

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA  
COORDINACIÓN HIDROLOGÍA

SOPORTE TÉCNICO Y CIENTÍFICO PARA LA  
FORMULACIÓN DEL PROGRAMA  
NACIONAL HÍDRICO  
(PRIMERA ETAPA)

TH1710.1

SUBCOORDINACIÓN DE PLANEACIÓN

INFORME FINAL

MARZO-DICIEMBRE DE 2017



## CONTENIDO

I. Introducción.....	1
II. Revisión del modelo del Análisis Técnico Prospectivo.....	2
Descripción del Modelo Técnico Prospectivo (ATP).....	2
1. Eje Cuencas en Equilibrio.....	3
2. Eje Cobertura Universal.....	6
3. Eje Ríos limpios.....	7
4. Eje Asentamientos seguros frente a inundaciones catastróficas.....	9
Fortalezcas y Debilidades del eje de Cuencas en equilibrio.....	12
III. Determinación de la Oferta Sustentable, Actual.....	15
Oferta de agua Superficial.....	15
Recopilación de información, Proceso y análisis de información.....	16
Cálculo del volumen de oferta de agua superficial.....	16
Oferta Subterránea.....	17
Recopilación de información, Proceso y análisis de información.....	17
Cálculo del volumen de oferta de agua subterránea.....	20
IV. Cálculo de la Demanda, actual y prospectiva.....	22
Demanda del sector Industrial.....	22
Recopilación de información, Proceso y análisis de información.....	22
Cálculo de la demanda de agua.....	25
Proyección de la demanda de agua.....	26
Demanda del Sector Agrícola de Distrito de Riego.....	28
Recopilación de información, Proceso y análisis de información.....	28
Cálculo de la demanda de agua.....	30

Proyección de la demanda de agua del sector Agrícola DR.....	31
Demanda del Sector Agrícola de Unidades de Riego .....	34
Recopilación de información, Proceso y análisis de información .....	34
Cálculo de la demanda de agua del sector HidroAgrícola UR.....	37
Proyección de la demanda de agua del sector Agrícola UR.....	39
Demanda del Sector Pecuario .....	42
Recopilación de información, Proceso y análisis de información .....	42
Cálculo de la demanda de agua.....	45
Proyección de la demanda de agua.....	46
Resumen del cálculo de la demanda de agua.....	49
V. Calculo de la brecha hídrica .....	52
VI. Modelo de Soporte Técnico y Científico .....	53
Análisis de requerimientos del sistema.....	54
Diseño del sistema.....	57
Diseño de la base de datos.....	57
Diseño de la interfaz de usuario.....	58
Implementación del sistema.....	64
Software utilizado.....	64
Implementación de la base de datos.....	65
Implementación de los módulos del sistema.....	69
Resultados .....	73
VII. Conclusiones.....	76

## I. INTRODUCCIÓN

La época de la política hídrica en México de incrementar la oferta de agua para todos los usos, a través de la construcción de grandes obras, proporcionó una respuesta eficaz a los requerimientos hídricos del país, lamentablemente esta política actualmente es muy poco eficaz dado a los cambios en el comportamiento del clima que han provocado una disminución en la precipitación, lo que ha provocado disminución en la disponibilidad de agua superficial y aunado a los problemas provocados por los asentamientos humanos de manera desordenada, que ha propiciado un equilibrio ambiental y la contaminación de fuentes de aguas superficiales y subterráneas.

Por lo que es necesario adoptar una nueva política para cubrir con las demandas de agua actuales y a futuro de todos los sectores, buscando la sustentabilidad la sustentabilidad como su enfoque central y la optimización de la infraestructura existente, así como de brindar calidad y cantidad adecuada en los servicios a la población.

Con el enfoque de este nuevo enfoque, en el 2010 la Comisión Nacional del Agua (Conagua) propuso la herramienta Modelo de Análisis Técnico Prospectivo (ATP) que permite evaluar la situación actual del país y con prospectiva al año 2030, así como identificar bajo una perspectiva de visión a gran escala y largo plazo las acciones que encaminen a cumplir con la Agenda del Agua 2030 (AA2030), cuya política hídrica regía en ese momento.

El ATP es un modelo conformado por cuatro módulos correspondiente a los cuatro ejes que marca la AA2030, en donde cada módulo calcula la brecha correspondiente a la unidad de análisis de cada eje: Cuencas en equilibrio calcula la brecha hídrica, Cobertura Universal calcula la brecha de cobertura de Agua Potable y alcantarillado, Ríos limpios calcula la brecha tratamiento de agua residual y Asentamientos seguros frente a inundaciones catastróficas calcula la brecha entre las inversiones de mitigación y los pagos por daños ante inundaciones.

El módulo de Cuencas en equilibrio permite determinar la oferta sustentable (oferta por capacidad instalada) y la demanda de todos los sectores, actual y prospectiva para evaluar el comportamiento de la brecha hídrica, en el cual se definieron medidas donde se optimizan para cerrar la brecha.

Aunque el enfoque del modelo es muy acertado como una herramienta para buscar una solución a los problemas hídricos, el módulo de Cuencas en equilibrio presenta algunos detalles que no permiten que el modelo sea eficaz y óptimo para con su objetivo, por lo que en este trabajo se identifican las fortalezcas y debilidades del módulo, para construir nuevamente y se actualice la información necesaria y se adapte mejor a la problemática hídrica de nuestro país.

## II. REVISIÓN DEL MODELO DEL ANÁLISIS TÉCNICO PROSPECTIVO

### DESCRIPCIÓN DEL MODELO TÉCNICO PROSPECTIVO (ATP)

El Modelo Técnico Prospectivo (ATP) es una propuesta que proporciona la capacidad de realizar un análisis de los problemas del agua y permite establecer soluciones, el cual la Comisión Nacional del Agua (Conagua) en el año 2010, lo utilizó como base de análisis para la elaboración de los Programas Hídricos Regionales y los Programas de Acciones y Proyectos para la Sustentabilidad Hídrica de los estados, ambos con visión al año 2030, a tendiendo la política hídrica denominada *Agenda del Agua 2030 (AA2030)*, la cual estaba vigente en ese momento y buscaba ser un elemento útil para consolidar de manera definitiva el despliegue de una política de sustentabilidad en materia hídrica.

La AA2030 promueve una visión que recoge las prioridades que no pueden ser postergadas en el sector:

*Entregar a la siguiente generación un país con cuencas y acuíferos en equilibrio, ríos limpios, cobertura universal de agua potable y alcantarillado, y asentamientos seguros frente a inundaciones catastróficas.*

A su vez, postulaba una estrategia general de largo plazo, cuyos avances deberían ser revisados anualmente para su actualización, con la finalidad de dotar permanentemente al Sistema Nacional de Gestión del Agua (SNGA) de una adecuada orientación estratégica.

De esa visión se derivaban cuatro prioridades nacionales que se establecían como ejes rectores de la política hídrica regional de sustentabilidad en el mediano y largo plazos, y que consisten en contar con:

- Cuencas en Equilibrio
- Cobertura Universal
- Ríos limpios
- Asentamientos seguros ante inundaciones catastróficas

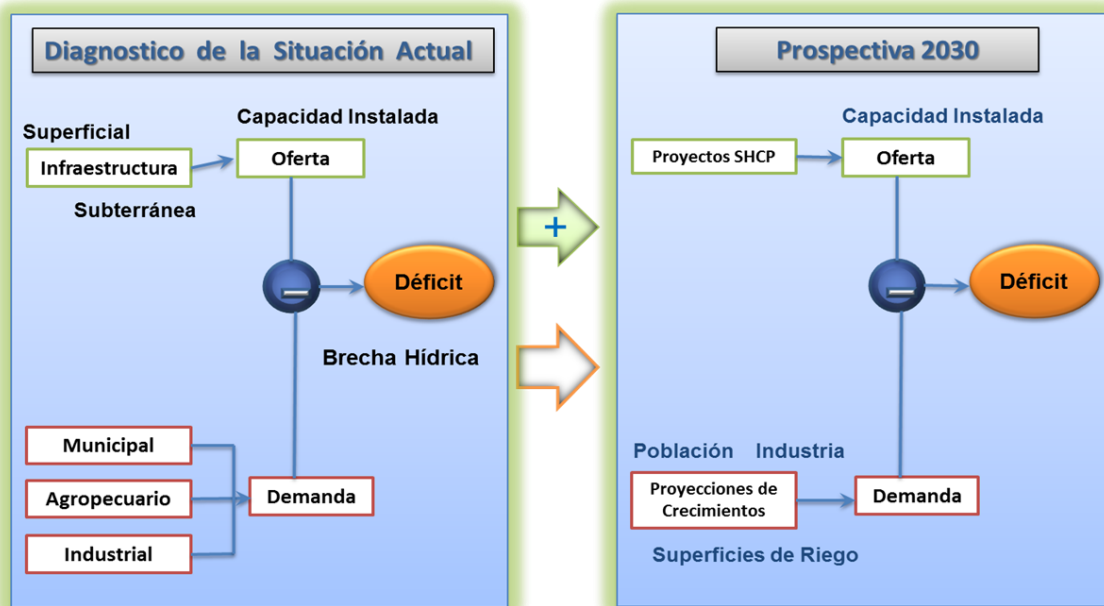
El ATP evalúa de manera aproximada el déficit de agua entre escenarios futuros de demanda y proyecciones de oferta accesible al sistema, considerando una amplia gama de fuentes de información de dependencias federales, estatales y organizaciones de usuarios del agua.

La evaluación con el ATP se realizó a nivel Células de planeación, las cuales son un conjunto de municipios completos y contiguos de un solo estado, cuya periferia se aproxima a los límites naturales de las subregiones hidrológicas, en el país se definieron 168 Células de Planeación.

A continuación, se describen cada uno de los ejes, aunque en este estudio como primera etapa, se enfocará a la mejora del Análisis Técnico Prospectivo del eje de Cuencas en equilibrio.

## 1. EJE CUENCAS EN EQUILIBRIO

El análisis para este eje rector, consiste primeramente en determinar el déficit del recurso hídrico, es decir, obtener el diagnóstico de la situación actual y prospectiva 2030 por cada célula de planeación. Este déficit (brecha hídrica actual y 2030) es el resultado de la diferencia entre la oferta por capacidad instalada y la demanda de los tres grandes sectores consumidores: agropecuario, municipal e industrial.



La oferta por capacidad instalada actual se obtiene a partir de fuentes con información de los volúmenes consumidos (principalmente REPDA) superficiales y subterráneos. La proyección al 2030 de la oferta por capacidad instalada considera estos volúmenes actuales, más los proyectos por realizarse de infraestructura hidráulica registrados en la SHCP.

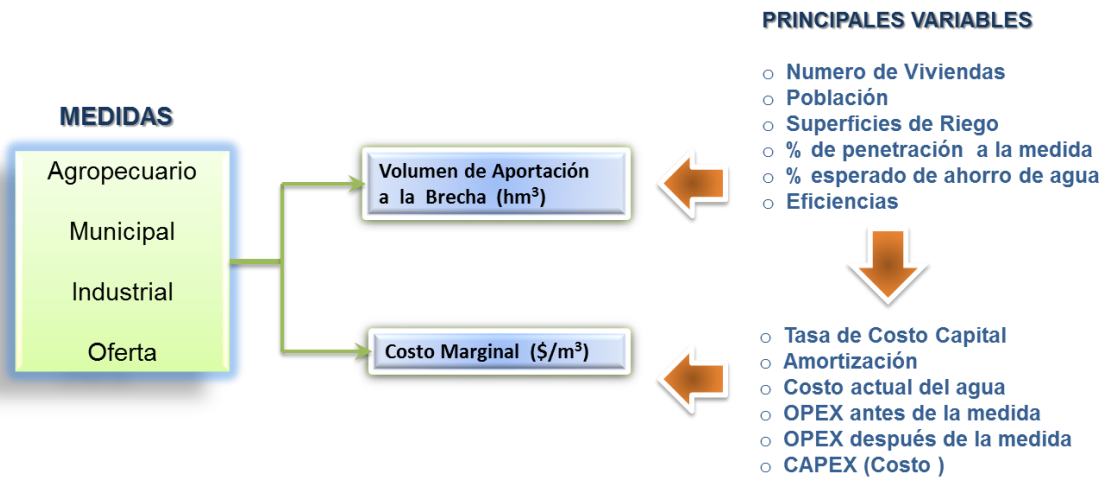
La demanda actual, para el sector municipal, es obtenida a partir datos como dotaciones, pérdidas en las redes de agua potable, tamaño de la población y distribución socioeconómica.

Para el industrial se abastece de autodeclaraciones industriales y tipo de industria.

Finalmente, para el agropecuario de las estadísticas hidroagrícolas de Unidades de riego (UR) y Distritos de riego (DR), así como de los volúmenes consumidos registrados en el REPDA del sector ganadero y pecuario.

Con base en proyecciones de crecimiento poblacional, crecimiento en superficies de riego e industria se calcula la demanda estimada al 2030.

Una vez determinadas las brechas hídricas, el ATP cuenta con un catálogo de acciones (medidas) que, con base en porcentajes de ahorro de agua, porcentajes de penetración de medidas, superficies, población, industrias, consumos, entre otras variables, se calcula el ahorro de agua potencial que podría aportar cada una de estas medidas. Además, se determina el costo de la medida por cada m<sup>3</sup> de agua ahorrado (costo marginal) en el periodo actual y proyectado al 2030 a valor presente.



Una vez determinado el costo marginal y volúmenes de aportación el Modelo asigna a cada medida un valor de nivel de priorización y genera una lista de medidas con estos tres valores.

No	Medida	Costo marginal (\$/m <sup>3</sup> )	Volumen (hm <sup>3</sup> )	Nivel de priorización
1	Medida 1	3	2	2
2	Medida 2	-0.8	5	1
3	Medida 3	2.3	30	1
4	Medida 4	-1	4	2

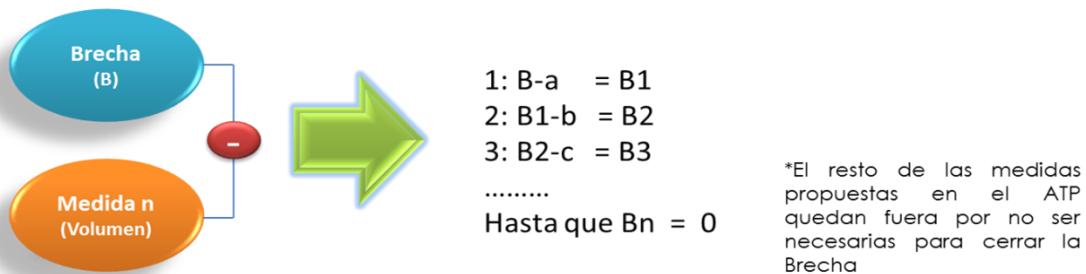


El Modelo toma la brecha hídrica, de cada periodo calculado y de cada célula de planeación, para reducirla aplicando inicialmente la medida con mayor nivel de priorización y menor costo marginal, de esta forma, con un proceso iterativo de aplicación de medidas se lograr reducir la brecha hídrica.

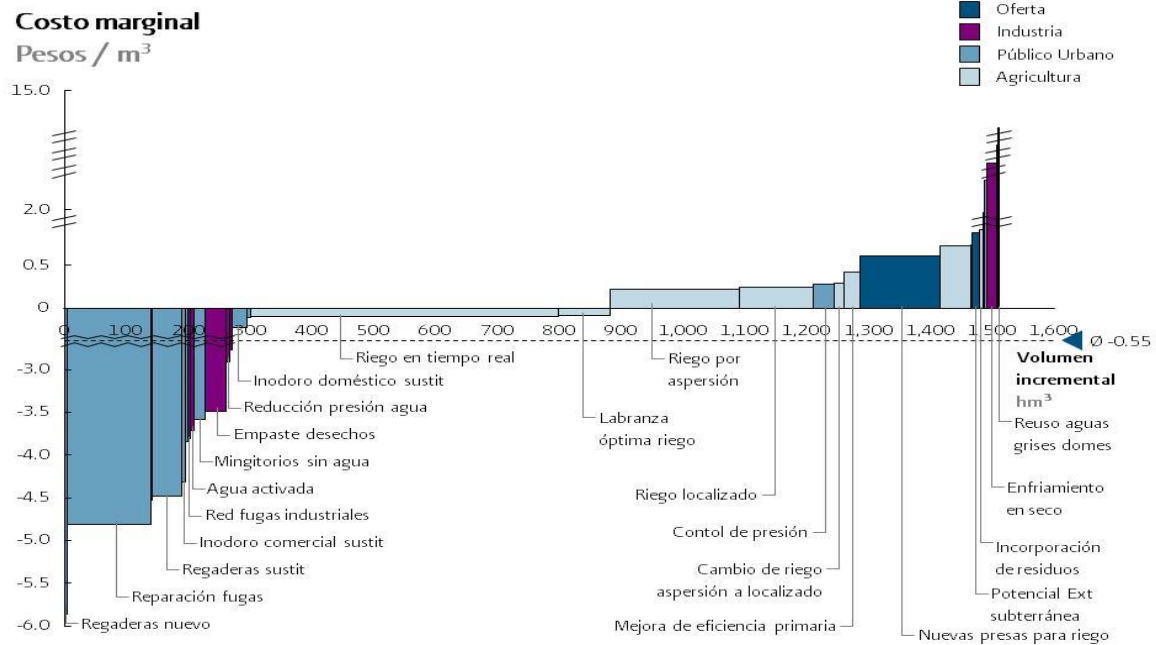
**Ordenada de Menor a Mayor por:**



No	Medida	Costo marginal (\$/m <sup>3</sup> )	Volumen (hm <sup>3</sup> )	Nivel de priorización
2	Medida 2	-0.8	5	1
3	...	2.3	30	1
4	Medida n	-1	4	2
1	Medida 1	3	2	2



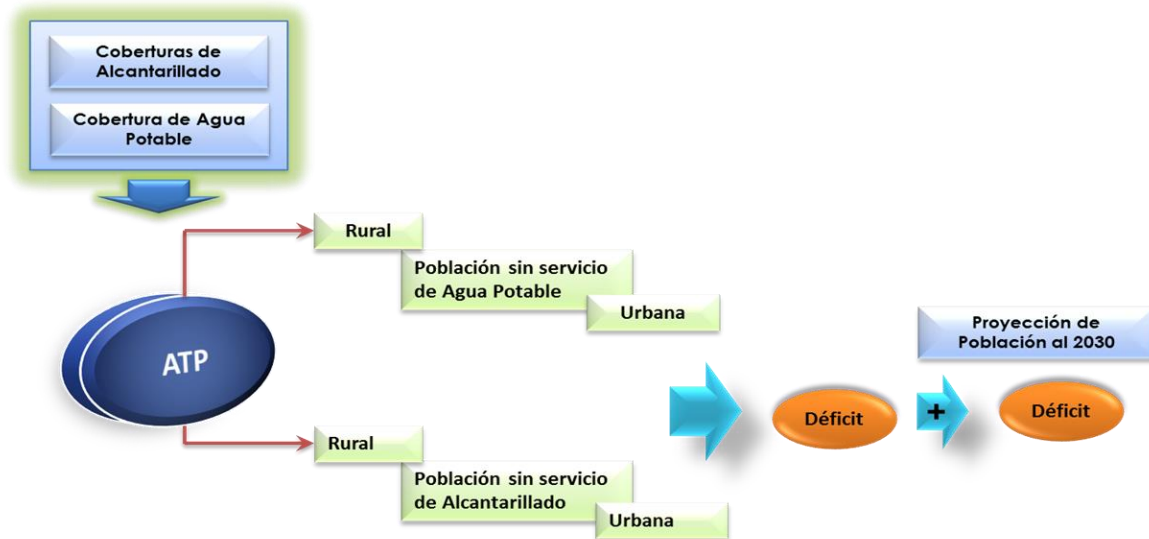
De esta forma se obtiene una curva de costos en donde se pueden visualizar las medidas ordenadas de menor a mayor costo marginal y su contribución al cierre de la brecha. La curva de costos permite a los tomadores de decisiones, elegir el orden de implementación de cada medida y conocer cuál de ellas permitirá a largo plazo generar beneficios mayores a las inversiones iniciales.



## 2. EJE COBERTURA UNIVERSAL

El análisis para cobertura universal es parte de información de censos de INEGI en lo que respecta a datos de población, viviendas con agua potable y viviendas sin agua potable, viviendas con drenaje y viviendas sin drenaje.

Primeramente, se elabora el cálculo de la población actual que no cuenta con agua potable dentro de sus viviendas y de la población que no cuenta con drenaje, y con base en proyecciones de población al 2030 se determina el incremento de la población que carecerá de estos servicios. Todo ello por zonas urbanas y rurales.



Con los resultados de población que carecen de estos servicios actualmente y al 2030, y bajo supuestos de costos de pesos por kilómetro de construcción de red de agua potable, costos de construcción de pozos someros y pozos profundos, costos para cosecha de lluvia en los tejados de las viviendas, costos por construcción de letrinas y costos de construcción de red de alcantarillado, se calculan las inversiones necesarias para que al 2030, se tenga una cobertura al 100% de los dos servicios en zonas urbanas y zonas rurales.

De todo esto, resultan que para zonas urbanas se pueden obtener las inversiones requeridas para construcción de red de agua potable y alcantarillado. Para zonas rurales, la construcción de pozos someros, pozos profundos, cosecha de lluvia, alcantarillado o en su caso letrinas.

### 3. EJE RÍOS LIMPIOS

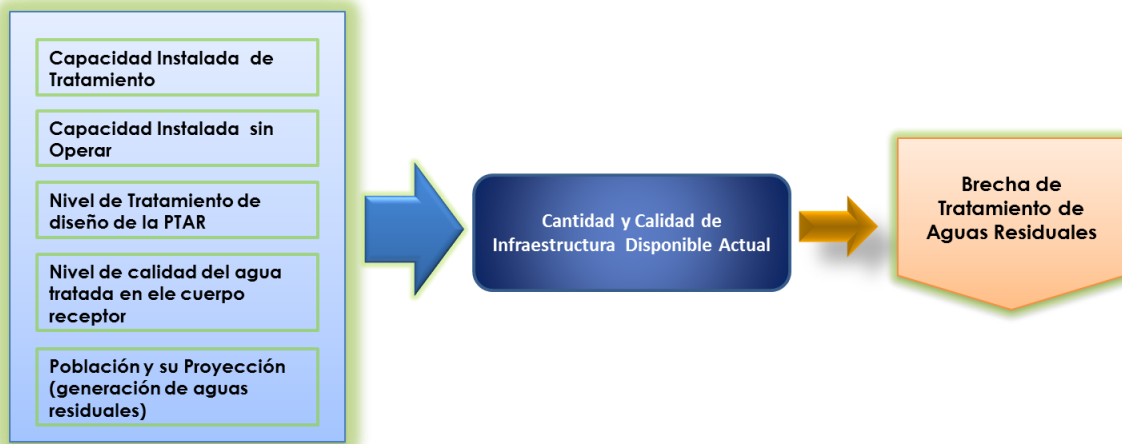
El análisis se divide en dos apartados: aguas residuales municipales y aguas residuales industriales.

#### **Municipales**

El cálculo de aguas residuales municipales inicia calculando las brechas de tratamiento, con base en datos de coberturas de alcantarillado actuales, datos de población y su proyección al 2030, datos de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) existentes, nivel de tratamiento de diseño de cada planta y nivel de calidad del agua tratada requerido en los cuerpos de agua receptores.

Las brechas municipales se dividen en volúmenes de aguas no tratadas por falta de PTAR, volumen no tratado por falta de infraestructura de conexión a las PTAR existentes,

volumen tratado ineficientemente, es decir, el volumen que no cumple con las especificaciones de diseño de las PTAR existentes y finalmente el volumen tratado insuficientemente que no cumple con la calidad de tratamiento requerido en los cuerpos de agua receptores. Estas cuatro componentes se agrupan en dos grandes brechas: volumen a tratar considerando nuevas PTAR y volumen a tratar optimizando las PTAR existentes.



