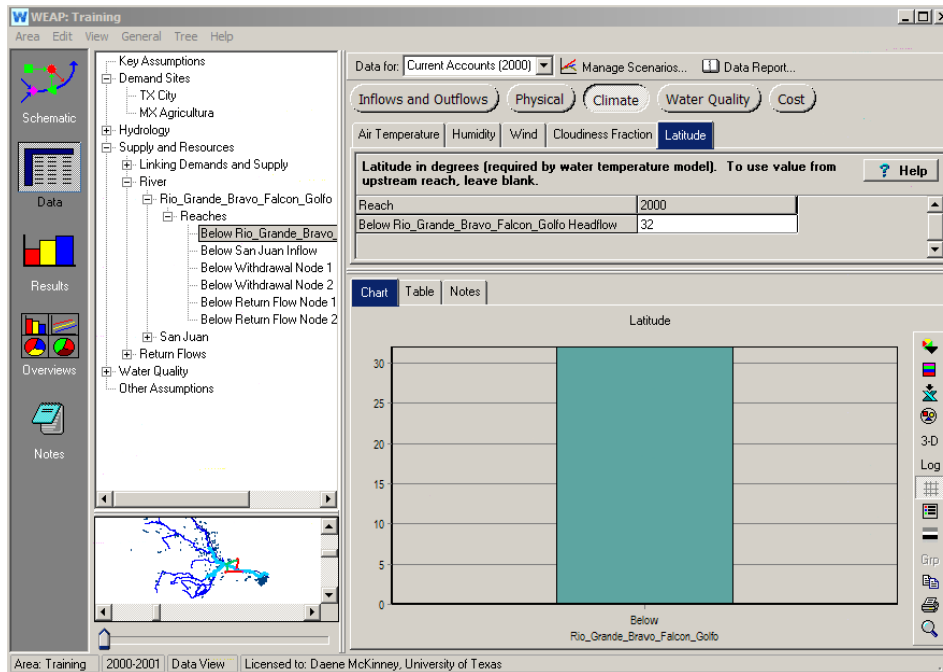
Month	Value (degree celsius)
Oct	26
Nov	24
Dec	21
Jan	19
Feb	16
Mar	20
Apr	25
May	30
Jun	35
Jul	33
Aug	31
Sep	29



Asimismo, ingrese los siguientes datos:

Humidity **60 %**
Wind **2 m/s**
Latitude **32°**

Ingresa estos valores solo para el primer tramo y deje en blanco los otros si usted quiere aplicar los mismos valores.



Usando Restricciones en la Calidad del Agua (Caudales de Ingreso) para los Sitios o Puntos de Demanda

6. Introduzca Restricción de Datos (Máximos Permisibles)

Criterios de calidad son algunas veces exigidos en el abastecimiento de agua en los puntos de demanda. Para este fin, es necesario crear un nuevo escenario que dependa del escenario de referencia.

Vaya **“Manage Scenarios”**, y use **“Add”** para crear un nuevo escenario basado del escenario de **“Reference”** y nombre este con **“TX City Water Quality Inflow Constraints”**.

Este seguro que usted está en el nuevo escenario creado.

En la data vista, seleccione la **“TX City”** de la siguiente manera:

Data\Demand Sites\TX City

Clic sobre el boton **“Water Quality”**. Bajo **“BOD Inflow”**, ingrese la siguiente máxima concentración permitida de Demanda Bioquímica de Oxígeno (BOD en Ingles).