Con las brechas obtenidas, se calcula para cada componente las inversiones requeridas para construcción de nuevas PTAR y su infraestructura necesaria (colectores y emisores), además la inversión para optimización de las PTAR existentes que incluye la construcción de colectores para conectar las redes de alcantarillado secundarias, incremento de eficiencia hasta alcanzar el nivel de tratamiento de diseño e incremento de este nivel de diseño para alcanzar el nivel requerido en los cuerpos receptores.

<b>INVERSION</b>	\$	\$
Volumen a tratar considerando nuevas PTAR		Volumen a tratar optimizando las PTAR existentes
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Construcción de nuevas PTAR y su Infraestructura necesaria</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Construcción de colectores para conectar las redes de alcantarillado secundarias..</li> <li>○ Incremento de eficiencia hasta alcanzar el nivel de tratamiento de diseño.</li> <li>○ Incremento de este nivel de diseño para alcanzar el nivel requerido en los campos receptores.</li> </ul>

La cobertura de saneamiento a alcanzar al 2030 es del 100%.

## **Industriales**

Para las aguas residuales industriales se considera datos de tipo de tratamiento de la industria, su posible crecimiento y el costo de tratamiento.

### **4. EJE ASENTAMIENTOS SEGUROS FRENTE A INUNDACIONES CATASTRÓFICAS**

En esta parte del modelo se generan índices que permiten comparar cómo se están planeando las inversiones que mitigan los riesgos de inundaciones con la propensión que tienen distintas regiones del país a este tipo de eventos. Los eventos considerados aquí corresponden a los eventos hidrometeorológicos extremos que declara CENAPRED (ciclones, lluvias intensas e inundaciones).

La Agenda del Agua 2030 propuso tres subtemas para enfrentar el reto de asentamientos seguros frente a inundaciones:

1. Eficaz ordenamiento territorial
2. Zonas inundables libres de asentamientos humanos
3. Sistemas de alertamiento y prevención con tecnología de punta

Con los que se pretendía:

- Fortalecer el ordenamiento de asentamientos reduciría el riesgo futuro
- Es poco factible mover poblaciones que se encuentren en zonas inundables
- Los sistemas de alertamiento protegerán a la población, pero no evitarán los daños
- Por los puntos mencionados es necesario considerar la construcción de infraestructura de protección en zonas comúnmente afectadas

Para minimizar el riesgo de inundaciones en el OCGC, CONAGUA está invirtiendo en tres tipos de acciones

	<u>Descripción</u>	<u>Ejemplos</u>	
<b>Construcción de presas y bordos para control de avenidas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Construcción y rehabilitación de infraestructura hidráulica con propósito de controlar el flujo de las cuencas para protección de asentamientos humanos o productivos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Obras de protección en el río Cazones</li> </ul>	<p>El OCGC está invirtiendo principalmente en infraestructura hidráulica para el control de avenidas</p>
<b>Realización de estudios técnicos y socioeconómicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudios enfocados en la generación de proyectos de infraestructura hidráulica o urbana</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudio y proyecto ejecutivo en el río grande para minimizar riesgos por inundación y erosión en la localidad de Cuicatlán, municipio de San Juan Bautista, Oaxaca.</li> </ul>	
<b>Acciones de desazolve y rectificación de cauces</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desazolve y limpieza de ríos, arroyos o canales para incrementar la capacidad de conducción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mantenimiento al cauce del río La Carbonera, Veracruz</li> </ul>	

El índice para priorizar las inversiones en acciones contra inundaciones consideraba distintos aspectos del impacto sobre una base común.

	<u>¿Cómo se integra el índice?</u>	<u>¿Qué impacto tiene en el OCGC?</u>
<b>Población afectada</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La vida humana es el componente más importante</li> <li>Dada la importancia de la vida, este componente se pondera en el índice con un factor de <b>3</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>~1.5 millones de personas afectadas por eventos hidrometeorológicos extremos en los últimos 30 años</li> </ul>
<b>Densidad de población</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los eventos que afectan zonas densamente pobladas tienen importancia estratégica</li> <li>Por su importancia estratégica, este componente se pondera en el índice con un factor de <b>3</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Densidad promedio de 207 habitantes / km<sup>2</sup> afectados por los eventos históricos</li> </ul>
<b>Daños económicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los daños económicos causados se relacionan con los daños a las fuentes de ingreso de la población afectada</li> <li>Dado que se debe proteger la fuente de ingresos de la población, este componente se pondera en el índice con un factor de <b>2</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>~11,000 millones de pesos en daños acumulados durante los últimos 30 años</li> </ul>
<b>Superficie afectada</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los eventos que afectan mayor superficie son más importantes</li> <li>Dado que la superficie afectada no está directamente relacionada con la magnitud de los daños humanos y económicos, este factor recibe una ponderación en el índice de <b>1</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>90 mil km<sup>2</sup> afectados en los últimos 30 años</li> </ul>

Asimismo, se consideró balancear las inversiones, la creación de un índice de inversión-impacto ayuda a optimizar el uso de recursos en las zonas de mayor necesidad

**Índice de inversiones para mitigar inundaciones**

- Los proyectos para asegurar asentamientos contra inundaciones compiten por los recursos con otros proyectos de inversión
- Se puede cuantificar cuál es la importancia relativa de estas inversiones en la cartera de proyectos del OCGC
- 2.3% de los recursos destinados a asegurar asentamientos contra inundaciones en OCGC

**Índice de inversión-impacto para priorizar inversiones**

- La diferencia entre el índice de inversiones y el índice de impacto muestra como se relaciona el recurso enfocado en la región y la proporción de necesidad de inversión (impacto)
- En promedio, el OCGC tiene un índice inversión-impacto negativo : -11.7
- Las inversiones en OCGC son significativamente menores al impacto, en relación con el resto del país

## FORTALEZCAS Y DEBILIDADES DEL EJE DE CUENCAS EN EQUILIBRIO

El enfoque del ATP es muy bueno ya que proporciona un escenario de cómo se comportaría la brecha hídrica en un futuro a mediano y largo plazo partiendo del estado actual de la misma, lo que ayudará a planificar una posible ruta hacia dónde dirigirse para cerrar la brecha.

Aunque el enfoque del modelo es muy bueno, actualmente el ATP cuenta con diversos problemas de lógica, ya que el modelo es una adaptación de un modelo aplicado al sector hidroeléctrico en la India, y que al adaptarlo a México faltó analizar a fondo el comportamiento de cada sector del agua, lo que provocó que el modelo arrojara algunos resultados no muy acertados para su aplicación.

En esta sección se enlistará las fortalezas y debilidades (puntos de mejora) que tiene el modelo ATP, los cuales ayudarán a realizar una mejor adaptación al sector hídrico de México, con la cual se podrán generar escenarios más ad-hoc a la situación hídrica.

Como fortalezas del modelo ATP, se pueden enumerar las siguientes:

1. Permite generar escenarios de mediano y de largo plazo del comportamiento de la brecha hídrica de cada célula de planeación y su posible cierre con la realización de diversas medidas.

El modelo arroja cuatro escenarios, el primero que en el periodo actual tomando como base el año 2012, y tres escenarios con los años 2018, 2024 y 2030.

2. Contiene un listado de 53 medidas clasificadas en reducción de la demanda y en intervenciones de la oferta. Estas se subdividen en según el sector en:

Reducción de demanda hidroagrícola

- Mejora de productividad
- Eficiencia de uso de agua
- Conservación de cosecha

Reducción de demanda municipal

- Reducción de fugas
- Tecnologías eficientes
- Reuso de agua

Reducción de demanda industrial

- Reducción de fugas
- Tecnologías eficientes
- Reuso de agua



#### Intervenciones de oferta

- Infraestructura Superficial
- Infraestructura Subterránea
- Otros: Desalación, transferencias no superficiales de otras fuentes, reuso.

### 3. El modelo arroja dos posibles soluciones para el cierre de la brecha: solución técnica y la solución factible.

La primera da prioridad a la construcción de nueva infraestructura sobre la gestión de la demanda, lo cual incrementaría las inversiones requeridas para el cierre de la brecha.

La segunda, realiza una jerarquización de las medidas a través de un análisis llamado Curva de Costos, el cual ordena las medidas de menor a mayor costo marginal (costo requerido por cada metro cúbico adicional de agua) indicando cual es la contribución al cierre de la brecha de cada medida.

Esto permite tener un orden de cómo se deben ir implementando las medidas y como se va reduciendo la brecha hídrica. Asimismo, nos permite tener un estimado de cuánto costará alcanzar el equilibrio entre la oferta y la demanda.

Entre las debilidades del modelo o los puntos que se pueden mejorar para que el modelo pueda ser apropiado a la situación hídrica de México, podemos mencionar:

1. Está programado con macros en *MsExcel* y no cuenta con una interfaz fácil, ni para su consulta ni su operación.
2. El ATP como está realizado actualmente, es un modelo estático, el cual es muy complicado actualizarlo.
3. La unidad de planeación se basó en Células, las cuales fueron definidas como un conjunto de municipios que se aproximan a los límites de las cuencas y de los estados del país.

Esto ocasionó que la determinación de la oferta de cada célula, se realizará a través de ponderación de áreas, donde la oferta no era muy acertada.

4. El modelo arroja el resultado de los escenarios correspondientes a los tres sexenios de forma excluyente, es decir, los escenarios no consideran los resultados del sexenio anterior, sino que analiza los tres sexenios consecuentes a partir del escenario actual.
5. El balance hídrico de las células se realiza de manera independiente, no se interrelacionan entre ellas para los cierres de las brechas, esto quiere decir que si alguna cuenta con superávit de oferta y otra célula adjunta no cierra su brecha, no se consideran una a la otra para analizar una transferencia de agua para el cierre de la brecha.

6. El modelo no realiza internamente las proyecciones de las demandas, éstas son realizadas por fuera del modelo e incorporadas para realizar el análisis del balance hídrico.
7. Las proyecciones de las demandas que se incluyeron en el modelo presentan inconsistencias, como por ejemplo es la proyección de las superficies sembradas, ya que éstas se proyectó un crecimiento constante del 25% cada sexenio.
8. Algunas de las medidas que se plantearon en el modelo no son aplicables en México, esto se debió a que el modelo fue una adaptación de un modelo que se aplicó en la India y las mismas medidas que se aplicaron en la india son las que se quisieron aplicar para México.
9. Algunos algoritmos de cálculo de la aportación de las medidas para cierre de las brechas, no están bien definidos ocasionando que no calcule bien su contribución.
10. El modelo de *Curva de Costos* no considera costos actualizados, por lo que la optimización que arroja el modelo, no es la más óptima.

### III. DETERMINACIÓN DE LA OFERTA SUSTENTABLE, ACTUAL

#### OFERTA DE AGUA SUPERFICIAL

La oferta superficial se obtiene considerando el volumen que escurre de cuenca propia, lo que se recibe como importaciones y el retorno de los usos de agua, a los cuales se les resta las exportaciones hacia otras cuencas. Es importante señalar que se consideró el gasto ecológico para lograr una oferta sostenible, por lo que el volumen correspondiente a este se restó de lo que está disponible como oferta.

La oferta superficial está definida por cuencas hidrológicas, por lo que la información extraída fue organizada considerando las 757 cuencas hidrológicas del país.



Figura 1. Cuencas hidrológicas de México

## RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN, PROCESO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Se llevó a cabo la descarga de información de disponibilidad superficial publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) en la cual se extrajo información correspondiente a:

- Clave de la cuenca
- Esguerrimiento por cuenca propia
- Exportación
- Importación
- Retornos
- Disponibilidad
- Volumen de aguas arriba
- Uso A
- Uso B
- Uso C
- Evaporación

La información se integró por cuenca en una tabla de Excel para su posterior análisis.

## CÁLCULO DEL VOLUMEN DE OFERTA DE AGUA SUPERFICIAL

Para la obtención del volumen de oferta superficial accesible se utilizaron los datos anteriormente recopilados y se llevó a cabo el siguiente procedimiento:

1. Se calculó el agua superficial por cuenca:

$$\text{Esguerrimiento por cuenca propia (Cp)} + \text{Importaciones (Im)} + \text{Retornos (R)}$$

2. Se calculó el agua disponible superficial:

$$\text{Agua superficial por cuenca} - \text{Exportaciones (Ex)}$$

3. Agua superficial por:

$$\text{Agua superficial} \times \text{Confiabilidad (\%)}$$

Nota: La confiabilidad es un porcentaje de variabilidad del año vs percentil.

4. Se calculó la oferta superficial:

$$\text{Agua superficial} - (\text{Agua superficial} \times \text{Gasto ecológico (\%)})$$

## OFERTA SUBTERRÁNEA

### RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN, PROCESO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Para la obtención de la oferta subterránea fue necesario contar con información correspondiente a los acuíferos.

Se llevó a cabo la descarga de información de disponibilidad subterránea publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) en la cual se extrajo información correspondiente a:

- Clave del acuífero
- Nombre del acuífero
- Recarga
- Extracción
- Recarga artificial
- Disponibilidad
- Año
- Intrusión
- Salinización

Figura 2. Tabla de información de acuíferos (DOF2015)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Acuiferotd	Condición	Area_km2	Zona	FechaPublicacion	Documento	Recarga_hm3	Extraccion_hm3	RecargaArtificial_hm3	Disponibilidad_hm3	AñoId	Intrusion	Salinizacion
101	Sobreexplotado	3129.21	1	19-04-15	DOF_ACUIFEROS_20150420	235.00	430.00	0.00	-	6		
102	Sobreexplotado	724.67	1	19-04-15	DOF_ACUIFEROS_20150420	35.00	48.00	0.00	-	6		
103	Sobreexplotado	554.94	1	19-04-15	DOF_ACUIFEROS_20150420	15.00	24.00	0.00	-	6		
104	Sobreexplotado	111.06	1	19-04-15	DOF_ACUIFEROS_20150420	1.80	2.00	0.00	-	6		
105	Sobreexplotado	1048.20	1	19-04-15	DOF_ACUIFEROS_20150420	25.00	40.00	0.00	-	6		
201	No sobreexplotado	244.99	3	19-04-15	DOF_ACUIFEROS_20150420	26.60	6.00	0.00	12.14	6		
202	No sobreexplotado	762.47	1	19-04-15	DOF_ACUIFEROS_20150420	10.10	11.00	0.00	-	6		
203	No sobreexplotado	267.18	3	19-04-15	DOF_ACUIFEROS_20150420	2.70	1.90	0.00	0.86	6		
204	No sobreexplotado	110.29	3	19-04-15	DOF_ACUIFEROS_20150420	1.80	0.70	0.00	0.75	6		
205	No sobreexplotado	2118.20	1	19-04-15	DOF_ACUIFEROS_20150420	10.50	7.90	0.00	-	6		
206	No sobreexplotado	476.27	1	19-04-15	DOF_ACUIFEROS_20150420	6.50	6.10	0.00	-	6	Si	
207	Sobreexplotado	975.62	1	19-04-15	DOF_ACUIFEROS_20150420	26.40	34.70	0.00	-	6		
208	Sobreexplotado	657.62	1	19-04-15	DOF_ACUIFEROS_20150420	19.00	25.50	0.00	-	6		
209	No sobreexplotado	5689.39	2	19-04-15	DOF_ACUIFEROS_20150420	16.30	16.30	0.00	-	6		Si
210	Sobreexplotado	4907.75	1	19-04-15	DOF_ACUIFEROS_20150420	520.50	602.00	0.00	-	6		Si
211	No sobreexplotado	752.25	1	19-04-15	DOF_ACUIFEROS_20150420	3.70	3.60	0.00	-	6	Si	
212	Sobreexplotado	1466.25	1	19-04-15	DOF_ACUIFEROS_20150420	20.80	30.60	0.00	-	6	Si	
213	Sobreexplotado	886.24	1	19-04-15	DOF_ACUIFEROS_20150420	6.60	10.40	0.00	-	6		
214	No sobreexplotado	2082.07	2	19-04-15	DOF_ACUIFEROS_20150420	28.00	20.20	0.00	0.54	6		
215	No sobreexplotado	645.53	1	19-04-15	DOF_ACUIFEROS_20150420	9.90	6.60	0.00	-	6		
216	No sobreexplotado	1212.18	1	19-04-15	DOF_ACUIFEROS_20150420	24.40	25.20	0.00	-	6		
217	Sobreexplotado	1260.64	1	19-04-15	DOF_ACUIFEROS_20150420	12.40	18.60	0.00	-	6		
218	Sobreexplotado	1288.06	1	19-04-15	DOF_ACUIFEROS_20150420	8.50	10.50	0.00	-	6		
219	No sobreexplotado	246.33	1	19-04-15	DOF_ACUIFEROS_20150420	3.90	2.70	0.00	-	6	Si	
220	No sobreexplotado	1107.61	1	19-04-15	DOF_ACUIFEROS_20150420	19.50	15.20	0.00	-	6	Si	
221	Sobreexplotado	951.46	1	19-04-15	DOF_ACUIFEROS_20150420	19.00	24.40	0.00	-	6	Si	
222	No sobreexplotado	1289.87	3	19-04-15	DOF_ACUIFEROS_20150420	8.00	5.40	0.00	2.14	6		
223	No sobreexplotado	3069.60	3	19-04-15	DOF_ACUIFEROS_20150420	13.80	12.00	0.00	2.66	6		
224	No sobreexplotado	2812.40	3	19-04-15	DOF_ACUIFEROS_20150420	6.30	3.50	0.00	0.90	6		
225	No sobreexplotado	1205.97	4	19-04-15	DOF_ACUIFEROS_20150420	5.50	0.50	0.00	3.41	6		
226	No sobreexplotado	525.33	3	19-04-15	DOF_ACUIFEROS_20150420	1.10	0.00	0.00	0.59	6		
227	No sobreexplotado	1599.27	3	19-04-15	DOF_ACUIFEROS_20150420	2.30	1.00	0.00	0.60	6		
228	No sobreexplotado	3519.19	4	19-04-15	DOF_ACUIFEROS_20150420	21.10	0.50	0.00	9.91	6		
229	No sobreexplotado	730.53	4	19-04-15	DOF_ACUIFEROS_20150420	6.90	0.20	0.00	6.40	6		
230	No sobreexplotado	2692.37	3	19-04-15	DOF_ACUIFEROS_20150420	3.00	1.10	0.00	1.71	6		
231	No sobreexplotado	1518.69	4	19-04-15	DOF_ACUIFEROS_20150420	0.70	0.00	0.00	0.69	6		
232	No sobreexplotado	3094.87	3	19-04-15	DOF_ACUIFEROS_20150420	0.70	0.50	0.00	0.21	6		
233	No sobreexplotado	2380.72	4	19-04-15	DOF_ACUIFEROS_20150420	1.20	0.00	0.00	0.59	6		
234	No sobreexplotado	2432.28	4	19-04-15	DOF_ACUIFEROS_20150420	0.50	0.20	0.00	0.41	6		
235	No sobreexplotado	1617.60	4	19-04-15	DOF_ACUIFEROS_20150420	5.20	0.10	0.00	4.55	6		

Una vez extraída la información se procedió a definir el área correspondiente del acuífero en cada cuenca, con el objeto de repartir por área el volumen correspondiente de cada variable utilizada para el cálculo.

Para ello se llevó a cabo el siguiente procedimiento:

1. En un archivo GIS se integraron las capas de acuíferos y cuencas y a través de la herramienta de intersección (Analysis Tools/Overlay/Intersect) se obtuvo la capa en donde se dividieron los acuíferos por cuenca.



Figura 3. Acuíferos y cuencas

2. Posteriormente se obtuvo el área correspondiente de los acuíferos en cada una de las cuencas, para conocer el porcentaje del acuífero dentro de cada cuenca.

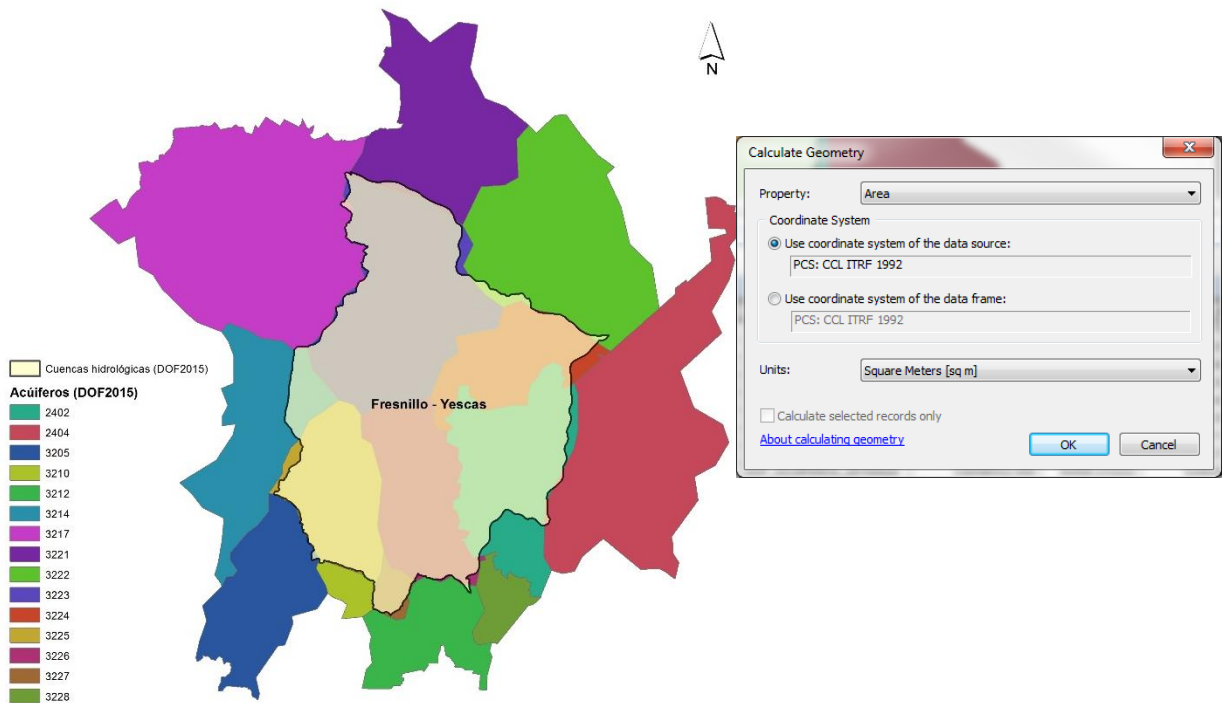


Figura 4. Intersección del acuífero con la cuenca

De esta forma se obtiene la porción del acuífero correspondiente a cada cuenca que será utilizado para obtener el porcentaje de volúmenes correspondiente a cada cuenca.

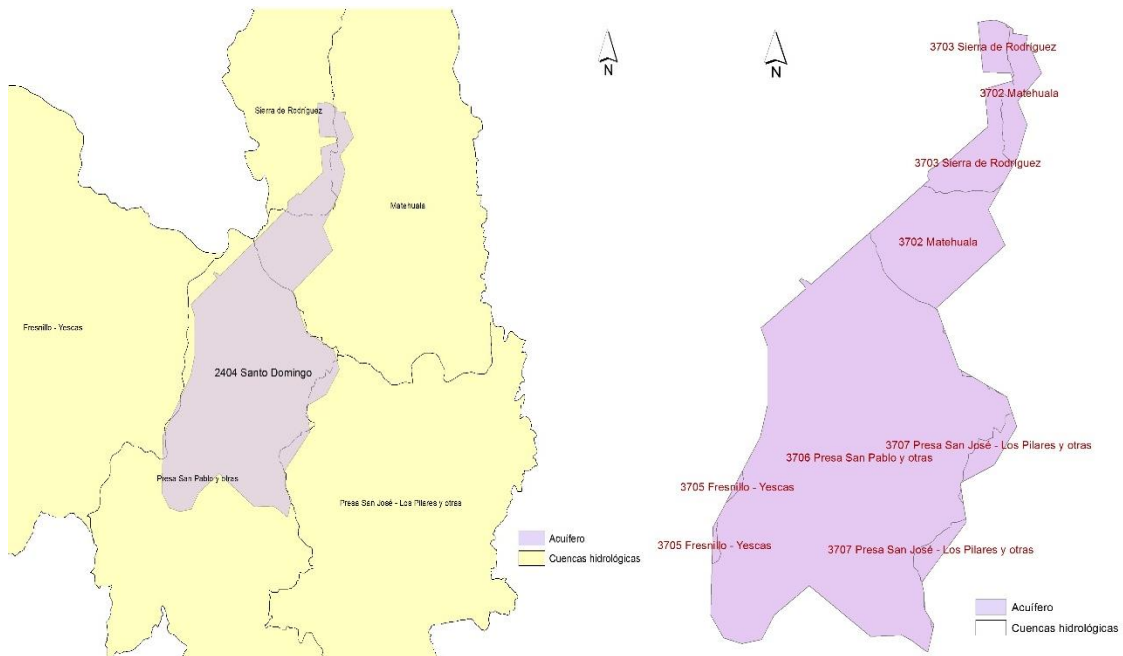


Figura 5. Obtención del área del acuífero dentro de la cuenca

Tabla 1. Ejemplo de distribución del acuífero en las cuencas

Acuífero	Cuenca	Porcentaje acuífero dentro de la cuenca
2404	3702	14.15
	3703	6.14
	3705	0.37
	3706	76.70
	3707	2.64
<b>Total</b>		<b>100</b>

En la tabla anterior se puede observar cómo está distribuido el acuífero 2404 Santo Domingo en las cuencas, a las cuales se les asignó un porcentaje de acuerdo al área ocupada dentro del acuífero.

De esta forma se crearon dos tablas con la información organizada para el cálculo:

- Acuíferos con información correspondiente a cada uno de ellos
- Porcentaje de acuífero por cada cuenca.

Los resultados se pueden visualizar en el anexo 1.

### CÁLCULO DEL VOLUMEN DE OFERTA DE AGUA SUBTERRÁNEA

Para el cálculo del agua subterránea se realizó el siguiente procedimiento:

#### 1. Obtención del recurso renovable subterráneo

Recarga natural + Recarga artificial

#### 2. Obtención de la oferta de agua subterránea renovable

Recurso renovable subterráneo – Descarga natural

Es importante mencionar que el cálculo se realizó por cuenca, por lo que cada variable antes de ser utilizada fue multiplicada por el porcentaje correspondiente de cada cuenca.

Por ejemplo, en la cuenca 2612 se tienen 5 porciones de acuíferos, por lo que el volumen de cada una de las variables de cada acuífero, fue multiplicado por el porcentaje correspondiente.



Tabla 2. Ejemplo de distribución de los acuíferos en la cuenca 2612

Cuenca	Acuífero	Porcentaje del acuífero en la cuenca
2612	1302	25.35
	1303	0.17
	1305	0.77
	2418	0.10
	2419	0.14

Como resultado del proceso se obtuvo el volumen de oferta subterránea renovable correspondiente a cada una de las cuencas hidrológicas.

## IV. CÁLCULO DE LA DEMANDA, ACTUAL Y PROSPECTIVA

### DEMANDA DEL SECTOR INDUSTRIAL

#### RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN, PROCESO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Para el desarrollo y el análisis de la prospección de la demanda de agua en el sector Industrial, se realizó la prospección de producción del sector para determinar la demanda de agua futura a los años 2018, 2024 y 2030. Para lo anterior, se recopiló la información del Producto Interno Bruto (PIB) del sector industrial del Sistema de Cuentas Nacionales en la página oficial de INEGI de los años 2000-2011.

El PIB es el valor de los bienes y los servicios finales producidos en la economía durante un determinado periodo y el índice del volumen físico fueron las variables referentes para estimar la producción futura en las industrias.

Como primer paso, se identificó el PIB y el índice del volumen físico por subdivisión del sector industrial; café, azúcar, Industrias alimentaria, de las bebidas y del tabaco, textiles, prendas de vestir y productos de cuero, industrias del papel, impresión e industrias conexas, derivados del petróleo y del carbón, industrias química, del plástico y del hule, fabricación de productos a base de minerales no metálicos e industrias metálicas por cada estado comprendiendo el periodo del año 2000 al 2011.

Posteriormente, se realizaron resúmenes estadísticos con la información principal: estado, año, producción, PIB y tipo de la industria, como se muestra en la siguiente tabla:

ESTADO	AÑO	PRODUCCION	PIB	INDUSTRIA
Campeche	2000	79.13	\$ 126,039.00	311-312 Industrias alimentaria, de las bebidas y del tabaco
Campeche	2001	88.74	\$ 141,344.00	311-312 Industrias alimentaria, de las bebidas y del tabaco
Campeche	2002	88.54	\$ 141,028.00	311-312 Industrias alimentaria, de las bebidas y del tabaco
Campeche	2003	92.59	\$ 147,467.00	311-312 Industrias alimentaria, de las bebidas y del tabaco
Campeche	2004	75.94	\$ 120,951.00	311-312 Industrias alimentaria, de las bebidas y del tabaco
Campeche	2005	96.03	\$ 996,349.00	311-312 Industrias alimentaria, de las bebidas y del tabaco
Campeche	2006	101.65	\$1,054,682.00	311-312 Industrias alimentaria, de las bebidas y del tabaco
Campeche	2007	109.76	\$1,138,787.00	311-312 Industrias alimentaria, de las bebidas y del tabaco
Campeche	2008	115.7	\$1,200,500.00	311-312 Industrias alimentaria, de las bebidas y del tabaco
Campeche	2009	120.93	\$1,254,758.00	311-312 Industrias alimentaria, de las bebidas y del tabaco
Campeche	2010	119.28	\$1,237,634.00	311-312 Industrias alimentaria, de las bebidas y del tabaco
Campeche	2011	121.82	\$1,263,987.00	311-312 Industrias alimentaria, de las bebidas y del tabaco
Campeche	2000	655.99	\$ 30,430.00	313-316 Textiles, prendas de vestir y productos de cuero
Campeche	2001	916.3	\$ 42,505.00	313-316 Textiles, prendas de vestir y productos de cuero

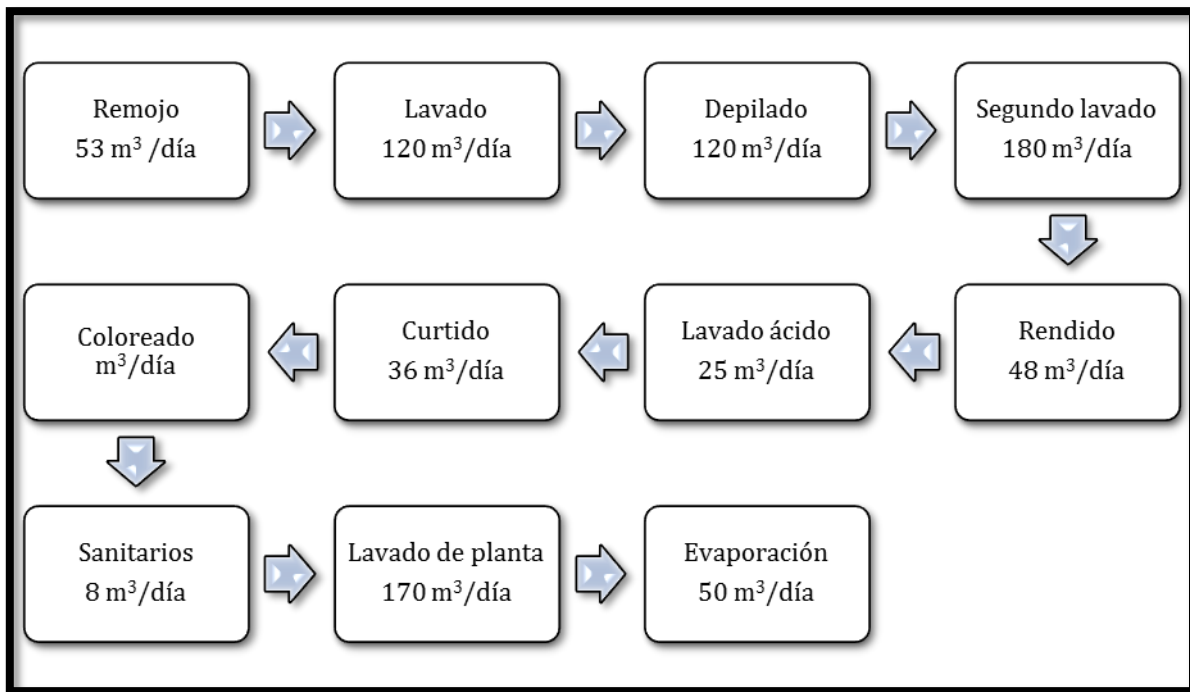
ESTADO	AÑO	PRODUCCION	PIB	INDUSTRIA
Campeche	2002	1286.92	\$ 59,697.00	313-316 Textiles, prendas de vestir y productos de cuero
Campeche	2003	1303.24	\$ 60,455.00	313-316 Textiles, prendas de vestir y productos de cuero
Campeche	2004	1172.67	\$ 54,398.00	313-316 Textiles, prendas de vestir y productos de cuero
Campeche	2005	86.99	\$ 558,965.00	313-316 Textiles, prendas de vestir y productos de cuero
Campeche	2006	92.31	\$ 593,089.00	313-316 Textiles, prendas de vestir y productos de cuero
Campeche	2007	95.26	\$ 612,066.00	313-316 Textiles, prendas de vestir y productos de cuero
Campeche	2008	82.4	\$ 529,415.00	313-316 Textiles, prendas de vestir y productos de cuero
Campeche	2009	80.53	\$ 515,439.00	313-316 Textiles, prendas de vestir y productos de cuero
Campeche	2010	101.92	\$ 654,874.00	313-316 Textiles, prendas de vestir y productos de cuero
Campeche	2011	78.77	\$ 506,145.00	313-316 Textiles, prendas de vestir y productos de cuero

Para obtener los consumos unitarios de cada tipo de producto se recopiló información de unos estudios realizados de la extinta Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH) denominados: *Uso del agua y manejo del agua residual en la industria* publicado por la Subsecretaría de planeación; y del *Uso de agua en la industria: Índices de uso y contaminación para las industrias siderúrgicas, papel y celulosa, azucarera y refinación de petróleo* publicado por la Dirección general de usos del agua y prevención de la contaminación. Del primero se obtuvo información de las industrias:

1. Industria Celulosa y papel
2. Industria textil
3. Industria de la curtiduría
4. Industria de acabados de materiales
5. Industria química
6. Industria de azúcar
7. Industria de minerales no metálicos
8. Industria alimenticia
9. Industria vitivinícola
10. Industria petrolera

Con dicha información se realizó el análisis identificar las diferentes actividades que comprende el proceso industrial, desde la materia prima, hasta el producto final, de cada rama industrial. De tal forma las metodologías, para obtener el consumo de agua unitario cada uno de los productos.

Por ejemplo, la Industria de la Curtiduría, en una planta grande con producción de 25,000 kg/día, se cuenta con los siguientes procesos:



La Figura anterior muestra el consumo de agua de cada uno de los procesos de operación de la industria de curtiduría para producir 25,000 kg /día de piel.

Volumen de agua (m <sup>3</sup> /día)	850
Producción (Ton/día)	25

Se realiza la siguiente operación para obtener la demanda de agua unitaria de la producción de piel.

$$1 \text{ Ton de piel} = \frac{850 \text{ m}^3}{25 \text{ Ton}} = 34 \frac{\text{m}^3}{\text{Ton}}$$

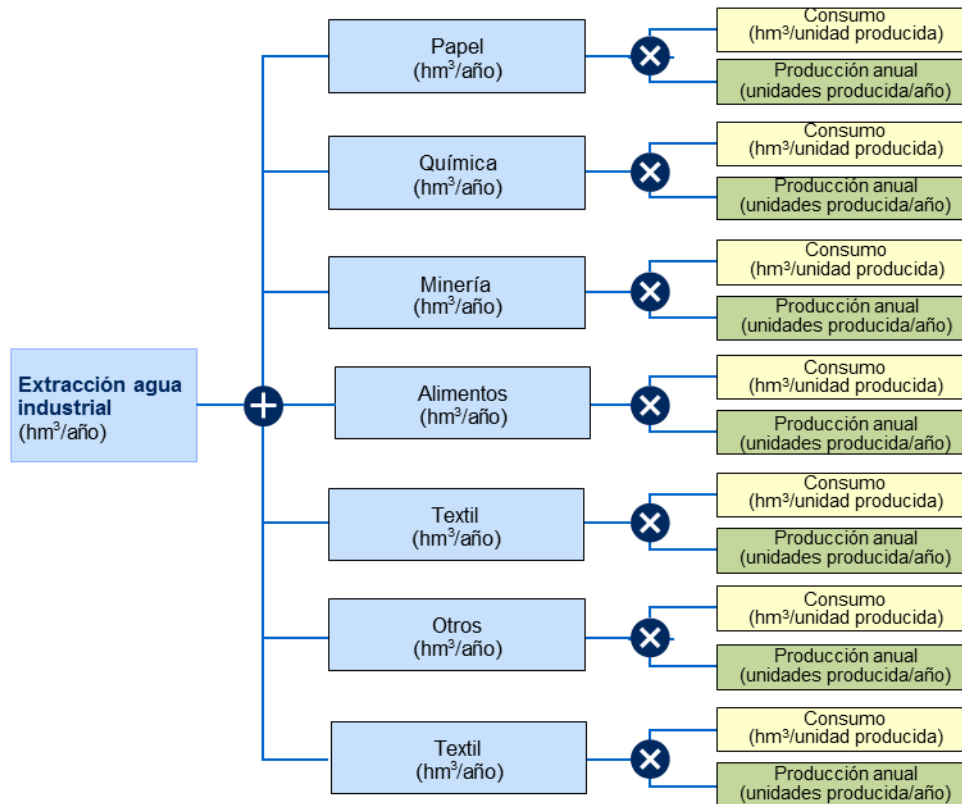
$$\text{Demanda de agua unitaria} = 34 \frac{\text{m}^3}{\text{Ton}}$$

Donde se determina que para producir una tonelada de piel se requiere una demanda de agua es de 34 m<sup>3</sup> de agua.

De esta manera se determinó la demanda de agua para cada rama del sector industrial.

## CÁLCULO DE LA DEMANDA DE AGUA

El cálculo de la demanda de agua del sector industrial se realiza con base en el siguiente algoritmo, que el volumen utilizado de cada tipo de industria es el producto de la producción por su consumo de agua unitario de cada producto.



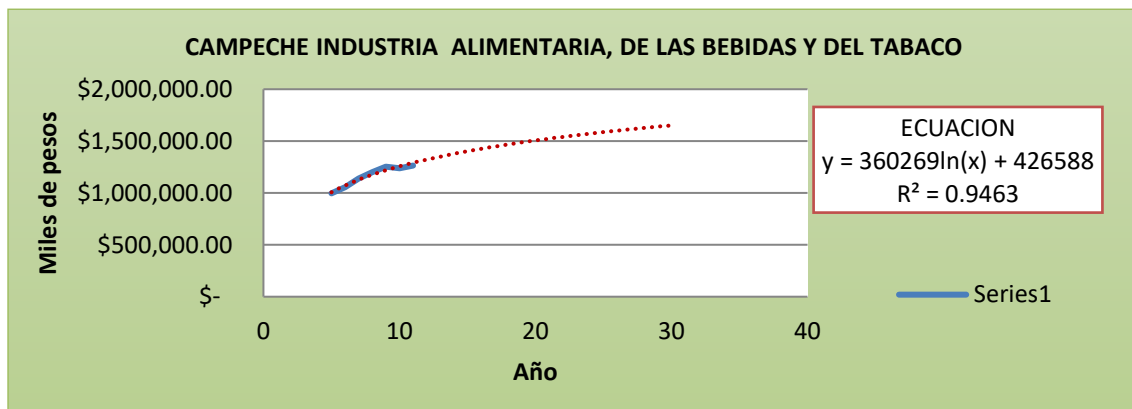
Para lo anterior, de la información recopilada de la producción estatal de cada industria del Sistema de Cuentas Nacionales en la página oficial de INEGI del año 2011, para conocer el volumen de producción de cada tipo de industria y la información de los consumos unitarios de cada empresa obtenidos de los estudios de la SRH.

Se realizó el cálculo de cada tipo industria para cada Entidad Federativa según el algoritmo y se concentró en un archivo Excel.

1	Estado	Año	Industria	Consumo de agua (m <sup>3</sup> /unidad de producción)	Producción estatal (Miles de Ton)	Fuente	Año de fuente	Demanda de agua (hm <sup>3</sup> )
11	Aguascalientes	2015	Alimentos	537.08	129.69	http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=23824#	2011	69.65
12	Aguascalientes	2015	Papel y celulosa	196.60	169.40	http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=23824#	2011	33.36
13	Aguascalientes	2015	Química	258.12	170.67	http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=23824#	2011	44.05
14	Aguascalientes	2015	Minerales no metálicos	2,276.47	230.62	http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=23824#	2011	525.00
15	Aguascalientes	2015	Metálicas	5.37	119.47	http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=23824#	2011	0.64
16	Baja California	2015	Textil y Curtidora	0.03	93.70	http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=23824#	2011	0.00
17	Baja California	2015	Alimentos	537.08	114.81	http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=23824#	2011	61.64
18	Baja California	2015	Papel y celulosa	196.60	154.13	http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=23824#	2011	30.36
19	Baja California	2015	Química	258.12	113.47	http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=23824#	2011	29.28
20	Baja California	2015	Minerales no metálicos	4,965.48	105.73	http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=23824#	2011	525.00
21	Baja California	2015	Metálicas	5.37	80.72	http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=23824#	2011	0.43
22	Baja California Sur	2015	Textil y Curtidora	0.03	88.96	http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=23824#	2011	0.00
23	Baja California Sur	2015	Alimentos	537.08	87.15	http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=23824#	2011	46.86
24	Baja California Sur	2015	Papel y celulosa	196.60	94.24	http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=23824#	2011	18.52
25	Baja California Sur	2015	Química	258.12	85.06	http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=23824#	2011	21.95
26	Baja California Sur	2015	Minerales no metálicos	3,354.85	156.49	http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=23824#	2011	525.00
27	Baja California Sur	2015	Metálicas	5.37	86.94	http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=23824#	2011	0.46
28	Campeche	2015	Azúcar	792.50	82.43	http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=23824#	2011	65.37
29	Campeche	2015	Textil y Curtidora	0.03	78.77	http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=23824#	2011	0.00
30	Campeche	2015	Alimentos	537.08	121.82	http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=23824#	2011	65.42
31	Campeche	2015	Papel y celulosa	196.60	104.92	http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=23824#	2011	20.62
32	Campeche	2015	Química	258.12	150.90	http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=23824#	2011	38.95
33	Campeche	2015	Minerales no metálicos	6,311.61	83.18	http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=23824#	2011	525.00
34	Campeche	2015	Metálicas	5.37	139.96	http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=23824#	2011	0.35
35	Chiapas	2015	Café	439.29	383.06	http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=23824#	2011	168.27
36	Chiapas	2015	Azúcar	792.50	302.31	http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=23824#	2011	239.53
37	Chiapas	2015	Textil y Curtidora	0.03	116.02	http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=23824#	2011	0.00
38	Chiapas	2015	Alimentos	537.08	102.76	http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=23824#	2011	55.15
39	Chiapas	2015	Papel y celulosa	196.60	125.09	http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=23824#	2011	24.58
40	Chiapas	2015	Química	258.12	79.02	http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=23824#	2011	20.35
41	Chiapas	2015	Minerales no metálicos	6,039.34	86.93	http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=23824#	2011	525.00

## PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA

Contando con la información del comportamiento anual del PIB de cada industria, se realizó la proyección de este comportamiento hasta el año 2030, para lo cual se procedió a elaborar gráficas con los datos históricos para tipo de industria y por estado, considerando en el eje de las abscisas los años del periodo del año 2000 al 2011 y en el eje de las ordenadas el valor del PIB correspondiente a cada año; se identificó para cada una de ellas, una línea de tendencia que reflejará de la manera más adecuada dicho comportamiento y lo extrapolará hasta el año 2030, tal como se muestra en la siguiente figura.



En la figura anterior se aprecia que, al aplicar las opciones de línea de tendencia, la que mejor se ajusta a la industria del ejemplo es la logarítmica y de esta línea se obtuvo su ecuación con la que se realizó la proyección de los valores del PIB de cada industria por estado.

En cada expresión se sustituyeron los valores de x por los años del periodo 2012 al 2030, para obtener el valor del PIB para el su correspondiente año. Por ejemplo:

$$y = 360269 \ln(x) + 426588$$

Sustituyendo x por el año 2018 queda:

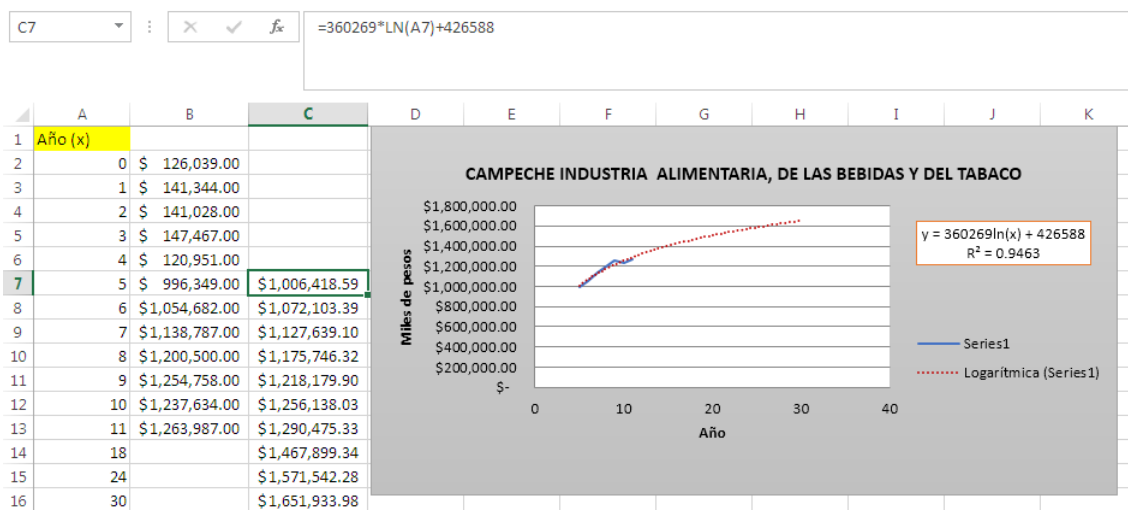
$$PIB_{2018} = 360269 \ln(2018) + 426588$$

Se tiene:

$$PIB_{2018} = 360269 \ln(2018) + 426588$$

$$PIB_{2018} = \$1,467,899.34$$

Siguiendo el procedimiento anterior, se obtuvo el resultado del PIB proyectado de los años 2018, 2024 y 2030 como aparece en la siguiente imagen, verificando el comportamiento de la ecuación desde el año 2005 al 2011.



Cabe destacar qué, el comportamiento de algunos valores PIB, no permitió que se considerará todo el periodo del 2000 al 2011 para ajustar una línea de tendencia, por lo que en dichos casos solamente se consideró el periodo del 2005 al 2011, tal como es el caso de la figura anterior.

Después de haber obtenido los resultados de la proyección anterior, del PIB, para la estimación de la producción se planteó la siguiente formula:

$$Produccion_{2018} = (PIB_{2018} \div PIB_{2011}) * Produccion_{2011}$$

Con la fórmula anterior se calculó el valor de la producción de los tipos de industrias de los años 2018, 2024 y 2030, por ejemplo, en el caso de la industria alimentaria, de las bebidas y del tabaco del estado de Campeche se calculó:

$$Produccion_{2018} = (1,467,899.34_{2018} \div 1,263,987_{2011}) * 121.82_{2011}$$

$$Produccion_{2018} = 141.47m^3$$

El cálculo anterior permitió finalizar con la proyección de la producción en los tipos de industrias, al término de este se proceder a la realización del siguiente procedimiento, calcular la demanda de agua prospectiva para los años 2018, 2024 y 2030 del sector industrial.