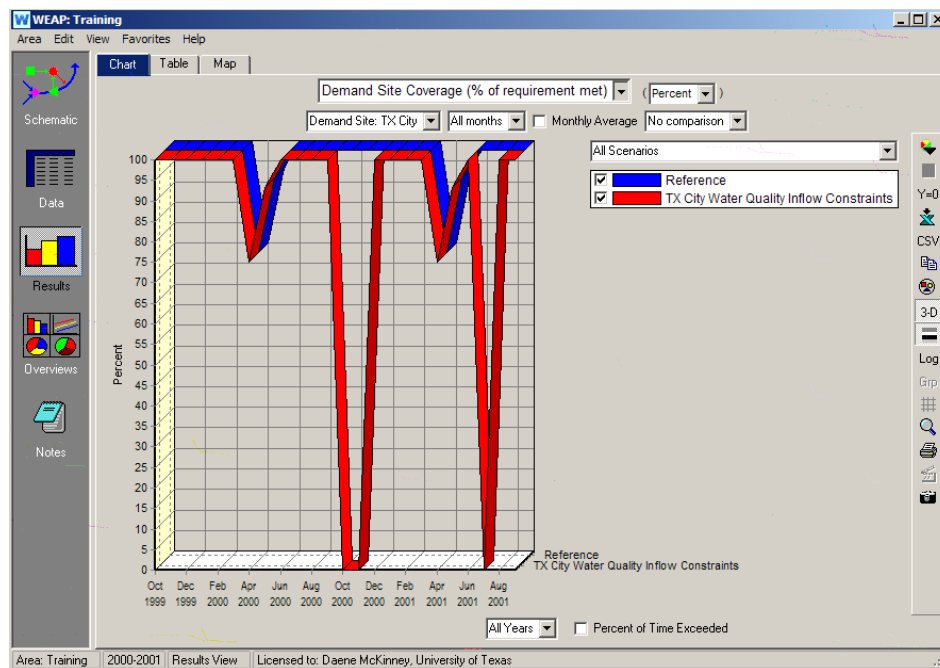
BOD Inflow **2 mg/L**

Correr el modelo y analizar los resultados

7. Compare los Resultados

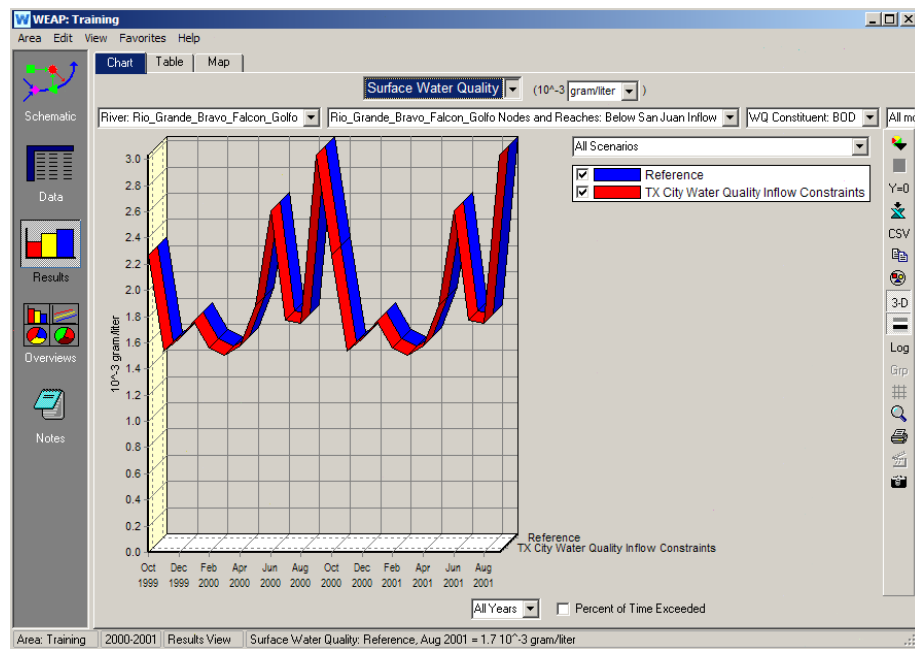
Recuerde que usted ingreso 4 mg/l como concentración de BOD para el caudal de entrada del rio Principal y 6 ml/l para los caudales de salida del tributario San Juan (bajo el Current Accounts). Vaya a “Results” clic y corra el modelo. Usted puede comparar sus resultados para los outputs de la “TX City Site Coverage”, con y sin esta restricción del caudal de entrada para la TX City.

En la figura abajo se presenta una comparación para el año 2000 y 2001, con los escenarios “Reference” y “TX City Water quality Inflow Constraints”:

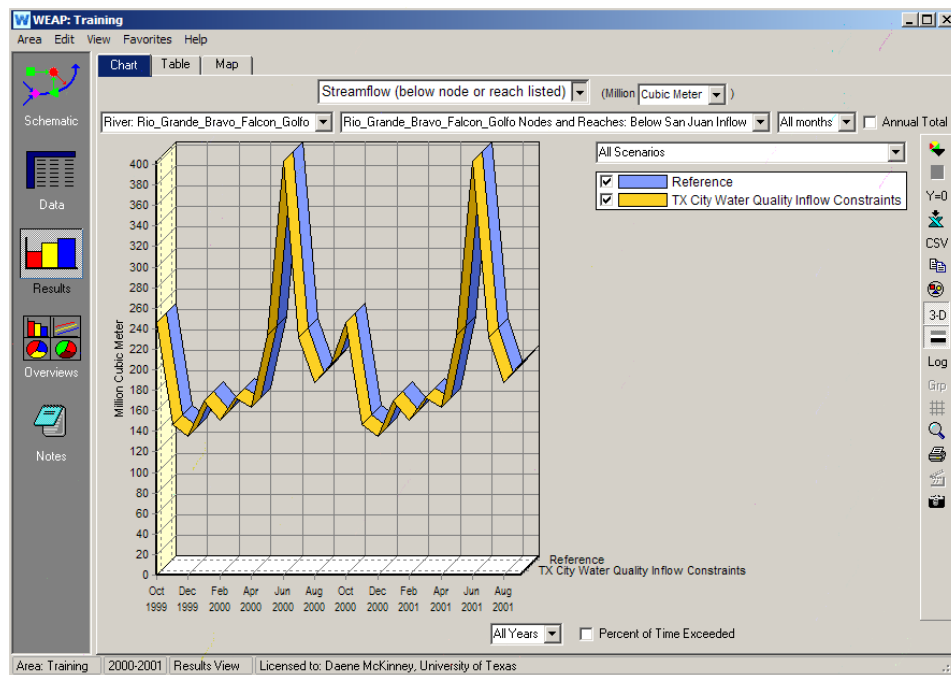


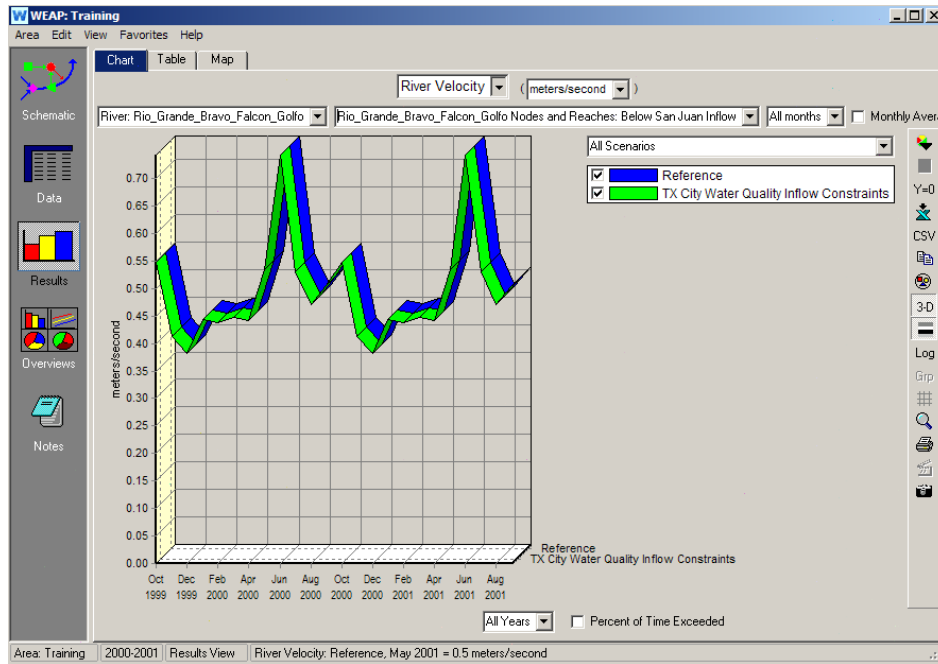
Note en la figura arriba, que la cobertura de la demanda cae a cero en los meses de Octubre y Julio respectivamente. *Porque este comportamiento?*

Ahora, en resultados clic en “Water Quality” y Surface Water Quality”. Luego seleccione el tramo de rio localizado en *Below San Juan Inflow 1* y escoja BOD; tal como aparece en la figura abajo. Observe que la concentración de BOD incrementa sobre el máximo permisible de 2 mg/l para la entrada a la TX City durante los meses de Octubre y Julio del 2000 y 2001 respectivamente. Como la restricción es activada durante el periodo de Octubre 2000 hasta Septiembre 2001, la cobertura de la demanda decrece durante octubre del 2000 y Julio del 2001 debido a que esta demanda no aceptaría agua que caiga bajo la restricción de BOD; entendiendo que solamente las aguas del rio principal han sido diseñadas para abastecer a la TX City.



El comportamiento temporal simulado de las concentraciones de BOD a lo largo del tramo de río es una función de la degradación, la amplitud del cual es controlado por el tiempo de residencia del agua en el tramo indicado. Cuanto más largo es el tiempo de residencia, mas degradación ocurre. Por lo tanto, el comportamiento de BOD depende de la velocidad del tramo y del caudal en ese tramo. En figuras abajo se presenta la variación del caudal y velocidad en el tramo de río aguas abajo del río San Juan:





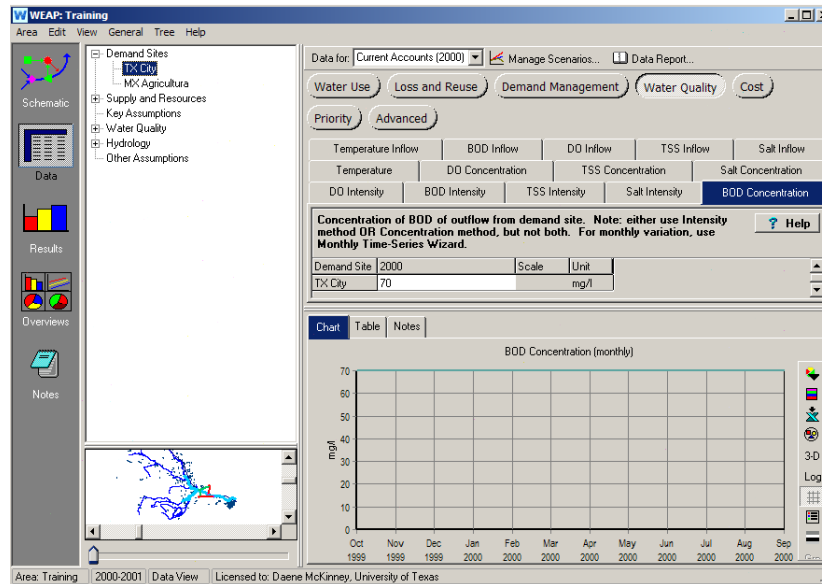
Introducción de Datos en la Actividad Generadora de Contaminación en los Sitios de Demanda

8. Ingresado Datos a la actividad generadora de contaminación

Nosotros asumimos que conocemos la concentración de los contaminantes en los caudales de retorno para la TX City. Ahora, vaya a la vista **“Data”**. Seleccione *Demand Sites\TX City*. Este seguro que usted está en *“Current Account”*. Seleccione *“Water Quality”* e ingrese los siguientes datos de calidad del agua:

Temperature 18 °C
BOD Concentration 70 mg/l
DO Concentration 5 mg/l
TSS Concentration 10 mg/l
Salt Concentration 7 mg/l

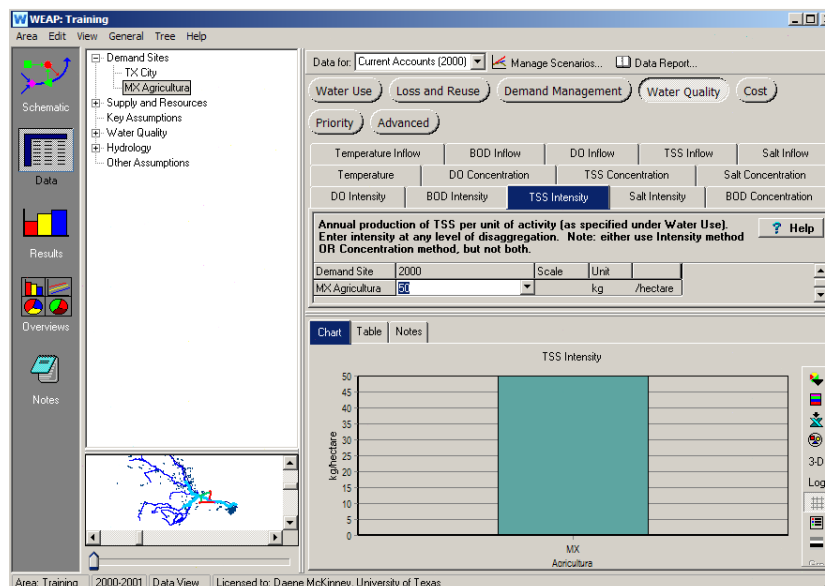
Ctrl +S para guardar los cambios.



Para el caso de la demanda agrícola, nosotros asumimos que no sabemos las concentraciones de los contaminantes. Sin embargo, conocemos la intensidad de generación del contaminante.

Vaya a la data vista y seleccione *Demand\MX Agricultura*
Luego seleccione “*Water Quality*” e ingrese los siguientes datos:

BOD intensity 40 kg/ha
DO Intensity 30 kg/ha
TSS Intensity 50 kg/ha
Salt Intensity 6 kg/ha
Temperature 20°C

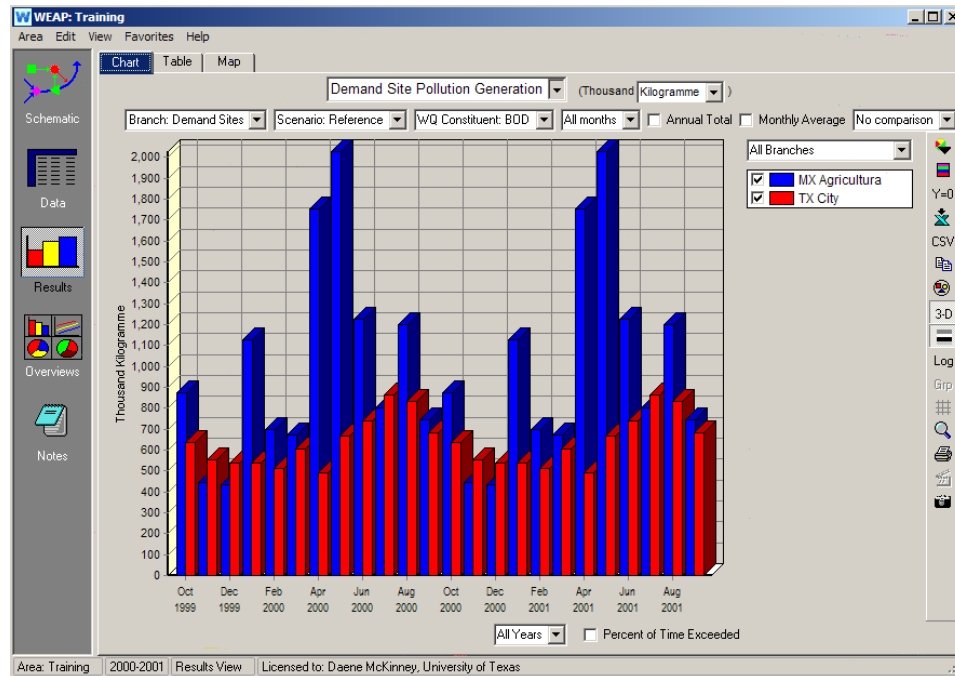


9. Observe los resultados

Corra el modelo y observe los resultados para varios componentes de calidad del agua. Seleccione “*Pollution Generation*” de la variable principal del menú desplegable.