En la siguiente tabla que se presenta a continuación, se plasmó un concentrado de información que facilitó la interpretación y comprensión de dicho procedimiento, engloba; los estados de la República Mexicana, tipos de industria, la unidad de producción del año 2011, el consumo de agua por industria (m<sup>3</sup>/ton), el PIB del año base 2011, la ecuación que nos arroja la línea de tendencia ajustada, los resultados del PIB proyectado y en la última columna los resultados de la producción proyectada de los años 2018, 2024 y 2030.

Estado	Industria	Producción	Unidad	Consumo m3/ton	PIB 2011	Ecuación	PIB PROYECTADO			PRODUC. PROYECTADA		
		2011					18	24	30	18	24	30
Campeche	Alimentos	121.82	m <sup>3</sup>	537.08	\$1,263,987.00	$y=360269\ln(x)$	\$1,467,899.34	\$1,571,542.28	\$1,651,933.98	141.47	151.46	159.21
Campeche	Textil y Curtiduría	78.77	m <sup>3</sup>	115715741	\$ 506,145.00	$y=3E+08x^{\wedge}2$	\$ 121,372.33	\$ 55,771.24	\$ 30,511.43	18.89	8.68	4.75
Campeche	Papel	104.92	m <sup>3</sup>	196.6	\$ 14,761.00	$y=26(x)^{\wedge}2-13$	\$ 10,969.60	\$ 9,584.80	\$ 10,072.00	77.97	68.13	71.59
Campeche	Química	150.9	m <sup>3</sup>	258.123	\$ 153,369.00	$y=202748\ln(x)$	\$ 154,350.47	\$ 254,199.09	\$ 312,526.06	250.11	307.49	352.01
Campeche	Minerales no metálicos	83.18	m <sup>3</sup>	525000	\$ 71,513.00	$y=2E+06x^{\wedge}1$	\$ 65,151.02	\$ 32,247.86	\$ 21,383.97	37.51	24.87	18.09
Campeche	Metálicas	139.96	m <sup>3</sup>	174600	\$ 44,415.00	$y=1E+06x^{\wedge}1$	\$ 33,047.58	\$ 16,405.99	\$ 10,897.82	51.70	34.34	25.00

## DEMANDA DEL SECTOR AGRÍCOLA DE DISTRITO DE RIEGO

### RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN, PROCESO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

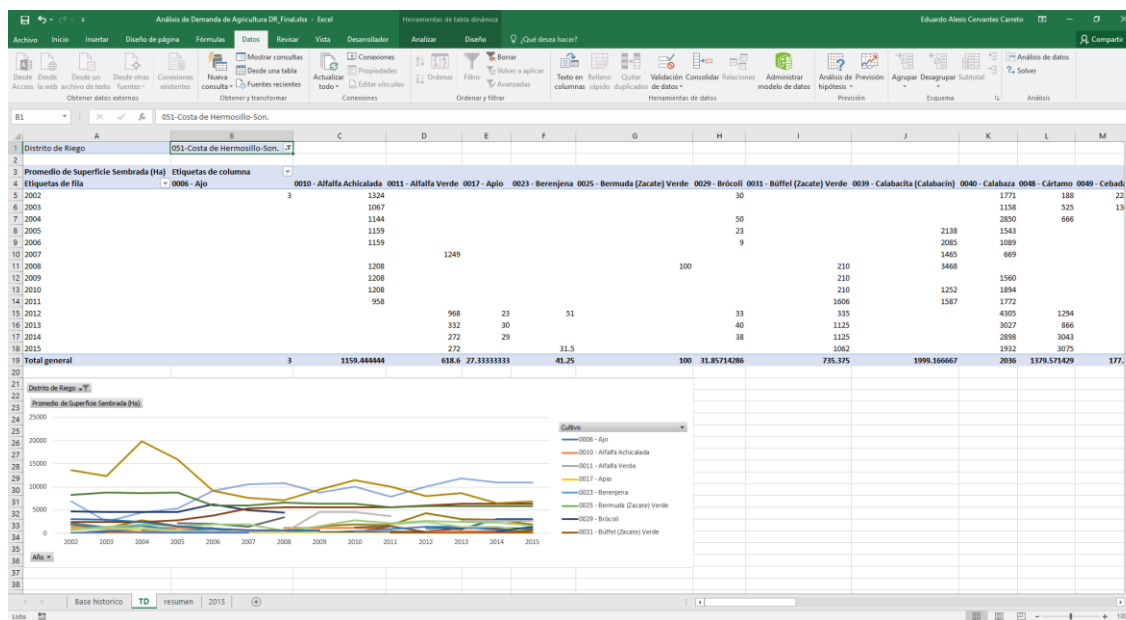
La información se obtuvo de la base de datos de Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego, en la sección *Por Distrito*, en tal sección se encontraron datos de Año, Distrito, Agrupación, Modalidad. La información que se extrajo por año fue la superficie sembrada, la superficie cosechada, rendimiento, producción, PMR, y el valor de la producción, según el tipo de producto, desde 2002 hasta 2016, a nivel DR.

Con la información recopilada se procedió hacer el análisis por filtros de cultivos, para analizar el comportamiento de los datos a través del tiempo.



1	Distrito de Riego	Cultivo	Superficie Sembrada (Ha)	Superficie Cosechada (Ha)	Rendimiento (Ton/Ha)	Producción (Miles de Ton)	PMR (\$/Ton)	Valor de la Producción (Miles de \$)	Modalidad	Año
2	001-Pabellón, Ags.	0006 - Ajo	125	125	9.25	1.16	5,000.00	5,781.25	Riego	2002
3	001-Pabellón, Ags.	0010 - Alfalfa Achicalada	1,020.00	1,020.00	25.6	26.11	1,100.00	28,723.20	Riego	2002
4	001-Pabellón, Ags.	0064 - Chile Seco	100	100	2	0.2	23,000.00	4,600.00	Riego	2002
5	001-Pabellón, Ags.	0098 - Frijol (Alubia)	75	75	3	0.23	5,000.00	1,125.00	Riego	2002
6	001-Pabellón, Ags.	0134 - Maíz Grano	2,615.00	2,615.00	6.73	17.6	1,400.00	24,645.60	Riego	2002
7	001-Pabellón, Ags.	0168 - Otras Hortalizas	100	100	11.64	1.16	1,636.10	1,904.40	Riego	2002
8	001-Pabellón, Ags.	0176 - Otros Frutales	90	90	9	0.81	12,000.00	9,720.00	Riego	2002
9	001-Pabellón, Ags.	0179 - Otros Pastos	295	295	72.73	21.46	253.7	5,442.48	Riego	2002
10	001-Pabellón, Ags.	0184 - Papa	100	100	25.6	2.56	2,500.00	6,400.00	Riego	2002
11	001-Pabellón, Ags.	0212 - Sorgo Grano	68	68	7.86	0.53	1,300.00	694.82	Riego	2002
12	001-Pabellón, Ags.	0256 - Maíz Forrajero	2,615.00	2,615.00	39.94	104.45	226	23,604.41	Riego	2002
13	001-Pabellón, Ags.	0268 - Avena Forrajera	415	415	28	11.62	240	2,788.80	Riego	2002
14	001-Pabellón, Ags.	0006 - Ajo	145	145	10	1.45	5,200.00	7,540.00	Riego	2003
15	001-Pabellón, Ags.	0010 - Alfalfa Achicalada	1,020.00	1,020.00	30	30.6	1,300.00	39,780.00	Riego	2003
16	001-Pabellón, Ags.	0064 - Chile Seco	110	110	3	0.33	24,000.00	7,920.00	Riego	2003
17	001-Pabellón, Ags.	0098 - Frijol (Alubia)	50	50	3.5	0.18	3,500.00	612.50	Riego	2003
18	001-Pabellón, Ags.	0134 - Maíz Grano	3,837.00	3,837.00	6.91	26.5	1,609.20	42,647.63	Riego	2003

Teniendo el concentrado con todas las estadísticas se realizó una gráfica dinámica para poder extraer de cada DR su producción histórica de cada uno de los productos.



Las Láminas de Riego se recopilaron de las Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego del año agrícola 2013-2014, de las cuales se utilizaron los registros de los volúmenes de las láminas brutas para cada Distrito de Riego.

SGH-2013-2014.pdf - Adobe Acrobat Reader DC

Inicio Herramientas SGH-2013-2014.p... 75.5%

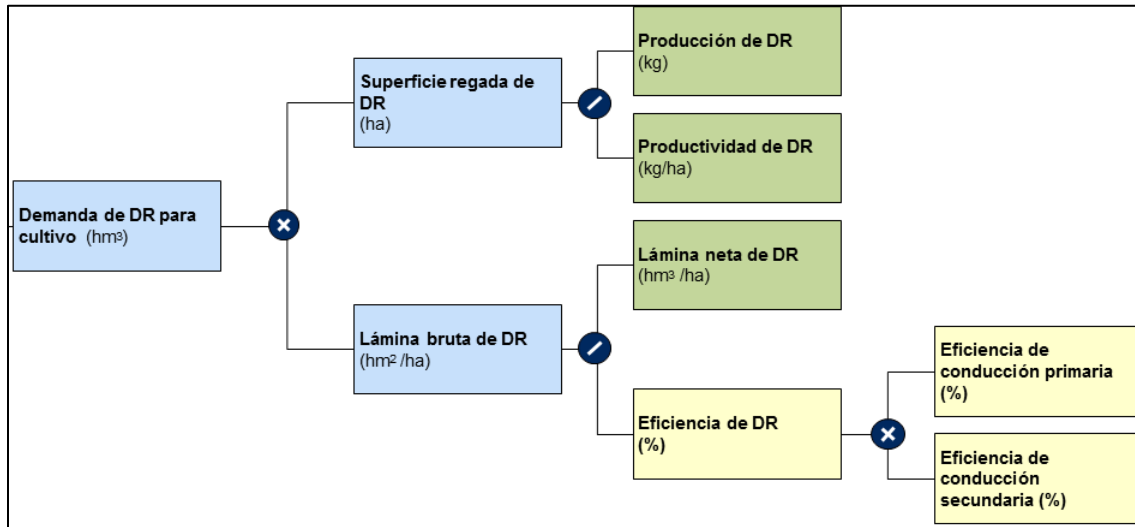
Resumen Estadístico Distrital

Superficie Regada en el año (ha)

Distrito	Superficie Regada (ha)	Superficie Regada (ha)	Superficie Regada (ha)	Total	Superficie Regada (ha)
001 Aguascalientes	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
002 Baja California	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
003 Baja California Sur	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
004 Baja Verapaz	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
005 Campeche	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
006 Chiapas	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
007 Chihuahua	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
008 Coahuila de Zaragoza	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
009 Colima	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
010 Durango	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
011 Guanajuato	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
012 Guerrero	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
013 Hidalgo	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
014 Jalisco	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
015 Mexico	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
016 Morelos	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
017 Nayarit	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
018 Nuevo Leon	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
019 Oaxaca	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
020 Queretaro	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
021 Quintana Roo	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
022 San Luis Potosi	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
023 Sinaloa	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
024 Sonora	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
025 Tamaulipas	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
026 Tlaxcala	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
027 Veracruz	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
028 Yucatan	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
029 Zacatecas	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

### CÁLCULO DE LA DEMANDA DE AGUA

Para el cálculo de la demanda de agua del uso de agrícola de los Distritos de Riego, se utilizó un algoritmo que considera la producción, el rendimiento de producción, las eficiencias y las láminas de riego para cada cultivo.



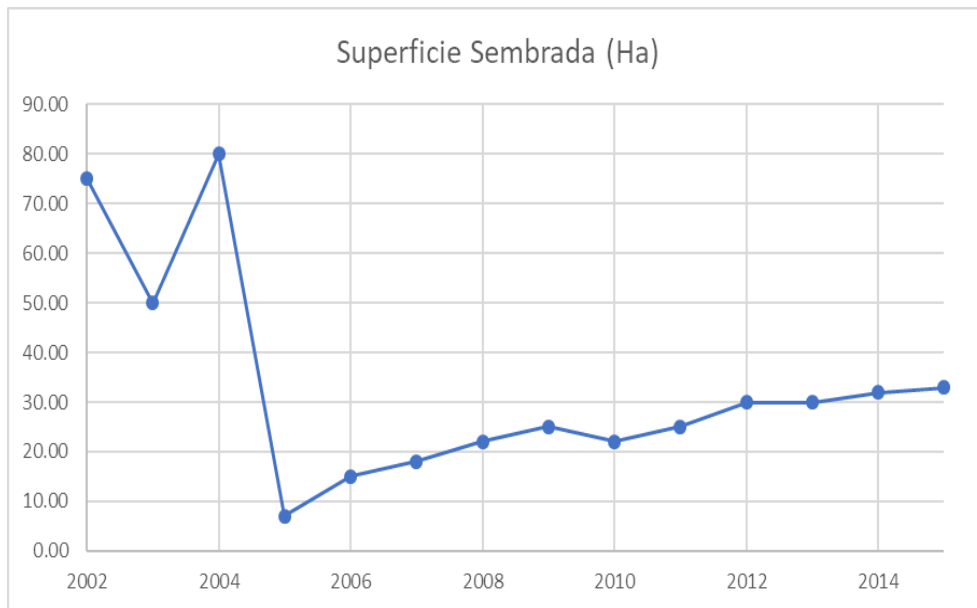
Cabe mencionar Para calcular la demanda de los Distritos de Riego se utilizó la información de las Estadísticas de Riego del ciclo agrícola 2014-2015 publicadas por la Conagua sobre la producción, el rendimiento (Productividad), láminas netas y eficiencias de cada cultivo y de cada Distrito de Riego.

## PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA DEL SECTOR AGRÍCOLA DR

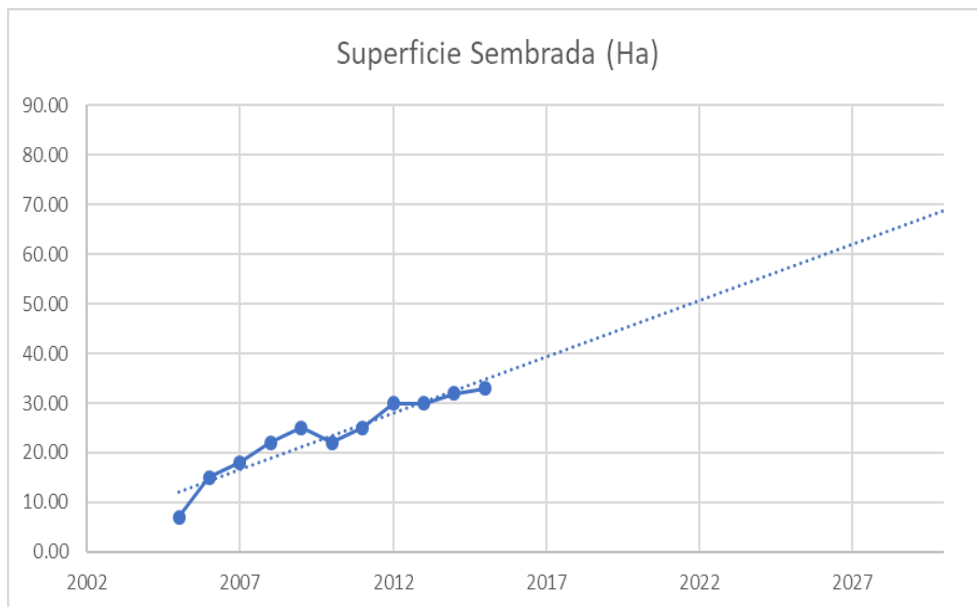
La proyección de cada cultivo se realizó utilizando el registro histórico del año 2002 al 2015 de cada cultivo.

Año	Superficie Sembrada (Ha)
2002	75.00
2003	50.00
2004	80.00
2005	7.00
2006	15.00
2007	18.00
2008	22.00
2009	25.00
2010	22.00
2011	25.00
2012	30.00
2013	30.00
2014	32.00
2015	33.00
<b>Total general</b>	<b>33.14</b>

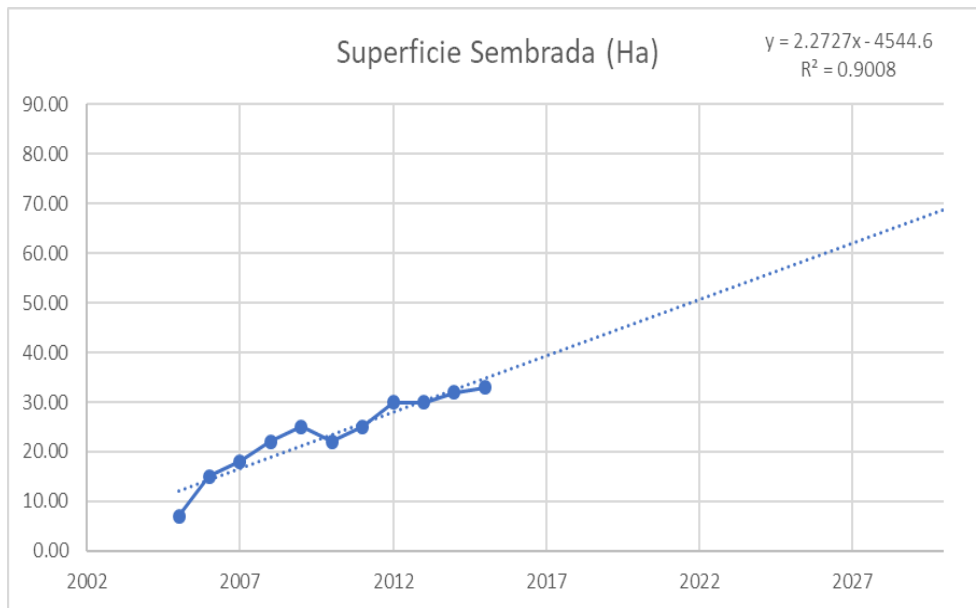
Con la tendencia de los 14 años de información que se recopilaron de la superficie sembrada de cada cultivo se realizaron gráficas de comportamiento.



Dado que en el año 2005 existe un salto donde la tendencia se ve muy cambiante, se decidió realizar una un ajuste con una línea de tendencia del al comportamiento de los años 2005 al 2016 y se extrapolo hasta el año 2030, para analizar su comportamiento.

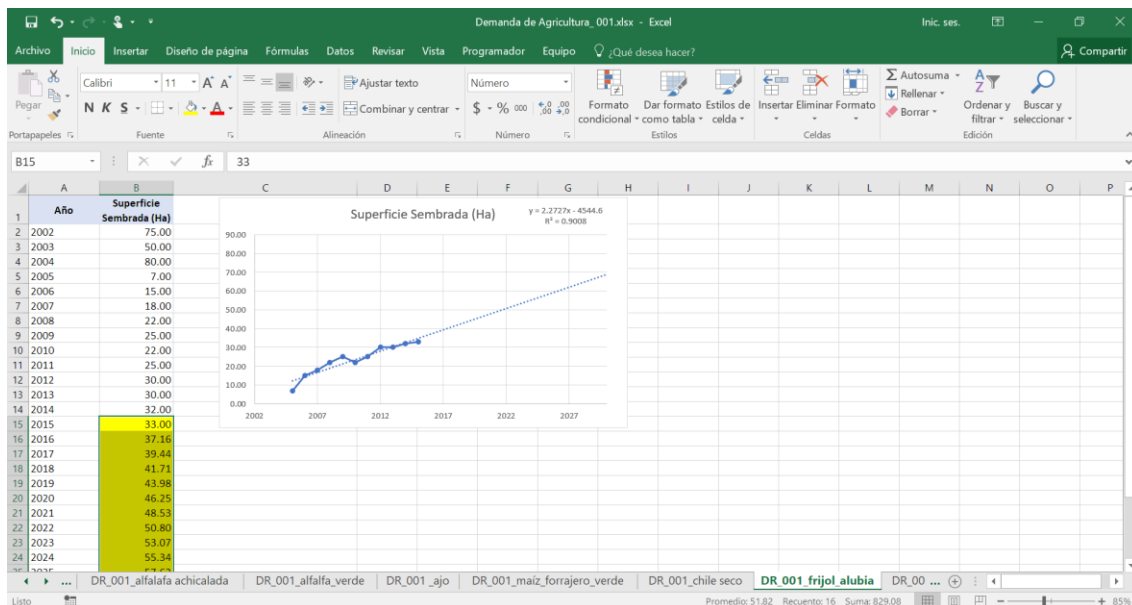


Ya con el ajuste aceptable, se extrajo la ecuación de la línea de tendencia y se revisó su error cuadrático que fuera aceptable.



Como se puede apreciar en la figura anterior, la mejor línea de tendencia es una ecuación exponencial, donde su error de ajuste es de 0.9008, el cual es un ajuste muy aceptable.

Teniendo la ecuación de la línea de tendencia con un ajuste aceptable, se procedió a calcular la producción correspondiente a los años 2018, 2024 y 2030.



El procedimiento anteriormente se repitió para cada uno de los cultivos correspondiente a cada Distrito de Riego.

Al finalizar cada una de las proyecciones se procedió a realizar un resumen donde se concentró toda la información recopilada.

Clave DR	Distrito de Riego	Cultivo	Superficie Sembrada (Ha)	Lámina Neta (cm)	Lámina Bruta (cm)	Superficie Regada 2018	Superficie Regada 2024	Superficie Regada 2030	Eficiencia de D
001	Pabellón, Ags.	0006 - Ajo	72	94.40	104.90	84.84	74.64	65.68	
001	Pabellón, Ags.	0011 - Alfalfa Verde	702	125.10	147.20	684.81	684.81	684.80	
001	Pabellón, Ags.	0022 - Avena Forrajera Verde	126	52.90	58.80	149.42	162.62	176.97	
001	Pabellón, Ags.	0029 - Broccoli	182	78.42	91.48	160.41	171.46	183.26	
001	Pabellón, Ags.	0065 - Chile Verde	147	113.90	126.60	132.41	133.50	134.59	
001	Pabellón, Ags.	0088 - Espárrago	39	119.53	131.82	39.00	39.00	39.00	
001	Pabellón, Ags.	0098 - Frijol (Alubia)	33	55.00	64.70	38.31	48.39	58.46	
001	Pabellón, Ags.	0133 - Maíz Forrajero Verde	2187	49.95	65.55	2,979.38	1,945.88	1,270.89	
001	Pabellón, Ags.	0134 - Maíz Grano	2195	49.95	65.55	1,718.26	1,717.82	1,717.39	
001	Pabellón, Ags.	0168 - Otras Hortalizas	92	76.49	86.86	97.09	97.06	97.03	
001	Pabellón, Ags.	0176 - Otros Frutales	82	101.60	112.90	115.76	115.78	115.80	
001	Pabellón, Ags.	0212 - Sorgo Grano	22	61.00	71.75	25.00	25.00	25.00	
001	Pabellón, Ags.	0270 - Otros Pastos (Verde)	140	121.83	143.33	170.00	206.06	242.01	
002	Mante, Tamps.	0044 - Caña de Azúcar Soca	11208	67.30	128.80	11,208.00	11,208.00	11,208.00	
002	Mante, Tamps.	0047 - Carretero (Zacate) Verde	138	15.30	29.30	94.90	105.22	116.66	
002	Mante, Tamps.	0152 - Naranja	12	62.00	120.00	15.21	24.15	38.33	
003	Tula, Hgo.	0011 - Alfalfa Verde	21165	145.29	225.33	25,511.76	24,540.80	23,609.50	
003	Tula, Hgo.	0022 - Avena Forrajera Verde	2313	67.70	106.90	3,194.42	4,167.56	5,140.70	
003	Tula, Hgo.	0025 - Bermuda (Zacate) Verde	435	77.51	148.85	167.70	88.25	46.44	
003	Tula, Hgo.	0029 - Broccoli	46	78.42	91.48	43.84	58.82	73.80	
003	Tula, Hgo.	0039 - Calabacita (Calabacín)	1292	40.91	62.72	1,440.40	2,090.20	2,740.00	
003	Tula, Hgo.	0051 - Cebada Forrajera Verde	900	93.03	148.02	587.69	412.49	289.52	
003	Tula, Hgo.	0065 - Chile Verde	488	73.34	110.11	555.34	820.23	1,211.46	
003	Tula, Hgo.	0078 - Coliflor	836	57.98	66.56	257.61	194.31	146.56	
003	Tula, Hgo.	0098 - Frijol (Alubia)	1702	40.82	62.20	1,344.88	883.65	580.60	
003	Tula, Hgo.	0115 - Maíz	70	31.43	69.44	43.23	45.88	46.33	

## DEMANDA DEL SECTOR AGRÍCOLA DE UNIDADES DE RIEGO

### RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN, PROCESO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Las estadísticas de la producción agrícola de las Unidades de Riego del país, se obtuvo de la base de datos Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP por sus siglas), <http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php>, de donde se descargó cada uno de los archivos de las Estadísticas de la Producción agrícola de los años 2002 a la 2016.