Demand Site Pollution Generation

Surface Water Quality



Modelando una Planta de Tratamiento de Agua Residual

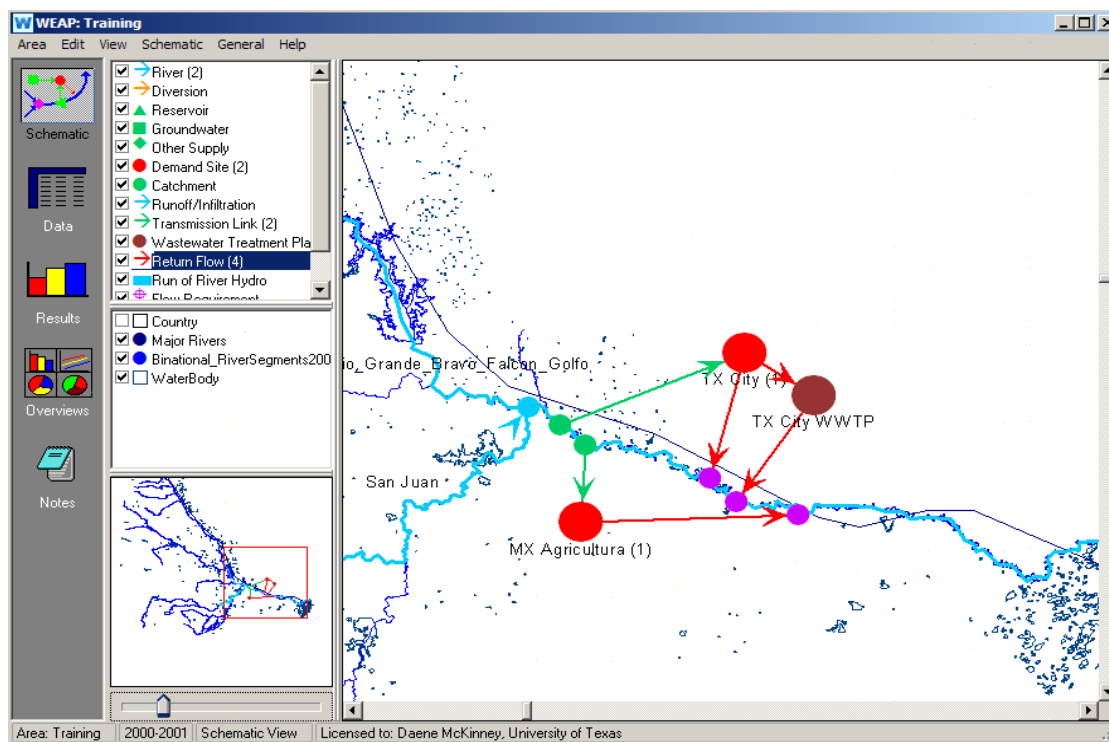
10. Crear una Planta de Tratamiento de Agua Residual

Para crear una planta de tratamiento, ir a “Schematic” y seleccione “Wastewater Treatment Plants” arrastre el curso presionando la parte izquierda del mouse.

Luego localice la planta de tratamiento cerca a la demanda urbana TX City, nombre esta como “TX City WWTP”, haciéndola inactiva en Current Account”, crear un flujo de retorno link desde TX City para la planta de tratamiento.

Mantener el actual flujo de retorno link de la TX City para el Rio principal. Asimismo crear un flujo de retorno link desde la planta de tratamiento hasta el Rio_Bravo_Grande_Falcon_Golfo.

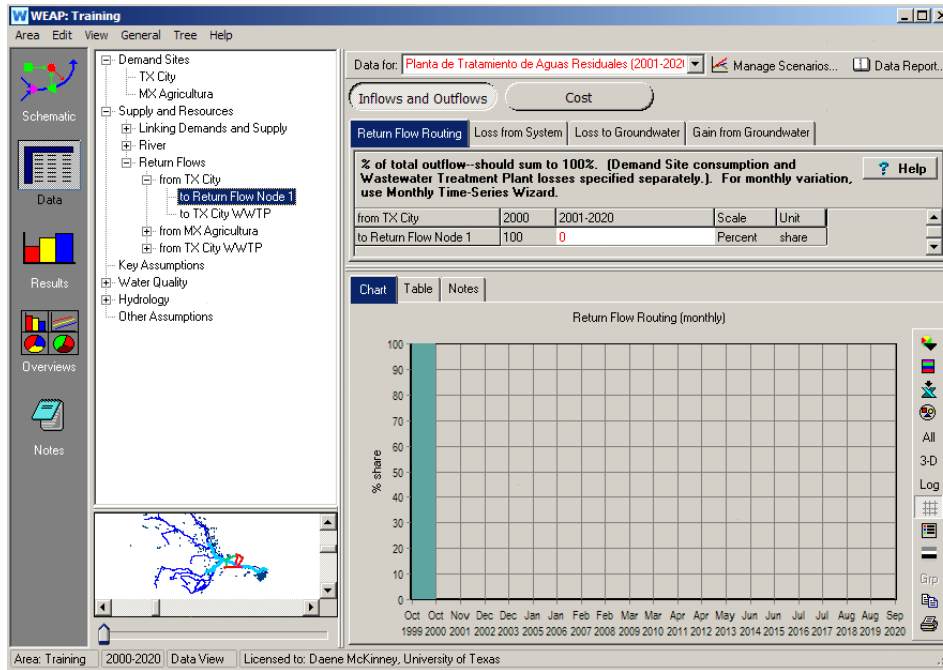
Su modelo debe ser similar a la figura que aparece a continuación:



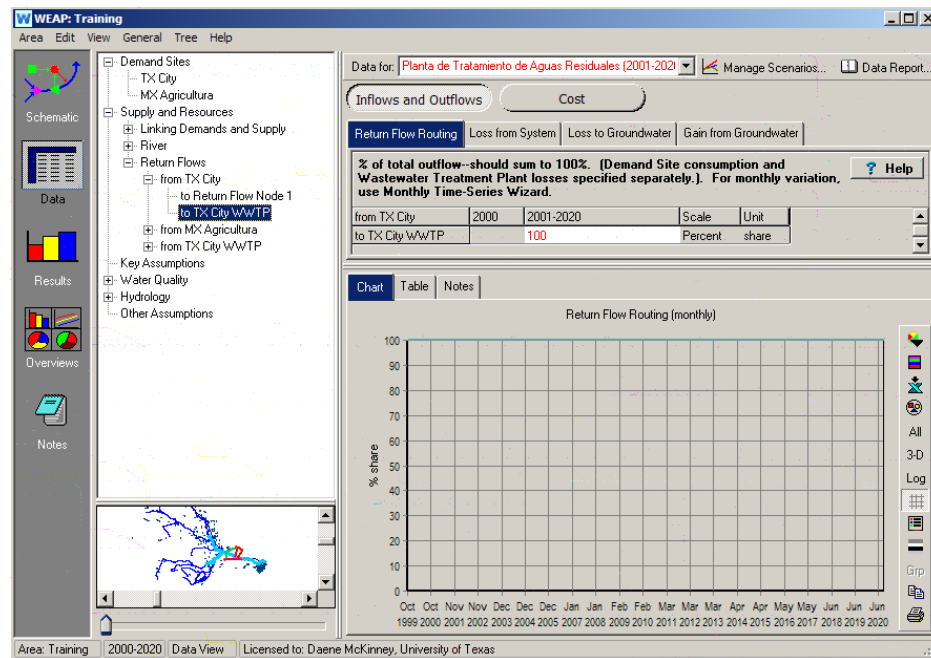
Crear un nuevo escenario llamado “*Planta de Tratamiento de Aguas Residuales*”. Este escenario es basado en el escenario de referencia.

Una vez creada la planta de tratamiento y el respectivo escenario, usted tiene que agrupar las variables del “*Return flow Routing*” para ambos links:

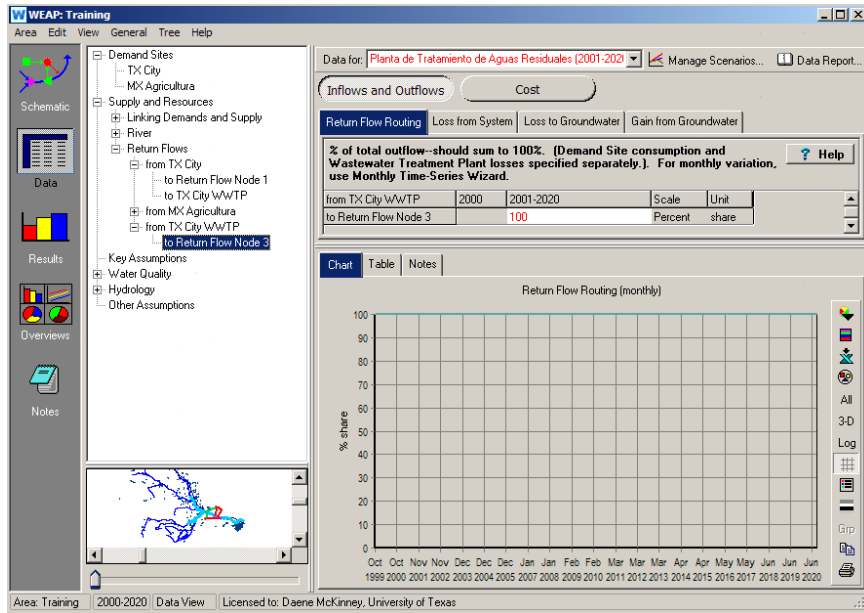
Para el flujo de retorno desde la TX City hacia el rio Principal, agrupe el *Routing* a 100% en el año *Current Accounts* y 0 % para los años 2001 -2020 en el escenario “*Planta de Tratamiento de Aguas Residuales*”; tal como aparece abajo:



Para el caudal de retorno desde la *TX City* hacia la “*TX City WWTP*”, usted debe agrupar el Return flow a 100 % para los años 2001-2020 en el mismo escenario. Tal como aparece abajo:



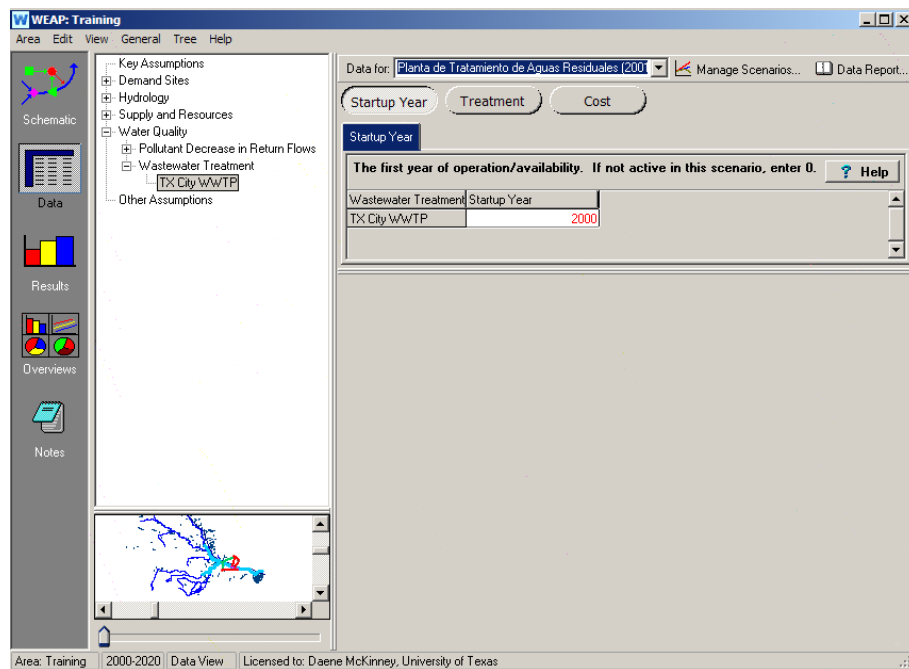
Asimismo, agrupe el “Routing” a 100 % para el caudal de retorno desde la *TX City WWTP* hacia el *Rio_Bravo_Grande_Falcon_Golfo*.