**Estadística de Producción Ganadera**

Los usuarios de la información podrán disponer de los datos anualizados de estadística básica pecuaria a nivel nacional, estatal en el periodo 1980 a 2005 y por Distrito de Desarrollo Rural y municipal a partir del 2006, la cual será de gran utilidad para el análisis del subsector y la toma de decisiones públicas y privadas que contribuyan al desarrollo rural sustentable del país.

**Datos y Recursos**

Datos Planos

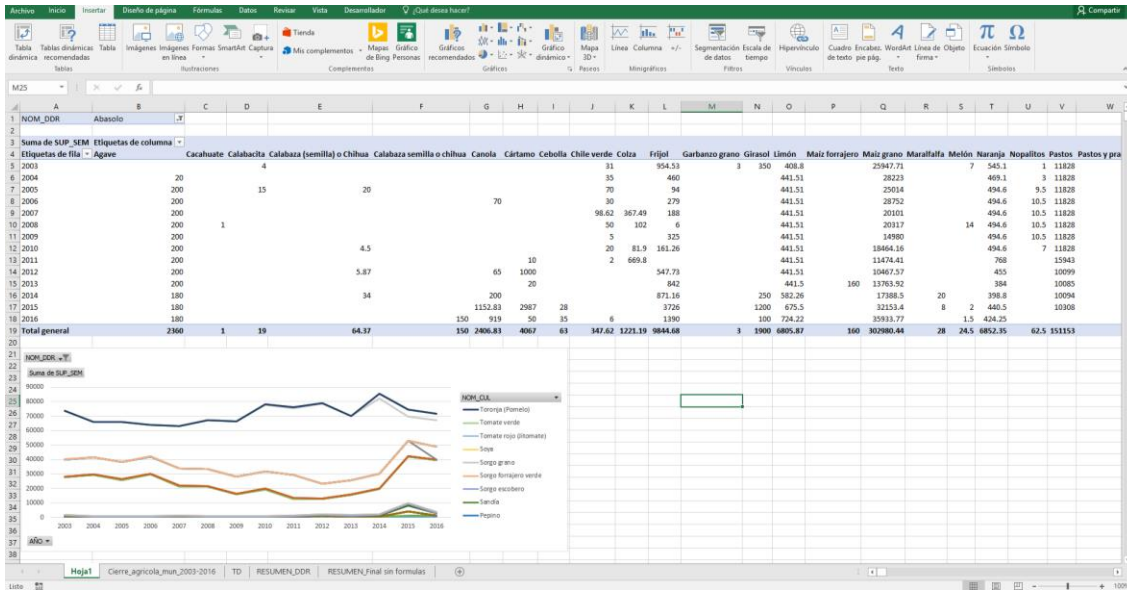
- [Estadística de la Producción Pecuaria de 2016](#)
- [Estadística de la Producción Pecuaria de 2015](#)
- [Estadística de la Producción Pecuaria de 2014](#)
- [Estadística de la Producción Pecuaria de 2013](#)
- [Estadística de la Producción Pecuaria de 2012](#)
- [Estadística de la Producción Pecuaria de 2011](#)
- [Estadística de la Producción Pecuaria de 2010](#)
- [Estadística de la Producción Pecuaria de 2009](#)
- [Estadística de la Producción Pecuaria de 2008](#)
- [Estadística de la Producción Pecuaria de 2007](#)
- [Estadística de la Producción Pecuaria de 2006](#)

La información se encuentra a nivel de Distrito de Desarrollo Rural (DDR), los cuales son un grupo de municipios de cada entidad federativa, agrupados en 193 distritos, donde cada uno de las estadísticas contienen:

- Entidad Federativa
- Nombre del Distrito de Desarrollo Rural
- Nombre del Municipio
- Modalidad (temporal, riego)
- Superficie sembrada (ha)
- Superficie cosechada (ha)
- Superficie siniestrada del cultivo (ha)
- Volumen de producción de superficie cosechada (Toneladas, gruesa, manoj, planta entre otros)
- Rendimiento o productividad (Ton/ha)
- Precio (pesos por tonelada)
- Valor de la producción (pesos corrientes)

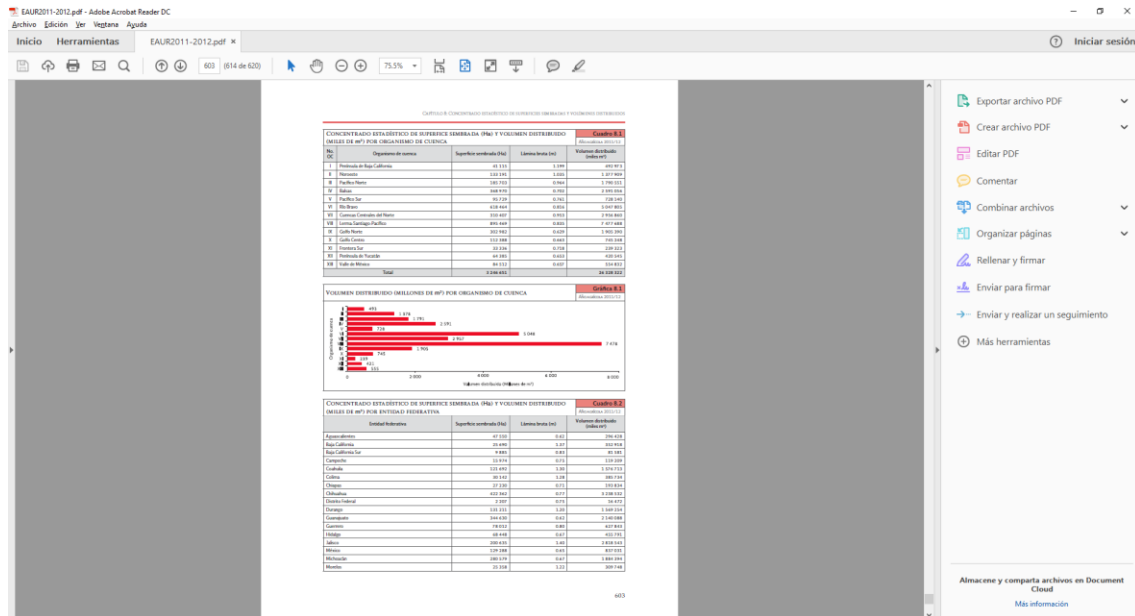
Se agruparon las estadísticas de los 14 años contenidos en la página en un solo archivo Excel, en donde se identificaron con el campo llamado Año, para diferenciar cada año.

Teniendo el concentrado con todas las estadísticas se realizó una gráfica dinámica para poder extraer de cada UR su producción histórica de cada uno de los productos.



Las Láminas de Riego fueron estimadas a partir de los volúmenes registrados en las Estadísticas Agrícolas de las Unidades de Riego del año agrícola 2011-2012, de las cuales se utilizaron los registros de los volúmenes de las láminas brutas para cada estado.

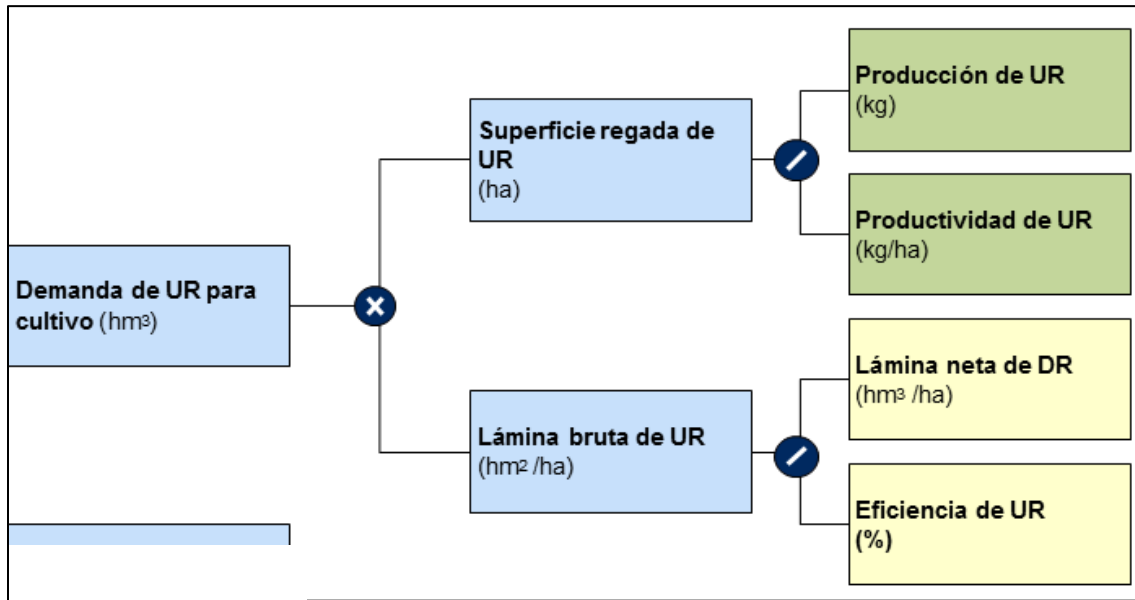




De estos volúmenes se ajustaron a cada cultivo según el estado donde se localizará la UR, distribuyendo el volumen total entre el porcentaje de superficie sembrada de cada cultivo.

NOM_ENT	CV_DDR	NOM_DDR	CV_CUL	NOM_CUL	Suma de SUP_SEM	% de superficie	Volumen total	Lámina Bruta	Lámina Neta	Eficiencia	ID Cultivo
1	Agua Caliente	1	1	1	1.00	0.00%	5.85	0.62	0.59	0.94	001-001
2	Agua Caliente	1	1	2	17.00	0.03%	99.47	0.62	0.59	0.94	001-003
3	Agua Caliente	1	1	3	286.00	0.56%	1,673.51	0.62	0.59	0.94	001-004
4	Agua Caliente	1	1	4	6,045.00	11.93%	35,371.94	0.62	0.59	0.94	001-007
5	Agua Caliente	1	1	5	3,925.00	7.75%	22,966.89	0.62	0.59	0.94	001-012
6	Agua Caliente	1	1	6	4.00	0.01%	23.41	0.62	0.59	0.94	001-014
7	Agua Caliente	1	1	7	10.00	0.02%	58.51	0.62	0.59	0.94	001-015
8	Agua Caliente	1	1	8	178.00	0.35%	1,041.56	0.62	0.59	0.94	001-018
9	Agua Caliente	1	1	9	4.00	0.01%	23.41	0.62	0.59	0.94	001-019
10	Agua Caliente	1	1	10	189.00	0.37%	1,105.92	0.62	0.59	0.94	001-023
11	Agua Caliente	1	1	11	141.00	0.28%	825.05	0.62	0.59	0.94	001-025
12	Agua Caliente	1	1	12	187.00	0.37%	1,094.22	0.62	0.59	0.94	001-028
13	Agua Caliente	1	1	13	41.00	0.08%	239.91	0.62	0.59	0.94	001-030
14	Agua Caliente	1	1	14	868.00	1.71%	5,079.05	0.62	0.59	0.94	001-031
15	Agua Caliente	1	1	15	383.00	0.76%	2,241.10	0.62	0.59	0.94	001-033
16	Agua Caliente	1	1	16	86.00	0.17%	503.22	0.62	0.59	0.94	001-034
17	Agua Caliente	1	1	17	732.00	1.44%	4,283.25	0.62	0.59	0.94	001-035
18	Agua Caliente	1	1	18	1,007.00	1.99%	5,892.40	0.62	0.59	0.94	001-037
19	Agua Caliente	1	1	19	2.00	0.00%	11.70	0.62	0.59	0.94	001-040
20	Agua Caliente	1	1	20	6,414.00	12.66%	37,531.12	0.62	0.59	0.94	001-041
21	Agua Caliente	1	1	21	1,151.00	2.27%	6,735.01	0.62	0.59	0.94	001-044
22	Agua Caliente	1	1	22	4.00	0.01%	23.41	0.62	0.59	0.94	001-045
23	Agua Caliente	1	1	23	6,685.00	13.20%	39,116.86	0.62	0.59	0.94	001-047
24	Agua Caliente	1	1	24	15,599.00	30.79%	91,276.58	0.62	0.59	0.94	001-048
25	Agua Caliente	1	1	25	50.00	0.10%	292.57	0.62	0.59	0.94	001-051
26	Agua Caliente	1	1	26	2.00	0.00%	11.70	0.62	0.59	0.94	001-054
27	Agua Caliente	1	1	27	200.00	0.39%	1,170.29	0.62	0.59	0.94	001-055
28	Agua Caliente	1	1	28	232.00	0.46%	1,357.53	0.62	0.59	0.94	001-056

**CÁLCULO DE LA DEMANDA DE AGUA DEL SECTOR HIDROGRÁFICO UR**  
En el caso del uso de agrícola en Unidades de Riego se utilizó el siguiente algoritmo:



La información correspondiente a la producción, el rendimiento (Productividad), láminas netas y eficiencias de cada cultivo de las Unidades de Riego proviene del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera, de las estadísticas correspondientes al año 2016, esta información viene organizada a nivel de Distrito de Desarrollo Rural.

Se realizó el cálculo de la demanda de agua de manera individual para cada uno de los cultivos de todos los distritos.

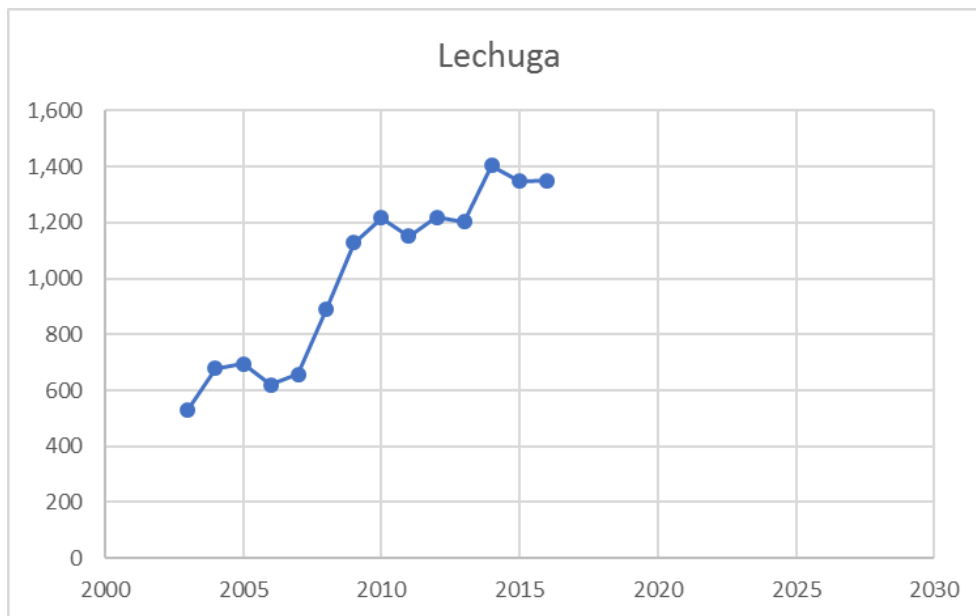
Clase DR	Nombre distrito de riego	ID Cultivo	Cultivo	Año	Superficie regada (ha)	Producción (Ton)	Productividad (kg/ha)	Lámina bruta (mm)	Lámina neta (mm)	Eficiencia	Eficiencia de conducción primaria	Eficiencia de conducción secundaria	Otros volúmenes estándares	Demanda de agua (hm³)
4907	Etoia-Piaetta-Sin	0117	0117 - Jimenata (tomate rojo)	2000	1,114.91	41.63	42.80	149.47	100.83	0.67				149.47
4908	Etoia-Piaetta-Sin	0124	0124 - Maiz Grano	2000	12,227.40	122.27	10.00	119.14	76.56	0.66				149.47
4909	Etoia-Piaetta-Sin	0168	0168 - Otras Hortalizas	2000	15.48	0.67	43.00	38.20	24.50	0.64				0.06
4910	Etoia-Piaetta-Sin	0168	0168 - Frijol	2000	372.12	19.74	53.00	195.76	90.75	0.64				3.80
4911	Etoia-Piaetta-Sin	0211	0211 - Sorgo Forrajero Verde	2000	182.04	2.91	16.00	75.06	53.81	0.72				1.37
4912	Etoia-Piaetta-Sin	0212	0212 - Sorgo Grano	2000	118.21	0.47	4.00	103.61	73.32	0.70				1.27
4913	Rio San Lorenzo-Sin	0011	0011 - Alfalfa Verde	2000	205.00	9.41	45.81	160.70	60.70	0.55				3.28
4914	Rio San Lorenzo-Sin	0044	0044 - Caña de Azúcar Soca	2000	250.00	22.09	88.84	285.89	110.88	0.53				7.15
4915	Rio San Lorenzo-Sin	0087	0087 - Ejeje	2000	27.17	0.32	11.80	92.96	49.41	0.53				0.25
4916	Rio San Lorenzo-Sin	0098	0098 - Frijol (Azufrá)	2000	962.44	2.02	2.50	86.47	46.01	0.53				8.52
4917	Rio San Lorenzo-Sin	0101	0101 - Garbanzo	2000	51.82	0.11	2.08	33.83	18.01	0.53				0.18
4918	Rio San Lorenzo-Sin	0117	0117 - Jimenata (tomate rojo)	2000	73.14	6.65	90.56	189.48	89.62	0.53				1.25
4919	Rio San Lorenzo-Sin	0130	0130 - Maiz Asociado	2000	7,937.07	68.01	8.60	133.14	70.43	0.53				100.42
4920	Rio San Lorenzo-Sin	0134	0134 - Maiz Grano	2000	30,354.58	306.58	10.10	133.14	70.43	0.53				404.14
4921	Rio San Lorenzo-Sin	0168	0168 - Otras Hortalizas	2000	30.67	1.28	9.20	152.90	78.66	0.52				2.47
4922	Rio San Lorenzo-Sin	0175	0175 - Otras Forrajes Verde	2000	63.73	2.32	36.42	181.87	95.89	0.53				1.18
4923	Rio San Lorenzo-Sin	0176	0176 - Otras Frutales	2000	113.89	1.78	15.60	46.75	24.40	0.52				0.51
4924	Rio San Lorenzo-Sin	0212	0212 - Sorgo Grano	2000	1,109.84	8.32	7.50	128.86	66.30	0.52				34.68
4925	Rio Verde- Progreso-Oax	0075	0075 - Cocoero Fruta	2000	10.00	0.08	8.00	52.29	34.00	0.65				0.05
4926	Rio Verde- Progreso-Oax	0091	0091 - Estrella (Zacate) Verde	2000	978.91	20.24	35.00	188.60	112.59	0.65				10.91
4927	Rio Verde- Progreso-Oax	0125	0125 - Limón	2000	118.12	1.58	12.00	110.68	71.94	0.65				1.28
4928	Rio Verde- Progreso-Oax	0126	0126 - Limón Asociado	2000	26.38	0.97	14.00	55.23	23.82	0.65				0.34
4929	Rio Verde- Progreso-Oax	0134	0134 - Maiz Grano	2000	15.38	0.08	4.00	35.11	18.61	0.65				0.12
4930	Rio Verde- Progreso-Oax	0140	0140 - Mango	2000	54.46	1.20	22.00	111.66	72.50	0.65				0.61
4931	Rio Verde- Progreso-Oax	0177	0177 - Otras Granos	2000	1.00	0.00	3.50	134.07	87.14	0.65				0.01
4932	Rio Verde- Progreso-Oax	0186	0186 - Papaya	2000	79.76	5.82	73.00	211.00	137.83	0.65				1.86
4933	Rio Verde- Progreso-Oax	0187	0187 - Piñano	2000	55.15	2.21	40.00	174.81	113.60	0.65				0.96
4934	Bahuaque- Progreso-Sin	0040	0040 - Cañabaca	2000	7.20	0.10	14.56	37.27	35.00	0.94				0.01
4935	Bahuaque- Progreso-Sin	0065	0065 - Chile Verde	2000	109.62	5.67	52.00	75.95	48.00	0.90				0.83
4936	Bahuaque- Progreso-Sin	0098	0098 - Frijol (Azufrá)	2000	370.83	0.74	2.00	34.80	32.04	0.92				1.39
4937	Bahuaque- Progreso-Sin	0117	0117 - Jimenata (tomate rojo)	2000	184.43	11.02	67.00	73.05	63.76	0.90				1.27
4938	Bahuaque- Progreso-Sin	0131	0131 - Maiz Estero	2000	706.87	20.60	18.00	138.81	72.38	0.82				6.25
4939	Bahuaque- Progreso-Sin	0134	0134 - Maiz Grano	2000	675.86	6.78	10.00	35.13	33.98	0.97				2.37
4940	Bahuaque- Progreso-Sin	0140	0140 - Mango	2000	190.20	1.90	10.00	64.41	64.41	1.00				1.26
4941	Bahuaque- Progreso-Sin	0168	0168 - Otras Hortalizas	2000	7.83	0.39	30.00	77.05	71.71	0.96				0.68
4942	Bahuaque- Progreso-Sin	0211	0211 - Sorgo Forrajero Verde	2000	53.83	0.86	16.00	130.09	73.60	0.57				0.70
4943	Bahuaque- Progreso-Sin	0212	0212 - Sorgo Grano	2000	171.74	1.07	6.00	30.45	29.37	0.96				0.86
4944	Apacahuigo	0011	0011 - Alfalfa Verde	2000	1,290.21	167.73	130.00	449.64	119.32	0.48				52.23
4945	Apacahuigo	0022	0022 - Avena Forrajera Verde	2000	889.06	9.38	25.00	105.45	48.11	0.46				4.04
4946	Apacahuigo	0039	0039 - Cañabaca (Cañabaco)	2000	3.05	0.03	10.00	43.49	31.21	0.51				0.62
4947	Apacahuigo	0051	0051 - Cebada Forrajera Verde	2000	176.32	3.53	20.00	81.25	36.60	0.45				1.43
4948	Apacahuigo	0065	0065 - Chile Verde	2000	15.48	0.12	8.00	173.50	91.90	0.54				0.27
4949	Apacahuigo	0078	0078 - Cofre	2000	11.37	0.36	23.60	66.56	37.98	0.87				0.57

## PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA DEL SECTOR AGRÍCOLA UR

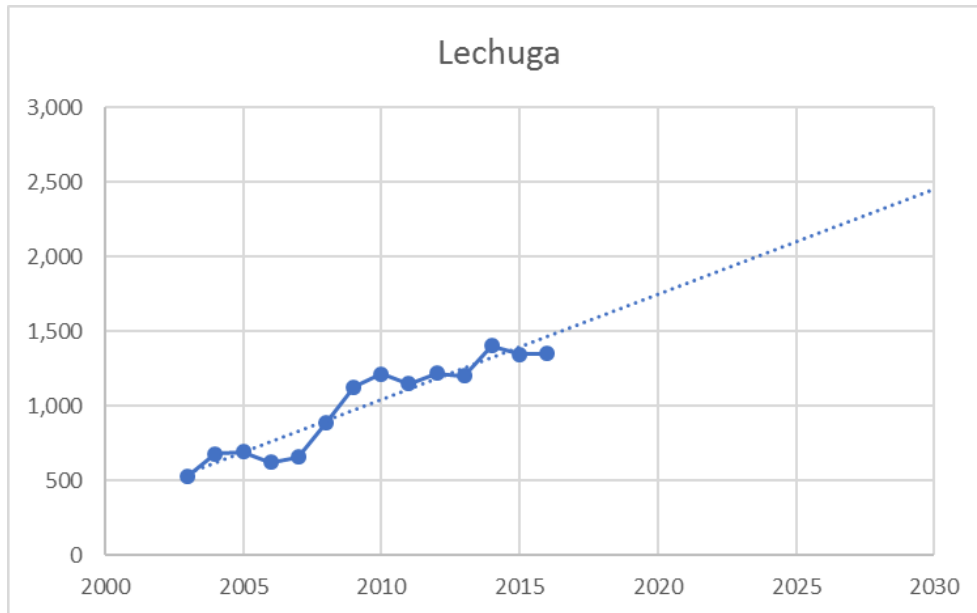
La proyección de cada cultivo se realizó utilizando el registro histórico del año 2002 al 2016 de cada cultivo.