11. Ingresando Datos a la WWTP

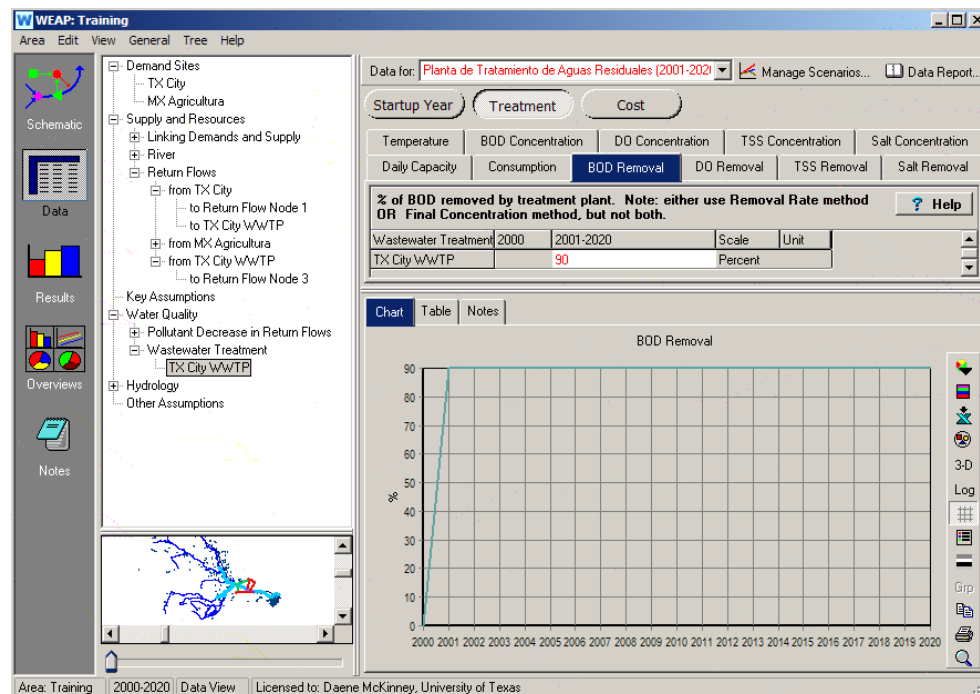
Vaya a la *Data Vista*, seleccione lo siguiente:
Water Quality\Wastewater Treatment\TX City WWTP

Star Year *2000*



Asimismo, ingrese los siguientes datos en la ventana “*Treatment*” para el escenario “*Planta de Tratamiento de Aguas Residuales*”

Consumption 5%
Daily Capacity 1 M m3
BOD Removal 90%
DO Concentration 6mg/l
TSS Removal 85%
Salt Removal 30%
Temperature 18°C



12. Evaluar Resultados

Ejecute el modelo y observe los siguientes resultados de DBO en el escenario creado, comparándolas con el escenario de referencia (sin una planta de tratamiento de aguas residuales).

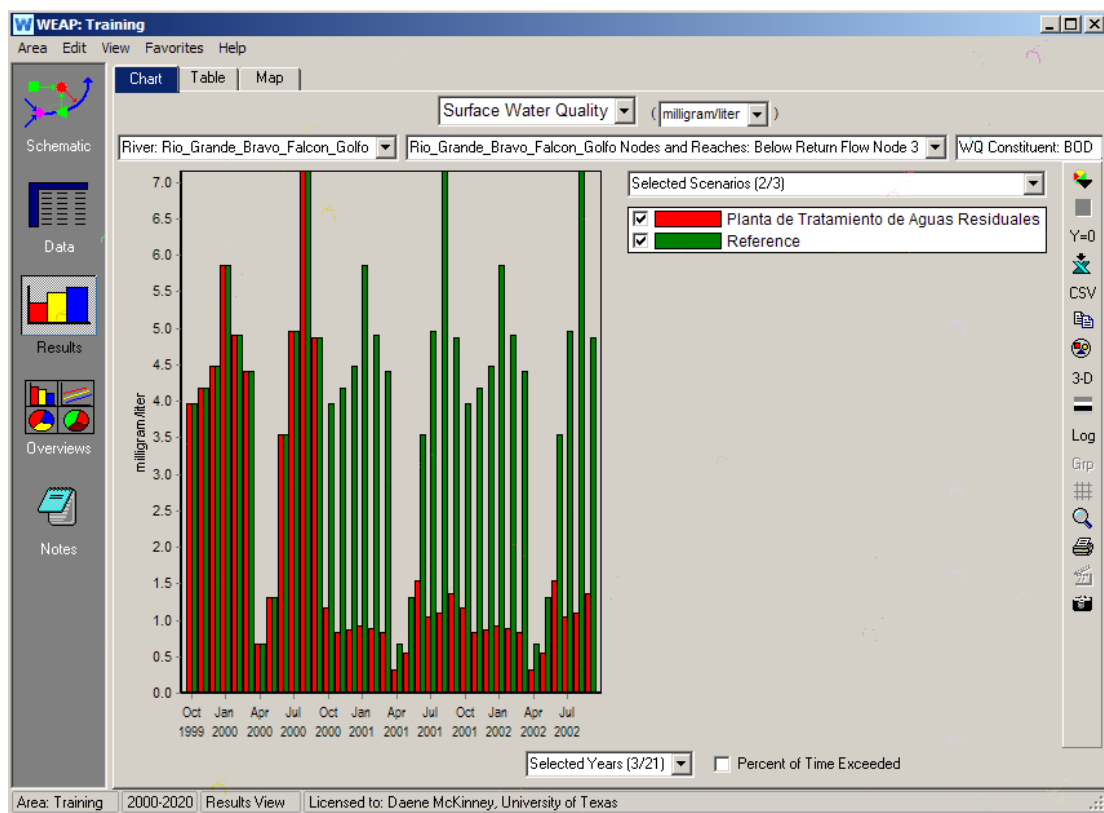
-Calidad de las aguas superficiales (BOD aguas debajo de la TX City outflow dentro del rio principal).

Para ver estos resultados, en primer lugar seleccionar “Surface Water Quality” ("calidad de las aguas superficiales") en " **Water Quality**" (“Calidad del agua”) en la variable principal del menú desplegable. Luego, seleccione "Selected Scenarios" en el menú desplegable encima

de la leyenda del gráfico y seleccione el "Reference" y "Planta de Tratamiento de aguas Residuales" como escenarios.

Usando el menú desplegable en la parte inferior del grafico, seleccione los años 2000-2002. Luego, seleccione "Below Return Flow Node 3" (este el flujo de retorno de la supuesta planta de tratamiento, usted vería la calidad del agua en el rio principal justo aguas abajo de la salida (Outflow) de la planta de tratamiento) como el principal tramo de rio para ver. Seleccione DBO (BOD in English) como el constituyente de calidad del agua del menú desplegable directamente por encima del Grafico y desmarque el *Monthly Average*".

Su pantalla debe ser observada como sigue:



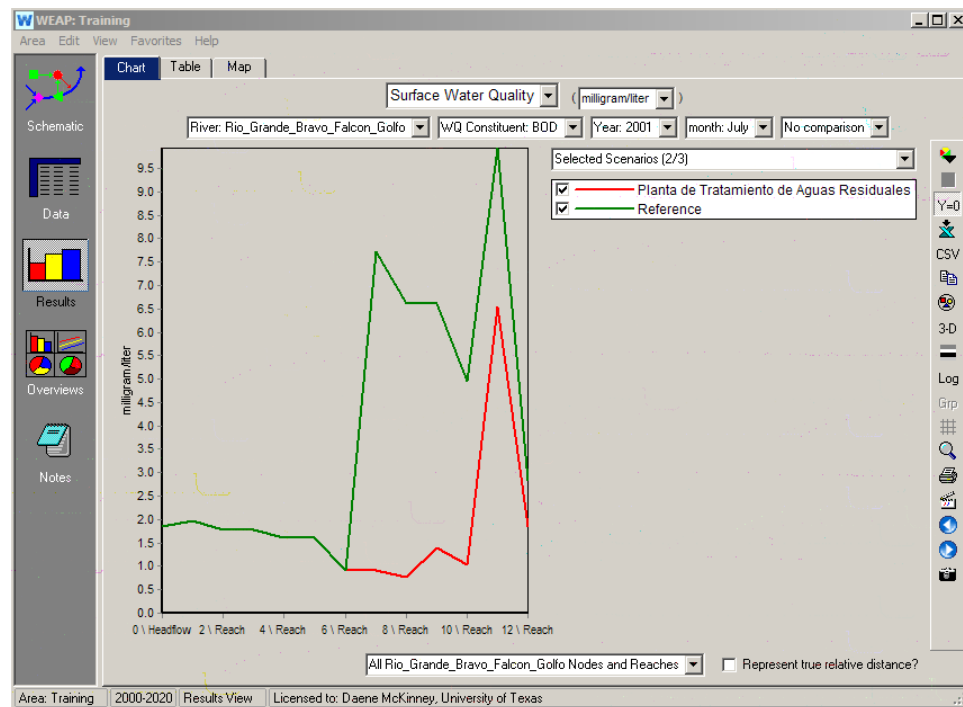
Como usted puede notar en la figura anterior, el DBO comienza a tener una significativa disminución a partir del año 2000 en comparación con el año 1999 debido a que en el año 2000 comenzó la operación de la planta de tratamiento. En este grafico se observa claramente la influencia de operación de la WWTP, disminuyendo las concentraciones de DBO dentro del rio principal.

-WEAP también puede mostrar resultados de calidad del agua, de aguas arriba a aguas abajo (Upstream to Downstream)

En la parte inferior del menú, seleccione el tramo de río por donde descarga la planta de tratamiento, seleccione “Represent true relative distance”. Esto mostraría los nodos a lo largo del eje X, con el espaciamiento proporcional a su distancia aguas abajo (distancias se muestra en paréntesis).

Seleccione Julio del 2000, para el tipo de grafico, escoger “Line”.

La figura muestra que los niveles de DBO incrementan tanto como el DBO de los flujos de retorno entran al río, y declina tanto como el DBO decae cuando este se mueve aguas abajo. Claramente se observa, el efecto de la planta de tratamiento de aguas residuales. Su gráfico debe lucir como el presentado abajo:



-Planta de Tratamiento de Aguas Residuales: Entradas y Salidas.

Para ver estos resultados, seleccione la opción " Wastewater Treatment Plant Inflows and Outflows", en "Water Quality" de la variable principal del menú despegable.

Asimismo, seleccione el escenario "TX City WWTP" en la parte superior izquierda del menú. Los resultados deben lucir como la figura abajo:

En esta figura, los Outflows (salidas) son representados con valores negativos y los Inflows(entradas) con valores positivos. Por otro lado, note que las "Lost in Treatment" (perdidas en plantas de tratamiento) representa el flujo que es consumido (consumption rate of 5%) y que fue ingresado como dato para la planta de tratamiento simulada.