AÑO	Superficie Sembrada (ha)
2003	530
2004	678
2005	694
2006	620
2007	658
2008	892
2009	1,127
2010	1,217
2011	1,151
2012	1,219
2013	1,203
2014	1,405
2015	1,348
2016	1,351

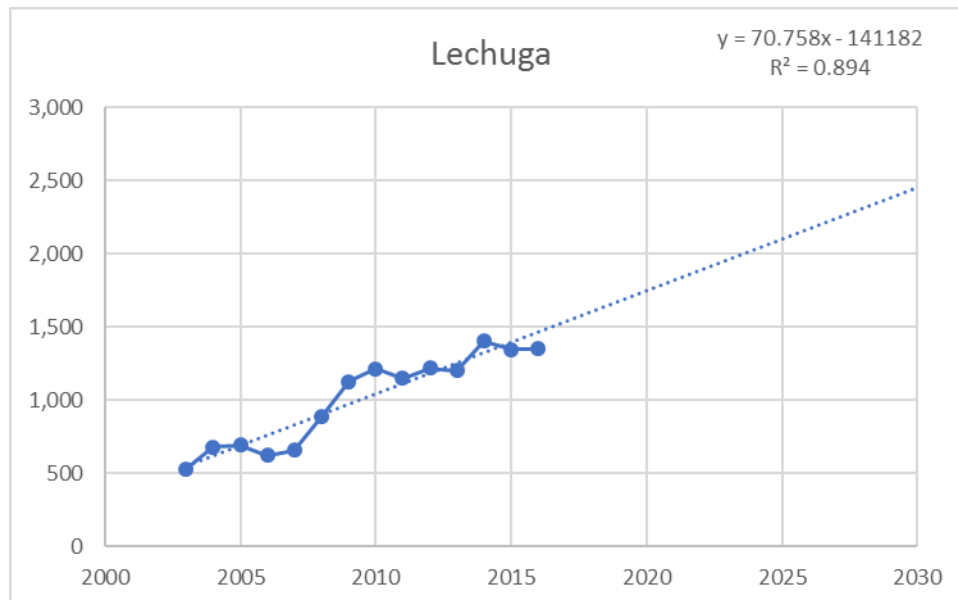
Con la tendencia de los 14 años de información que se recopilaron de la superficie sembrada de cada cultivo se realizaron gráficas de comportamiento.



A este comportamiento se le ajusto una línea de tendencia y se extrapolo hasta el año 2030, para analizar su comportamiento.

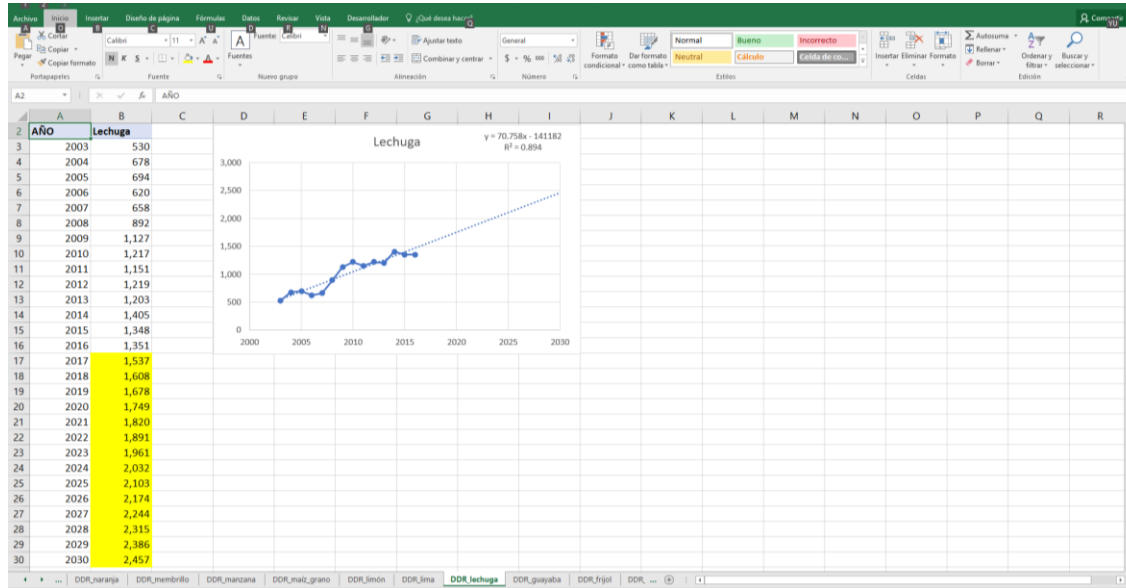


Ya con el ajuste aceptable, se extrajo la ecuación de la línea de tendencia y se revisó su error cuadrático que fuera aceptable.



Como se puede apreciar en la figura anterior, la mejor línea de tendencia es una ecuación exponencial, donde su error de ajuste es de 0.894, el cual es un ajuste muy aceptable.

Teniendo la ecuación de la línea de tendencia con un ajuste aceptable, se procedió a calcular la producción correspondiente a los años 2018, 2024 y 2030.



El procedimiento anteriormente se repitió para cada uno de los cultivos correspondiente a cada UR de los Distritos de Desarrollo Rural.

Al finalizar cada una de las proyecciones se procedió a realizar un resumen donde se concentró toda la información recopilada.

CV_DDR	NOM_DDR	CV_CUL	NOM_CUL	Superficie Sembrada 2016	Superficie Sembrada 2018	Superficie Sembrada 2024	Superficie Sembrada 2030
159	Abasolo	238	Limón	724.22	635.15	739.87	844.
159	Abasolo	247	Maíz grano	21,192.77	13,933.32	13,301.76	12,670.
159	Abasolo	283	Naranja	419.25	410.62	375.55	340.
159	Abasolo	482	Pastos y praderas	8,969.00	8,969.00	8,969.00	8,969.
159	Abasolo	378	Sorgo grano	493.00	3,854.66	4,258.88	4,663.
159	Abasolo	397	Toronja (Pomelo)	3.00	18.69	19.11	19.
98	Acaponeta	74	Calabacita	2.50	2.50	2.50	2.
98	Acaponeta	79	Camote	3.50	3.50	3.50	3.
98	Acaponeta	139	Chile verde	60.00	58.95	41.63	29.
98	Acaponeta	174	Frijol	1,167.00	1,290.16	1,065.88	841.
98	Acaponeta	220	Jicama	376.00	423.69	765.09	1,381.
98	Acaponeta	238	Limón	2.50	5.24	4.59	4.
98	Acaponeta	248	Maíz forrajero en verde	303.00	303.00	303.00	303.
98	Acaponeta	247	Maíz grano	285.00	585.00	1,185.00	1,785.
98	Acaponeta	256	Mango	181.00	423.00	1,149.00	1,875.
98	Acaponeta	267	Melón	192.00	156.63	140.27	123.
98	Acaponeta	313	Papaya	4.50	4.50	4.50	4.
98	Acaponeta	319	Pepino	11.00	62.26	60.86	60.
98	Acaponeta	337	Plantero de tabaco (planta)	3.30	4.08	5.85	7.

## DEMANDA DEL SECTOR PECUARIO

### RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN, PROCESO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

La información de las estadísticas de uso pecuario se obtuvo de la base de datos Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP por sus siglas), <http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php>, de donde se descargó cada uno de los archivos de las Estadísticas de la Producción Pecuaria.



La información de la producción Ganadera se encuentra a nivel de Distrito de Desarrollo Rural, los cuales son un grupo de municipios de cada entidad federativa, de la cual se encontró información del año 2006 al 2016, de donde se obtuvo información de la producción por cada tipo de especie y tipo de producto:

Especie	Producto
Abeja	Miel
	Cera
Ave	Carne
	Ganado en pie
	Huevo-Plato
Bovino	Carne
	Ganado en pie
	Leche
Caprino	Carne
	Ganado en pie

Especie	Producto
	Leche
Guajolote	Carne
	Ganado en pie
Ovino	Carne
	Ganado en pie
	Lana
Porcino	Carne
	Ganado en pie

Cada uno de los archivos de las Estadísticas de Producción Pecuaria de cada año, contienen la siguiente información:

- Entidad Federativa
- Nombre del Distrito de Desarrollo Rural
- Nombre del Municipio
- Especie
- Nombre del Producto
- Volumen de producción
- Peso
- Valor de producción

Se agruparon las estadísticas de los 10 años contenidos en la página en un solo archivo Excel, en donde se identificaron con el campo llamado Año, para diferenciar cada año.

Teniendo el concentrado con todas las estadísticas se realizó una tabla dinámica para poder extraer para cada Distrito de Desarrollo Rural y cada especie su producción histórica de cada uno de los productos.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Nomddr	Abasolo										
2	Nomespecie	Porcino										
3												
4	Suma de Volumen	Etiquetas de columna										
5	Etiquetas de fila	Carne		Ganado en pie	Total general							
6	2006	429.05	520.75	949.80								
7	2007	331.92	401.47	733.38								
8	2008	351.90	459.50	811.40								
9	2009	352.56	443.61	796.18								
10	2010	328.40	439.31	767.71								
11	2011	445.62	581.74	1,027.36								
12	2012	220.42	281.33	501.75								
13	2013	197.00	255.53	452.53								
14	2014	163.08	214.28	377.35								
15	2015	81.41	110.64	192.06								
16	2016	95.21	123.85	219.06								
17	<b>Total general</b>	<b>2,996.57</b>	<b>3,832.01</b>	<b>6,828.58</b>								
18												
19												
20												

Asimismo, se recopiló información el consumo de agua de cada uno de los productos de las diferentes especies que comprenden la producción ganadera.

La información se recopiló de diferentes sitios de internet, entre los cuales está la FAO, SAGARPA.

Dicha información nos proporcionó los consumos promedios que se requieren para producir un cierto volumen de producto de cada especie, por ejemplo:

Una colmena consume entre 3 y 4 litros al día de agua, y tarda aproximadamente 21 días para producir un kilo de miel.

Consumo de agua para 1 kg de miel			
Miel	Lt/día	días	Litros
Agua	3	21	63

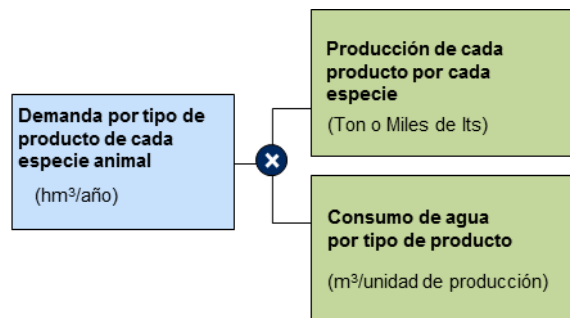
Como se puede observar en la tabla, una colmena ocupa 63 litros de agua para producir un kilogramo de miel.

De este modo se obtuvo el consumo unitario de agua para cada tipo de producto de cada especie.



## CÁLCULO DE LA DEMANDA DE AGUA

El algoritmo utilizado para el cálculo de la demanda de agua para cada tipo de producto de cada especie del uso pecuario, es el siguiente:



Con el cual, se realizó el cálculo de la demanda para cada producto de cada especie de cada Distrito de Desarrollo Rural de manera individual.

La demanda de agua actual se calculó utilizando la producción del año 2016 que se descargó de la página del SIAP, y para el cálculo de la demanda futura de los años 2018, 2024 y 2030, se utilizó la producción que se proyectó tal como se indica más adelante. Para los casos se utilizó el consumo unitario de agua que se estimó como se indicó anteriormente para cada producto.

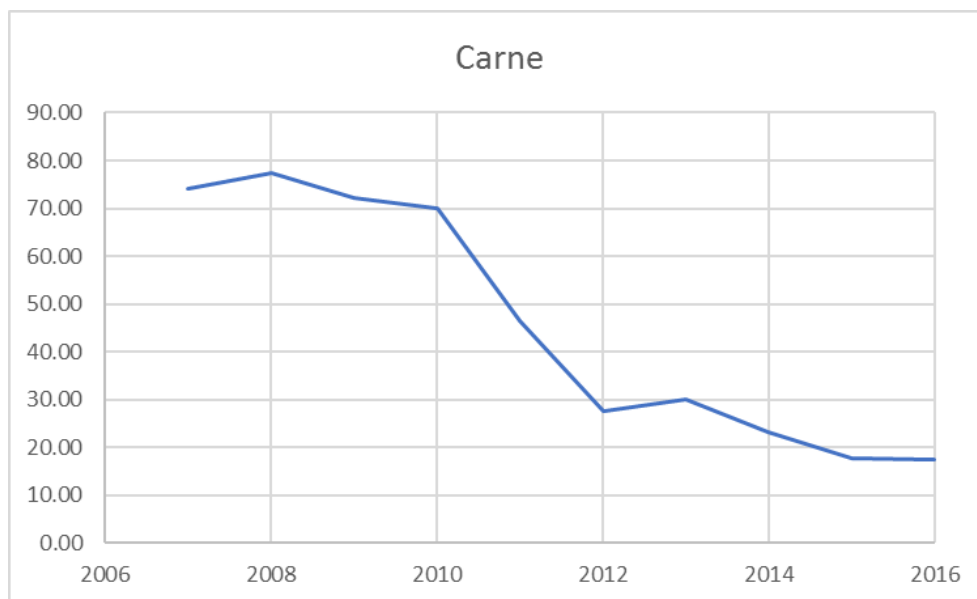
Clave de Distrito de Desarrollo Rural	Nombre de Distrito de Desarrollo Rural	Clave Especie	Especie	Clave Producto	Nombre Producto	Año	Producción (Ton)	Consumo de agua (lts/unidad de producción)	Fuente de Información de producción	Año de información de producción	Demanda de agua (hm³)
1	1 Aguascalientes	3	Ave	1	Carne	2015	322,017.64	8,050.00	Estadística de Producción Ganadera I	2016	2,592
12	1 Aguascalientes	3	Ave	8	Ganado en pie	2015	407,583.50	8,050.00	Estadística de Producción Ganadera I	2016	3,281
13	1 Aguascalientes	3	Ave	4	Huevo-plato	2015	7,119.57	14,800.00	Estadística de Producción Ganadera I	2016	0,105
14	1 Aguascalientes	4	Bovino	1	Carne	2015	35,516.76	72,600.00	Estadística de Producción Ganadera I	2016	2,579
15	1 Aguascalientes	4	Bovino	3	Ganado en pie	2015	66,647.30	72,600.00	Estadística de Producción Ganadera I	2016	4,839
16	1 Aguascalientes	4	Bovino	6	Leche	2015	406,873.63	3,500.00	Estadística de Producción Ganadera I	2016	1,424
17	1 Aguascalientes	6	Caprino	1	Carne	2015	160.77	6,680.00	Estadística de Producción Ganadera I	2016	0,001
18	1 Aguascalientes	6	Caprino	3	Ganado en pie	2015	309.21	6,680.00	Estadística de Producción Ganadera I	2016	0,002
19	1 Aguascalientes	12	Ovino	1	Carne	2015	419.50	10,510.00	Estadística de Producción Ganadera I	2016	0,004
20	1 Aguascalientes	12	Ovino	3	Ganado en pie	2015	802.31	10,510.00	Estadística de Producción Ganadera I	2016	0,008
21	1 Aguascalientes	14	Porcino	1	Carne	2015	14,978.70	12,240.00	Estadística de Producción Ganadera I	2016	0,183
22	1 Aguascalientes	14	Porcino	3	Ganado en pie	2015	20,017.80	12,240.00	Estadística de Producción Ganadera I	2016	0,245
23	2 Ensenada	1	Abeja	7	Miel	2015	10.93	63,000.00	Estadística de Producción Ganadera I	2016	0,001
24	2 Ensenada	3	Ave	1	Carne	2015	925.85	8,050.00	Estadística de Producción Ganadera I	2016	0,007
25	2 Ensenada	3	Ave	8	Ganado en pie	2015	1,209.05	8,050.00	Estadística de Producción Ganadera I	2016	0,010
26	2 Ensenada	3	Ave	4	Huevo-plato	2015	2,839.72	14,800.00	Estadística de Producción Ganadera I	2016	0,042
27	2 Ensenada	4	Bovino	1	Carne	2015	2,903.41	72,600.00	Estadística de Producción Ganadera I	2016	0,211
28	2 Ensenada	4	Bovino	3	Ganado en pie	2015	5,264.02	72,600.00	Estadística de Producción Ganadera I	2016	0,382
29	2 Ensenada	4	Bovino	6	Leche	2015	152,943.34	3,500.00	Estadística de Producción Ganadera I	2016	0,535
30	2 Ensenada	6	Caprino	1	Carne	2015	97.79	6,680.00	Estadística de Producción Ganadera I	2016	0,001
31	2 Ensenada	6	Caprino	3	Ganado en pie	2015	194.55	6,680.00	Estadística de Producción Ganadera I	2016	0,001
32	2 Ensenada	12	Ovino	1	Carne	2015	131.70	10,510.00	Estadística de Producción Ganadera I	2016	0,001
33	2 Ensenada	12	Ovino	3	Ganado en pie	2015	253.25	10,510.00	Estadística de Producción Ganadera I	2016	0,003
34	2 Ensenada	14	Porcino	1	Carne	2015	433.57	12,240.00	Estadística de Producción Ganadera I	2016	0,005
35	2 Ensenada	14	Porcino	3	Ganado en pie	2015	571.08	12,240.00	Estadística de Producción Ganadera I	2016	0,007
36	3 Río Colorado	1	Abeja	7	Miel	2015	2.57	9,500.00	Estadística de Producción Ganadera I	2016	0,000
37	3 Río Colorado	1	Abeja	7	Miel	2015	77.57	63,000.00	Estadística de Producción Ganadera I	2016	0,005
38	3 Río Colorado	3	Ave	4	Huevo-plato	2015	20,988.47	14,800.00	Estadística de Producción Ganadera I	2016	0,311
39	3 Río Colorado	4	Bovino	1	Carne	2015	86,778.16	72,600.00	Estadística de Producción Ganadera I	2016	6,300

## PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA

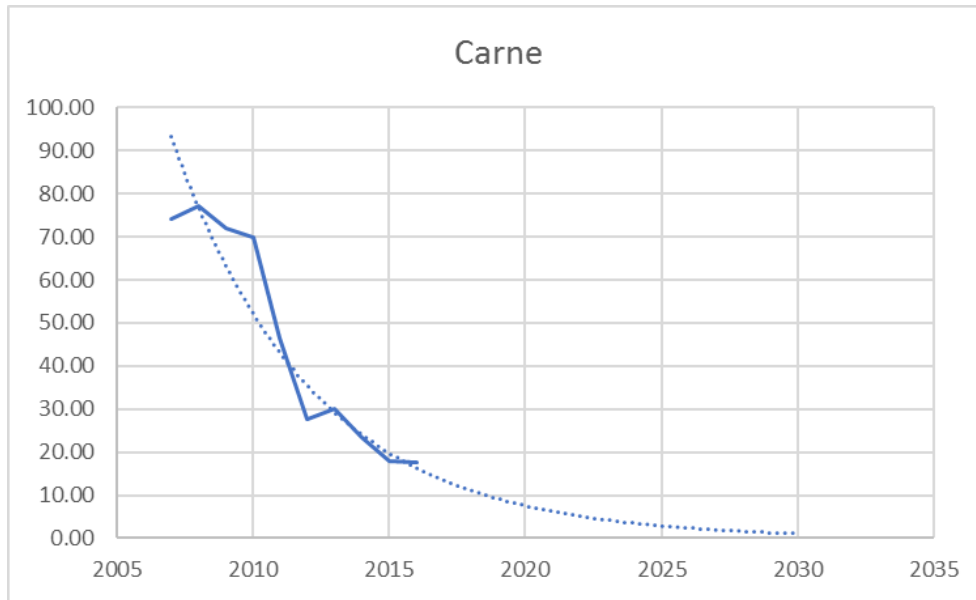
Para la proyección de cada producto de cada especie, se utilizaron los concentrados que se realizaron con el histórico de cada producto de cada especie que se extrajeron a través de lo tabla dinámica.

	A	B	C	D	E
1	Etiquetas de	Carne	Ganado en pie	Huevo-plato	
2	2006	41.13	52.95	20.99	
3	2007	49.70	63.66	22.60	
4	2008	50.64	64.54	22.97	
5	2009	50.68	64.19	23.52	
6	2010	35.50	44.81	24.06	
7	2011	29.31	36.86	13.87	
8	2012	17.87	22.57	9.67	
9	2013	19.70	23.72	10.78	
10	2014	15.15	18.47	9.35	
11	2015	12.39	15.31	15.68	
12	2016	7.86	9.42	11.44	

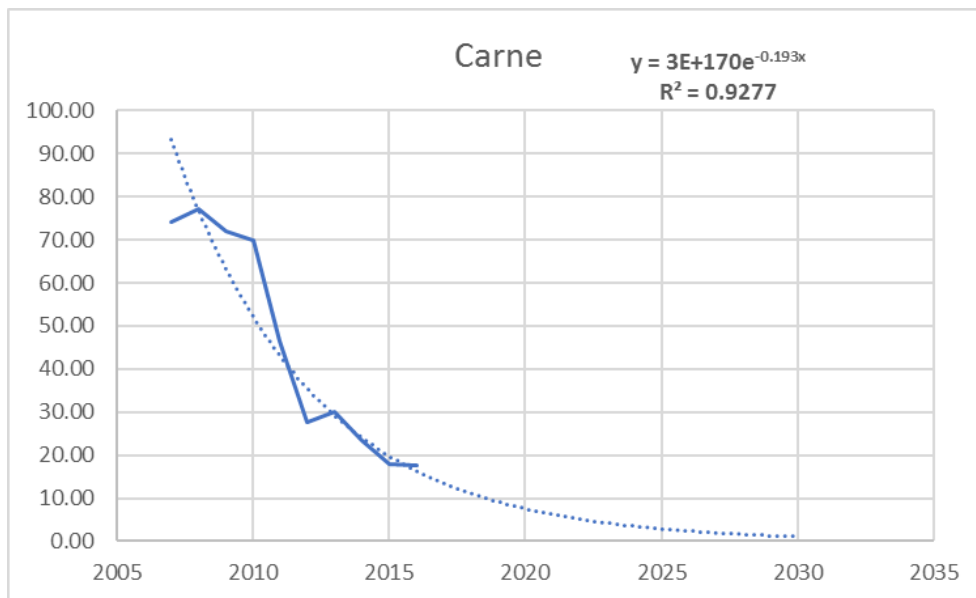
Con la tendencia de los 10 años de información que se recopilaron de la producción de cada producto se realizaron gráficas de comportamiento.



A este comportamiento se le ajusto una línea de tendencia y se extrapolo hasta el año 2030, para analizar su comportamiento.

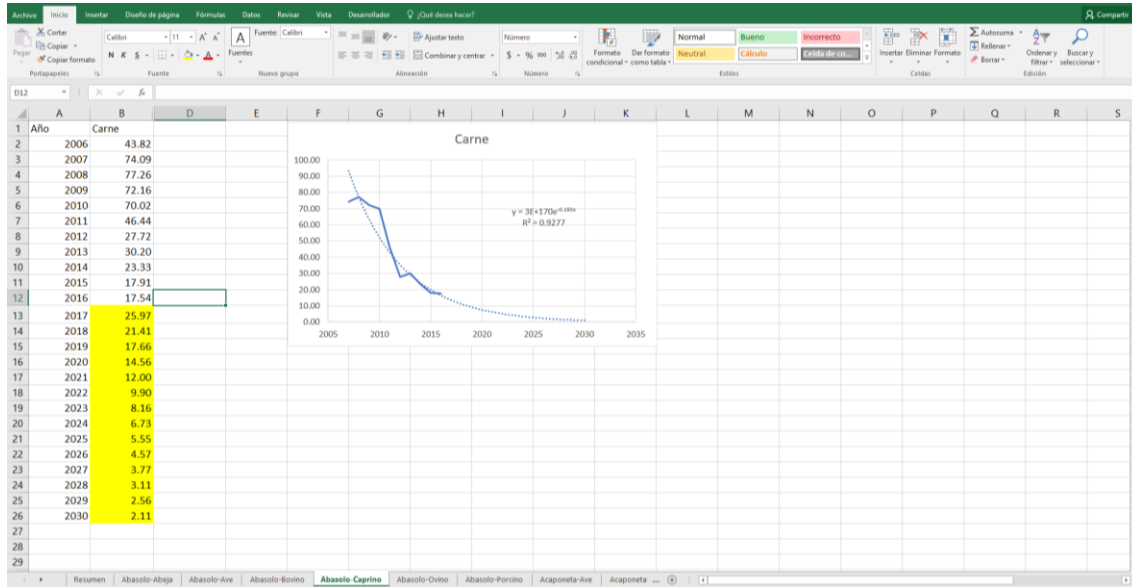


Si el ajuste era aceptable se extrajo la ecuación de la línea de tendencia y se revisó su error cuadrático que fuera aceptable.



Como se puede apreciar en la figura anterior, la mejor línea de tendencia es una ecuación exponencial, donde su error de ajuste es de 0.9277, el cual es un ajuste muy aceptable.

Teniendo la ecuación de la línea de tendencia con un ajuste aceptable, se procedió a calcular la producción correspondiente a los años 2018, 2024 y 2030.



El procedimiento anteriormente se repitió para cada uno de los siete diferentes productos correspondiente a las siete especies que se producen en los Distritos de Desarrollo Rural.

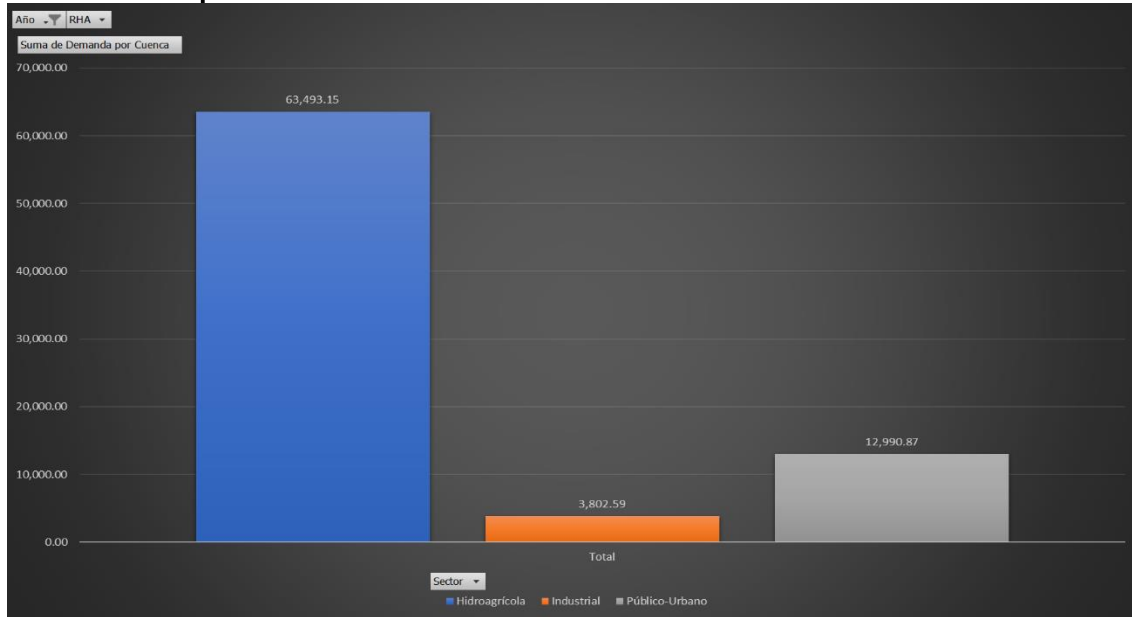
Al finalizar cada una de las proyecciones se procedió a realizar un resumen donde se concentró toda la información recopilada.

Cvecdr	Nomcdr	Cvespecie	Nomespecie	Cveproducto	Nomproducto	Nombre producto	Unidades	Producción 2016	Producción 2018	Producción 2024	Producción 2030
1	Aguascalientes	1	Abeja	7	Miel	Abeja-Miel	Toneladas	663.71	674.20	865.60	1,057.00
2	Aguascalientes	3	Ave	1	Carne	Ave-Carne	Toneladas	322,017.64	244,800.00	326,400.00	408,000.00
3	Aguascalientes	3	Ave	8	Ganado en pie	Ave-Ganado en pie	Toneladas	407,583.50	513,200.00	617,600.00	722,000.00
4	Aguascalientes	3	Ave	4	Huevo-plato	Ave-Huevo-plato	Toneladas	7,119.57	7,020.81	6,114.81	5,208.81
5	Aguascalientes	4	Bovino	1	Carne	Bovino-Carne	Toneladas	35,516.76	34,920.00	46,560.00	58,200.00
6	Aguascalientes	4	Bovino	3	Ganado en pie	Bovino-Ganado en pie	Toneladas	66,647.30	67,320.00	89,760.00	112,200.00
7	Aguascalientes	4	Bovino	6	Leche	Bovino-Leche	Miles de Litros	406,873.63	429,177.91	571,745.53	791,682.19
8	Aguascalientes	6	Caprino	1	Carne	Caprino-Carne	Toneladas	160.77	165.50	170.52	175.70
9	Aguascalientes	6	Caprino	3	Ganado en pie	Caprino-Ganado en pie	Toneladas	309.21	316.16	315.21	314.26
10	Aguascalientes	12	Ovino	1	Carne	Ovino-Carne	Toneladas	419.50	433.02	416.71	401.01
11	Aguascalientes	12	Ovino	3	Ganado en pie	Ovino-Ganado en pie	Toneladas	802.31	841.22	794.96	748.70
12	Aguascalientes	14	Porcino	1	Carne	Porcino-Carne	Toneladas	14,978.70	14,760.11	17,280.11	19,800.11
13	Aguascalientes	14	Porcino	3	Ganado en pie	Porcino-Ganado en pie	Toneladas	20,017.80	20,436.87	24,252.87	28,068.87
14	Ensenada	1	Abeja	7	Miel	Abeja-Miel	Toneladas	10.93	10.10	6.80	3.50
15	Ensenada	3	Ave	1	Carne	Ave-Carne	Toneladas	925.85	862.00	616.00	370.00
16	Ensenada	3	Ave	8	Ganado en pie	Ave-Ganado en pie	Toneladas	1,209.05	1,032.40	743.20	454.00
17	Ensenada	3	Ave	4	Huevo-plato	Ave-Huevo-plato	Toneladas	2,839.72	3,642.00	2,856.00	2,070.00
18	Ensenada	4	Bovino	1	Carne	Bovino-Carne	Toneladas	2,903.41	3,095.52	2,058.46	1,368.83
19	Ensenada	4	Bovino	3	Ganado en pie	Bovino-Ganado en pie	Toneladas	5,264.02	6,134.74	4,173.55	2,839.33
20	Ensenada	4	Bovino	6	Leche	Bovino-Leche	Miles de Litros	152,943.34	144,180.00	132,240.00	120,300.00
21	Ensenada	6	Caprino	1	Carne	Caprino-Carne	Toneladas	97.79	77.64	51.63	34.33
22	Ensenada	6	Caprino	3	Ganado en pie	Caprino-Ganado en pie	Toneladas	194.55	152.53	102.71	69.17
23	Ensenada	12	Ovino	1	Carne	Ovino-Carne	Toneladas	131.70	135.64	134.62	133.62
24	Ensenada	12	Ovino	3	Ganado en pie	Ovino-Ganado en pie	Toneladas	253.25	262.30	264.95	267.61
25	Ensenada	14	Porcino	1	Carne	Porcino-Carne	Toneladas	433.57	361.44	213.43	126.03

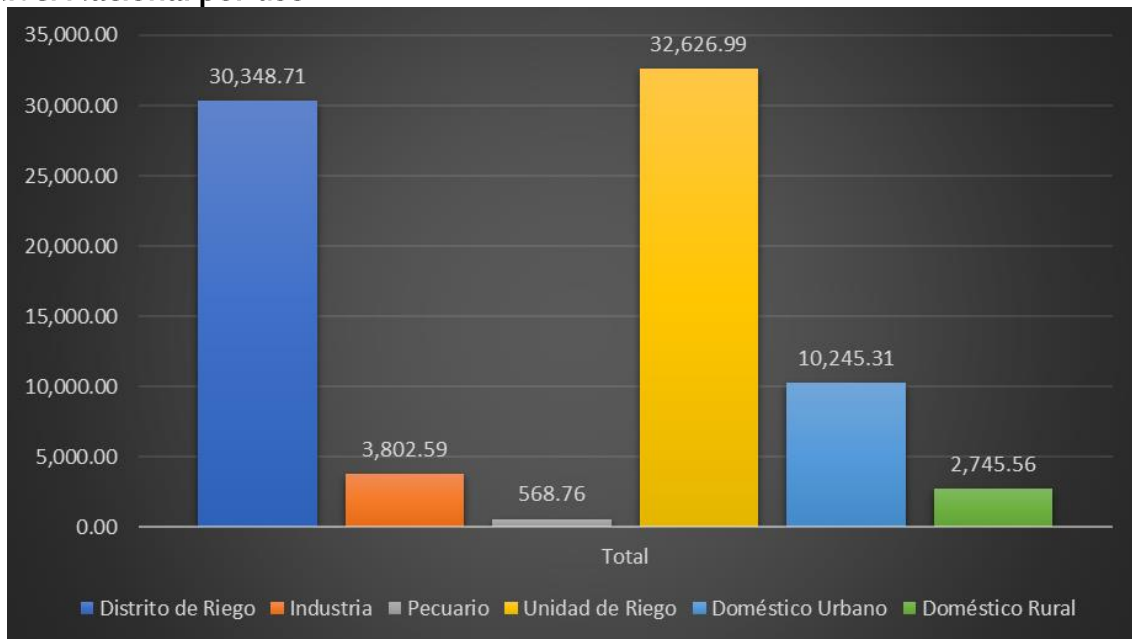
## RESUMEN DEL CÁLCULO DE LA DEMANDA DE AGUA

Ya determinadas todas las demandas, se realizó un resumen con una gráfica dinámica de la demanda por sector y por uso donde se muestra el comportamiento de cada una de las demandas a nivel nacional, regional y RHA-cuenca.

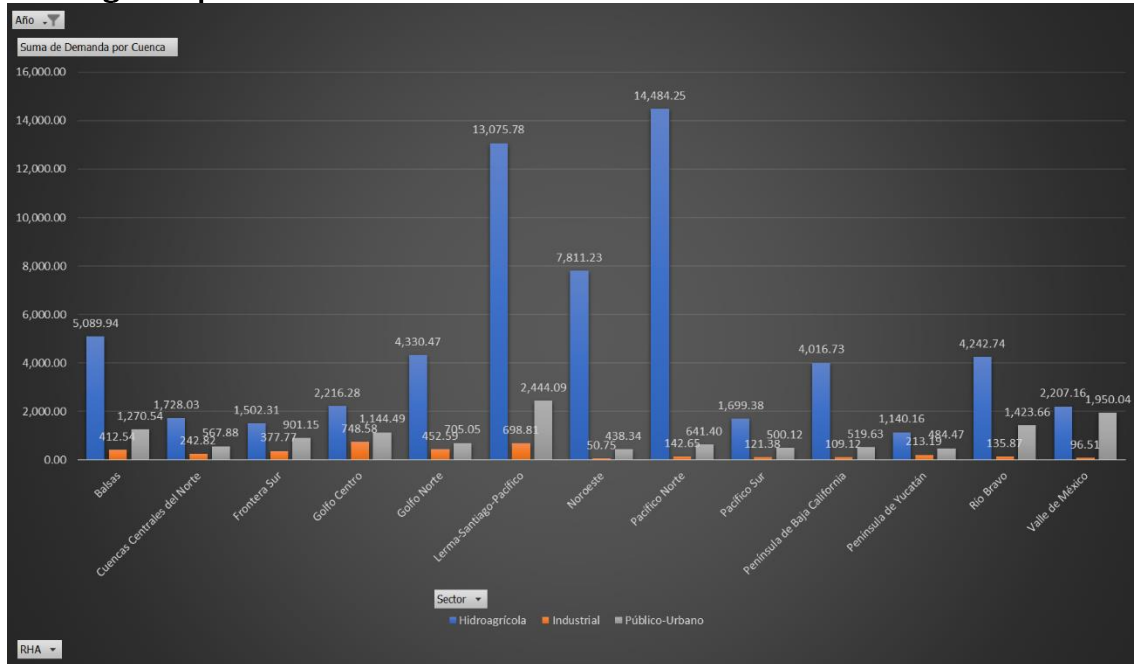
### Nivel Nacional por sector



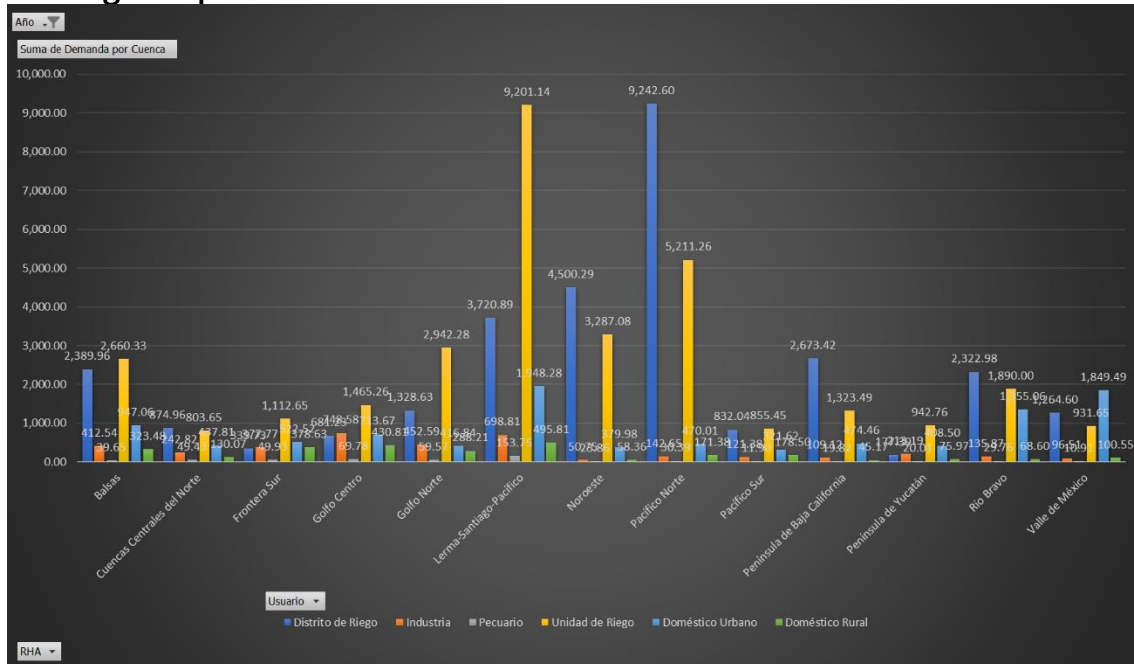
### Nivel Nacional por uso



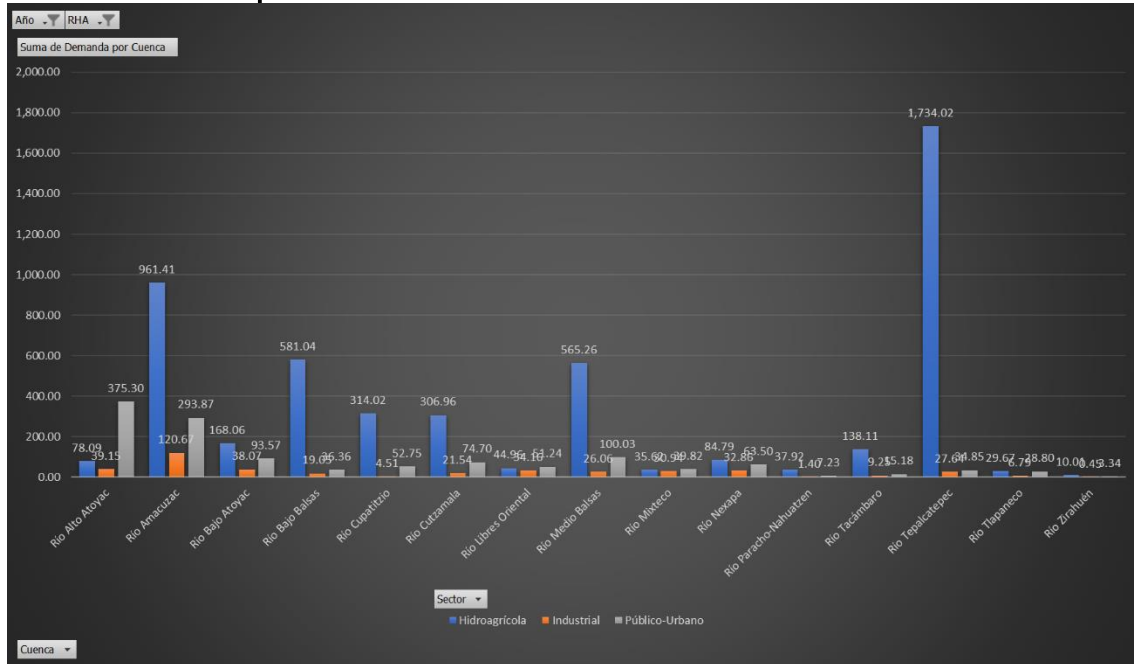
### Nivel Regional por sector



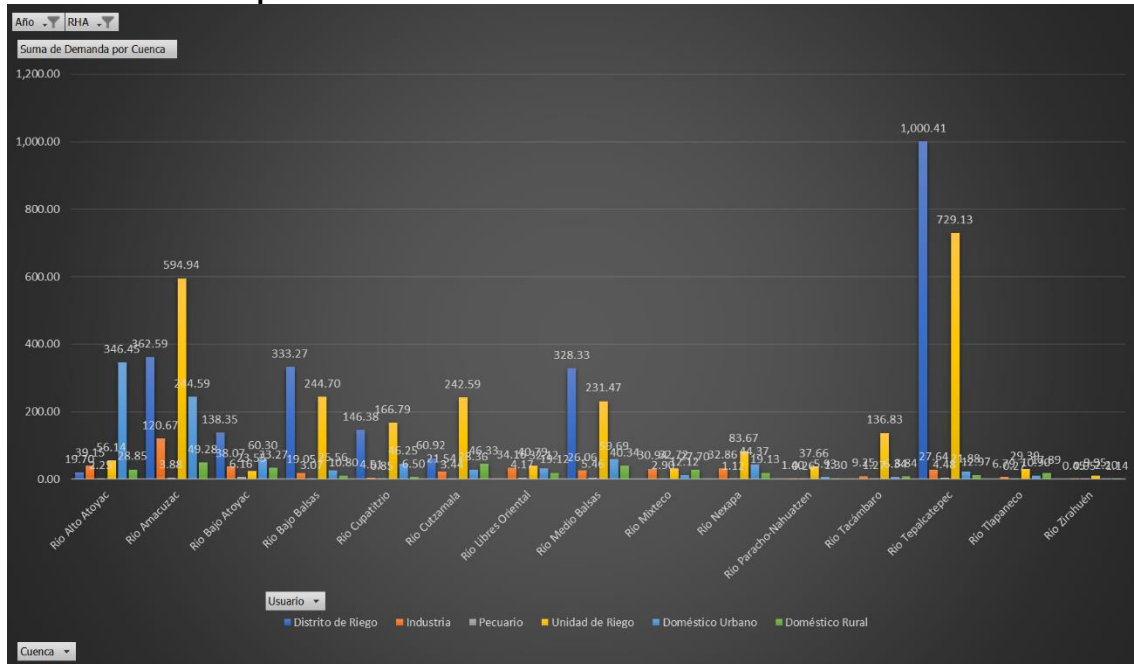
### Nivel Regional por uso



### Nivel RHA-Cuenca por sector

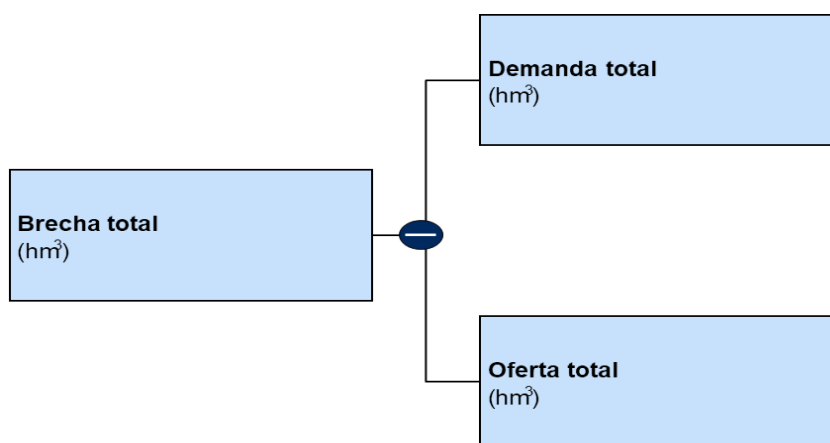


### Nivel RHA-Cuenca por uso

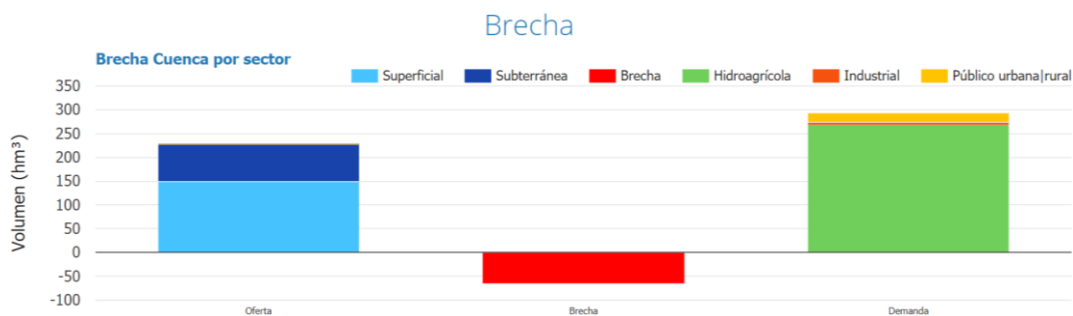


## V. CALCULO DE LA BRECHA HÍDRICA

El cálculo de la brecha hídrica de cada una de las cuencas del país se realizó considerando el siguiente algoritmo:



Donde el cálculo se puede integrar a nivel cuenca hidrológica, Región Hidrológico-Administrativa, Nacional y según el nivel de análisis, las brechas pueden ser positivas o negativas, donde las negativas significan que existe un déficit de agua en esa cuenca o región.



Por lo anterior, el análisis de la brecha podrá ayudar al analista a identificar de manera rápida y sencilla las cuencas o las regiones donde exista un desequilibrio según la oferta existe y la demanda de agua requerida para los horizontes de planeación 2018, 2024 y 2030.

Asimismo, en el análisis se desglosa la oferta según su procedencia (superficial y subterránea) y el desglose de la demanda de agua por sector (hidroagrícola, industrial y público urbano) lo que permite identificar cual podría ser el sector más crítico según su demanda para tratar de eficientar su demanda para reducir la brecha hídrica de la cuenca o región.



## VI. MODELO DE SOPORTE TÉCNICO Y CIENTÍFICO

El Modelo de Soporte Técnico y Científico (STyC) para la formulación del PNH, se conceptualizó partiendo del modelo ATP, desarrollado por la empresa McKinsey, del cual se tomó la lógica general para realizar el balance hídrico y como cada medida definida contribuye para el cierre de la brecha.

Partiendo de la exploración del modelo ATP, se consideraron las fortalezas del mismo, para desarrollar un modelo similar, el cual permita realizar un programa de acciones para poder alcanzar el equilibrio hídrico en el país. Asimismo, las debilidades encontradas al modelo, se rectificarán como puntos de mejora para obtener mejores resultados, tanto del balance como de la aportación de las medidas.

Cabe mencionar que, en esta etapa del proyecto, solo se realizó la parte del balance hídrico y su prospectiva, ya que este es el más representativo sobre la situación hídrica del país.

Entre las mejoras, se programó el modelo en un lenguaje Visual Studio .Net y una base de datos SQL que permite concentrar toda la información en un solo servidor, mostrando una interfaz en una página WEB permitiendo de este modo la consulta y la actualización de la información desde varios lugares. Asimismo, la interfaz del modelo permite fácilmente su consulta y actualización.

Otro de los puntos de mejora que se realizaron fue el cambio de la unidad de planeación, el modelo ATP anterior se realizó con las llamadas Células de planeación, las cuales consistían en la agrupación de municipios que sus límites se asemejan a los de las cuencas hidrológicas y respetando los límites de las entidades federativas. En el modelo de STyC considera como unidad de planeación las 757 cuencas hidrológicas del país.

Se mejoraron los algoritmos de oferta y demanda para tener mayor precisión en el balance, tal como se mencionaron en los puntos anteriores.

El modelo STyC permite ser consultado por el público en general, mostrándoles el balance de cada cuenca, región o nacional, asimismo, permite que un grupo especializado pueda actualizarlo de una manera sencilla y rápida. Este grupo de especialistas, serían los encargados de mantener el sistema actualizado para que se muestre siempre una información real y actualizada, y estarán bajo la responsabilidad un administrador nacional y 15 administradores regionales.

Entre los módulos que se pueden consultar en el modelo STyC se encuentran:

- La demanda de agua de los sectores hidroagrícola, industrial, pecuario y público urbano
- La oferta de agua superficial y subterránea
- La brecha o déficit, que es la diferencia entre la oferta y la demanda.

A continuación, se describe la metodología que se usó para el desarrollo de la aplicación que incluye, entre otras cosas, la forma en la que está compuesto el código que compone el software y la descripción de la base de datos que fue creada.

## **ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA**

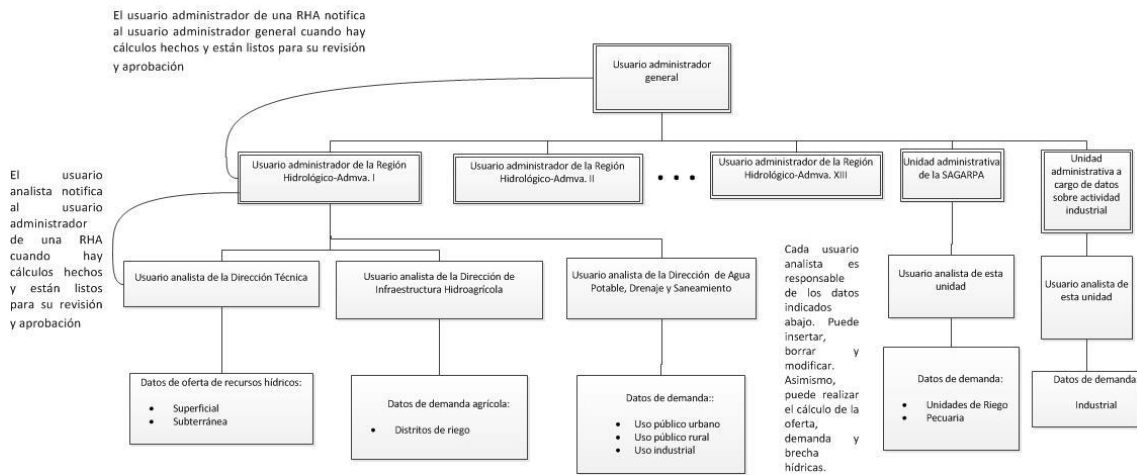
La primera actividad que se realizó en esta parte del proyecto fue tener reuniones con los especialistas que serían los usuarios del sistema para determinar los requerimientos del sistema informático, los cuáles se componen de los requerimientos funcionales (que son las principales funciones que el sistema debía proporcionar a los usuarios para la consulta, descarga y actualización de los datos) y los requerimientos no funcionales (que son aquellos relacionados con aspectos de seguridad del sistema, software a utilizar para el desarrollo del mismo y otros más).

En los requerimientos funcionales se indicó que el sistema debería proporcionar las siguientes funciones:

- Cálculo de la demanda de agua para los sectores hidroagrícola, industrial, pecuario y público urbano, cálculo de la oferta de agua superficial y subterránea, y cálculo de la brecha. El cálculo se debe realizar a nivel cuenca hidrológica, Región Hidrológica-Administrativa y Nacional.
- Actualización de los datos. El sistema debe permitir actualizar los datos requeridos para el cálculo, de una forma sencilla para el usuario. La actualización incluye el agregar nuevos datos, borrar datos existentes o cambiar datos.
- Consulta de los resultados. El sistema debe permitir la consulta de la demanda, oferta y brecha de los recursos hídricos, con los siguientes requerimientos:
  - La consulta se podrá realizar por cuenca, Región-Hidrológico Administrativa o a nivel nacional.
  - Se podrá especificar el año dentro de los cuatro horizontes de planeación (2018, 2024, 2030) para el cual se desean ver los resultados.
- Administración de usuarios. El sistema deberá permitir el registro de usuarios y conceder permisos a ellos para realizar las funciones de actualización. Se tendrán tres tipos de usuarios o roles:
  - Usuario administrador general. Este usuario tendrá los siguientes permisos:
    - Ingresar al sistema mediante un nombre de usuario y contraseña.
    - crear cuentas de usuario y otorgar permisos.
    - Revisar y validar que los resultados del cálculo de la demanda, la oferta y la brecha de recursos hídricos de todas las Regiones Hidrológico-Administrativas del país, y otras unidades administrativas que ingresan datos al sistema, son correctos.

- autorizar que los resultados se almacenen en la base de datos del sistema y sean puestos a disposición del público en general.
- Usuario administrador de una Región Hidrológico-Administrativa o Unidad Administrativa de otra institución. Este usuario tendrá los siguientes permisos:
  - Ingresar al sistema mediante un nombre de usuario y contraseña.
  - Revisar y validar que los resultados del cálculo de la demanda, la oferta y la brecha de recursos hídricos, realizados por un usuario analista de una Región Hidrológico-Administrativa del país, son correctos. El usuario administrador de una Unidad Administrativa de otra institución podrá revisar los datos a cargo de su Unidad, para todo el país o para cualquier Región, debido que la Unidad Administrativa estará a cargo de sus datos correspondientes a nivel nacional.
  - Notificar al usuario administrador general, mediante algún mecanismo, que los datos del cálculo para la Región Hidrológico-Administrativa u otra Unidad Administrativa a la que se encuentra asignado han sido validados.
- Usuario analista de una Región Hidrológico-Administrativa u otra Unidad Administrativa. Este usuario tendrá los siguientes permisos:
  - Ingresar al sistema mediante un nombre de usuario y contraseña.
  - Agregar, modificar o borrar los datos requeridos para el cálculo de la oferta, la demanda y la brecha en una Región Hidrológico-Administrativa. Los datos serán de alguno de los tres sectores: público-urbano, hidroagrícola, pecuario o industrial. Los datos de oferta serán los de oferta superficial o subterránea.
  - Realizar el cálculo de la oferta, la demanda y la brecha en la Región Hidrológico-Administrativa a la cual está asignado. En el caso de usuarios analistas de otras Unidades Administrativas, el cálculo lo podrán hacer a nivel nacional o para cualquier Región, ya que los datos a cargo de ellos son los de todo el país.
  - Notificar al usuario administrador de la Región Hidrológico-Administrativa a la que está asignado o Unidad Administrativa, que realizó el cálculo de la oferta, demanda y brecha hídrica, para que aquél revise y valide los resultados.
- Usuario del público en general. Este usuario tendrá los siguientes permisos:
  - Consultar los resultados de oferta, demanda y brecha de todo el país, en los niveles de cuenca, Región Hidrológico-Administrativa o nacional, y para un año específico. Los datos se podrán visualizar de forma gráfica o tabular. Este usuario no requiere tener una cuenta en el sistema.

En la siguiente figura se muestra el diagrama de la jerarquía de los usuarios que estarán a cargo de la inserción, borrado y modificación de los datos, el cálculo de la oferta, demanda y brechas hídricas, y la revisión y aprobación de estos resultados.



Adicionalmente, este módulo permitirá realizar las siguientes funciones:

- Recuperar la contraseña de una cuenta de usuario. Esto requerirá que el usuario proporcione una cuenta de correo para que ahí le sea enviada la contraseña.
- Crear, borrar y modificar cuentas de usuario. Permitirá la creación, borrado y modificación de cuentas de usuario y asignar uno de los roles especificados anteriormente, excepto el de público en general, que no requiere tener cuenta. Esta función podrá ser realizada sólo por el usuario administrador general.

En esta parte de los requerimientos se procedió a revisar los algoritmos de cálculo de la demanda para cada sector y la oferta, para tener claro la forma en la que deberían realizarse. Una vez recopilados los requerimientos funcionales, se procedieron a analizar para determinar, entre otras cosas, los casos de uso involucrados en cada función. Un caso de uso es el conjunto de pasos que el usuario debe realizar para completar una tarea, esto incluye conocer las condiciones que se deben cumplir antes y después de realizar la tarea, y otros aspectos.

Respecto a los requerimientos no funcionales, se indicó que el sistema debería ser multiusuario (elaborado en una plataforma cliente/servidor), accesible dentro de una intranet o internet, y para su uso no debería requerirse más que un explorador de internet. Un punto importante que se mencionó fue que debería existir sólo una base de datos central a la cual todos los usuarios se conecten para realizar las consultas, cálculos y actualizaciones necesarias.

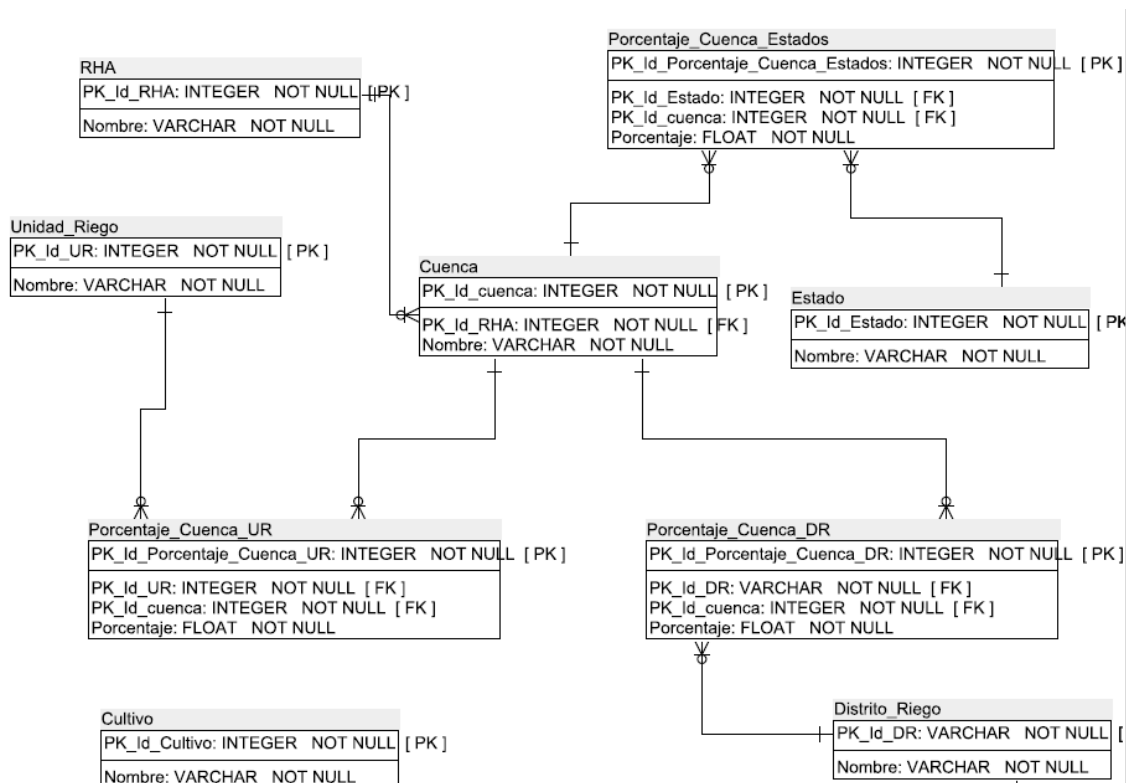
## DISEÑO DEL SISTEMA

### DISEÑO DE LA BASE DE DATOS

Para realizar esta actividad, como primer paso se identificaron las entidades involucradas en el sistema y los atributos que las describen. Una entidad es un objeto físico o abstracto acerca del cual se desea almacenar información; en el caso de este sistema, algunas de las entidades que se identificaron fueron distrito de riego, unidad de riego y cuenca, entre otras. Posteriormente se identificaron las relaciones existentes entre cada entidad, por ejemplo, un distrito de riego se ubica en una o varias cuencas, o en uno o varios acuíferos. Otra relación importante es la que indica cuáles cuencas son administradas por un Organismo de Cuenca de la Conagua.

En el caso de la relación entre distritos y unidades de riego con cuencas y acuíferos, se indicó que, con el fin de estimar el volumen de agua demandado por cada uso en una cuenca, se debería estimar el porcentaje del distrito o unidad de riego que se ubica en cada cuenca o en cada acuífero; este porcentaje debería ser un atributo almacenado en la base de datos como parte de una entidad. La estimación del área de cada distrito o unidad de riego que se ubica en cada cuenca o acuífero se hizo con el software *ArcGIS*, y se describe más adelante.

Una vez que se identificaron las entidades, atributos y relaciones que están involucradas en el sistema, se procedió a elaborar el modelo lógico de la base de datos, el cual fue elaborado con el software *SQL Power Architect*. Este producto permite elaborar el modelo lógico y generar el código SQL para crear una base de datos en varios sistemas de gestión de bases de datos, entre ellos *Oracle* y *SQL Server*. La siguiente figura muestra una parte del modelo lógico elaborado con ese software.



**Figura 2.** Vista parcial del modelo lógico de la base de datos usada en la aplicación informática del STC.

## DISEÑO DE LA INTERFAZ DE USUARIO

En esta parte del desarrollo se elaboraron propuestas de la interfaz de usuario para cada módulo de los que compondrían el sistema; las propuestas fueron elaboradas con el software *PowerPoint*. Para hacer el diseño se exploró también la posibilidad de usar el software *Balsamiq*, sin embargo, se observó que los elementos que *PowerPoint* proporciona permitían simular, de forma básica, la interacción que el usuario tendría con este sistema para realizar cada una de las funciones identificadas.

El proceso para llegar a la versión definitiva del diseño de la interfaz de usuario fue un proceso iterativo, en donde se presentaban las propuestas a cada uno de los posibles usuarios del sistema, éstos las revisaban e indicaban los cambios que se requerían para mejorar la funcionalidad, posteriormente se hacían las modificaciones al diseño y se volvían a presentar a los usuarios. Este proceso se repitió hasta llegar a una versión final.

Definición de un mecanismo para la inserción, modificación y borrado de datos requeridos para el cálculo de la demanda y oferta hídricas

En esta parte se realizó un análisis de varias alternativas que permitieran a los usuarios insertar datos al sistema, modificarlos posteriormente o borrarlos. Se concluyó que la forma más sencilla era usar archivos de *Excel*, dado que éste es un software de uso común, además de ser sencillo. Después se definió un formato en el cual el usuario debería especificar los datos. Este formato considera un encabezado compuesto por nueve renglones, en donde se especifica el tipo y características del dato. Los nombres de estos nueve renglones y se describen en la siguiente tabla, mostrada a continuación.

**Tabla.** Elementos del formato que se definió para el ingreso de datos al sistema, mediante un archivo de *Excel*.

Nombre del renglón	Contenido del renglón
Columna	Permite especificar el nombre de la columna al que corresponde el dato
Tipo de dato	Permite especificar el tipo de dato que se espera en esa columna. Los tipos de datos que se pueden especificar son “Numérico”, “Texto”, “Fecha” y “Decimal”. Cuando se indica un tipo de dato “Numérico”, se debe poner un dato entero; cuando se indica “Decimal”, se debe poner un dato con punto decimal.
Obligatorio	Permite especificar si el dato es obligatorio o no. Se especifica con “sí” o “no”.
Campo en base de datos	Permite especificar el nombre del campo en la base de datos en donde se almacenará el dato.
Cantidad de enteros o caracteres	Permite especificar la cantidad de dígitos antes del punto decimal, o caracteres, que el dato debe tener
Decimales	Si el dato es decimal, permite especificar el número de decimales que se esperan
Unidades en que debe reportarse	Permite especificar las unidades en que debe estar el dato, por ejemplo, milímetros o millones de metros cúbicos.
Nota	Permite poner una nota que dé más claridad al usuario sobre el llenado del formato o algún aspecto de los datos.
Ejemplo	Permite poner un registro con datos de ejemplo.

La figura de abajo muestra un ejemplo del formato. La columna A contiene los nombres de los renglones descritos anteriormente, cuyas celdas se muestran en color azul oscuro.

Columna	ClaveDistritoRiego	Nombre_DistritoRiego	ClaveCultivo	Cultivo	Año	Superficie_regada	Producción
Tipo de dato	Texto	Texto	Texto	Texto	Numérico	Decimal	Decimal
Obligatorio	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Campo en base de datos	ClaveDistritoRiego	DistritoRiego	ClaveCultivo	NombreCultivo	Anio	SuperficieRegada_ha	Producción
Cant. de enteros o caracteres	4	50	4	50	4		
Tipo de variable						Calculada	B
Decimales					0		
Unidades en que debe reportarse						ha	Mile:
NOTA						Superficie_regada =(Producción * 1000)/Productividad	
Ejemplo	002	Mante, Tamps.	0044	Maíz de Azúcar So	2015	10748.1	6.

**Figura 3.** Formato del archivo de Excel usado para especificar los datos que se desean ingresar al sistema

Los datos de demanda se deberán guardar en archivos de *Excel* en forma separada, es decir un archivo por sector. Los datos de oferta también se guardarán en forma separada: un archivo para agua superficial y otro para agua subterránea. Los nombres que se dieron a los archivos son los que se muestran abajo. El usuario puede cambiar los nombres de esos archivos, si así lo desea.

- Demanda\_Agricola\_Distrito\_Riego.xlsx
- Demanda\_Agricola\_Pecuaria.xlsx
- Demanda\_Agricola\_Unidad\_Riego.xlsx
- Demanda\_Industrial.xlsx
- Demanda\_Publica\_Urbana.xlsx
- Oferta\_Subterranea.xlsx
- Oferta\_Superficial.xlsx

Cada archivo contiene una sola hoja, en la cual se ponen los datos que desean ingresar. A cada hoja se le dio un nombre, relacionado con el tipo de datos de demanda u oferta que se almacenan en ese archivo. Este nombre no puede cambiarse por el usuario. Sólo se permite, como ya se mencionó, cambiar el nombre del archivo, pero no el de la hoja.



El siguiente paso consistió en definir una manera de especificar las reglas de validación que aplicarían a cada columna de datos. Después de analizar varias alternativas, se decidió que las reglas de validación estarían en otro archivo, en donde para cada columna se especificarían las reglas que aplican a ella. El formato que se definió para este archivo consiste de nueve renglones, en donde se especifican las reglas. En la columna A se definen los títulos de los renglones, los cuales se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 2.** Elementos del formato de Excel que se definió para la validación de datos que se desean ingresar al sistema.

Nombre del renglón	Contenido del renglón
Columna	Nombre de la columna para la cual se definen sus reglas de validación
Campo en base de datos	Permite especificar el nombre del campo en la base de datos en donde se almacenará el dato o el campo del cual se tomarán valores ya existentes en la base de datos para calcular la desviación estándar o el campo de donde se tomará el conjunto de valores que forman un catálogo (por ejemplo, un catálogo de estados).
Tabla	Permite especificar el nombre de la tabla en donde se almacenará el dato o de donde se tomarán los datos para calcular la desviación estándar o los valores de un catálogo.
Tipo validación	<p>Permite indicar el tipo de validación que aplica a los datos de esa columna. Los tipos de validación y lo que significan son los siguientes:</p> <p>Rango. Indica que los valores de esa columna deben estar dentro de un rango.</p> <p>Catálogo. Indica que los valores de esa columna deben estar dentro de un conjunto de valores (un catálogo) ya almacenados en la tabla y campo de la base de datos especificados en los renglones “Tabla” y “Campo en base de datos”, respectivamente.</p> <p>Desviación estándar. Indica que los valores de esa columna deben estar dentro del rango definido por la desviación estándar.</p> <p>General. Indica que sólo se aplican reglas de validación general a los valores, que incluye verificar si la celda tiene valor (cuando se especifica que el dato es obligatorio) y que el dato es del tipo indicado en el renglón “Tipo de dato”</p>
Valor mínimo	Permite especificar el valor mínimo cuando el tipo de validación es rango o desviación estándar.
Valor máximo	Permite especificar el valor máximo cuando el tipo de validación es rango o desviación estándar.
Consulta SQL	<p>Se utiliza en dos casos:</p> <p>Cuando el tipo de validación es “Catálogo” se especifican aquí el campo o los campos de la tabla en la base de datos que se utilizarán para verificar que un dato o combinación de datos, contenidos en el archivo de Excel con datos a validar, se encuentran en el catálogo.</p> <p>Cuando el tipo de validación es “Desviación estándar” se especifica aquí una condición adicional, que será incluida en la sección “WHERE” de la instrucción SQL, para el cálculo de la desviación estándar.</p>

Nombre del renglón	Contenido del renglón
Regla de validación adicional	<p>Este renglón se utiliza en dos casos:</p> <p>Permite especificar las columnas del archivo de Excel que se tomarán en cuenta para el cálculo de la desviación estándar. Los valores en esas columnas se especificarán en la cláusula WHERE de la sentencia SQL. Por ejemplo, en el caso de demanda de agua en Distritos de riego, si se desea que la desviación estándar de la variable:</p> <p>” Superficie_regada”</p> <p>Se calcule por Distrito y por cultivo, y suponiendo que ambos datos están en las columnas C y D respectivamente del archivo de Excel, entonces en este renglón se especificarían ambas letras de columna, separadas por coma.</p> <p>Permite especificar una condición adicional que se debe cumplir y que involucra a varias columnas del archivo de datos de Excel. Por ejemplo, si se tuvieran datos del porcentaje de sitios en cada rango de clasificación de calidad del agua (excelente, buena calidad, aceptable, contaminada, muy contaminada). Una regla de validación adicional que aplica en este caso es que la suma de los porcentajes debe ser igual a 100. Si estos porcentajes están puestos en el archivo de Excel, por ejemplo, en las columnas F, G, H, I y J, la regla de validación se especifica como:</p> $F+G+H+I+J=100.0$
Tipo de dato	Permite especificar el tipo de dato que debe estar en la columna. Los tipos de datos válidos son: “Texto”, “Numérico” y “Decimal”. Cuando el dato es un valor entero, se debe especificar aquí “Numérico”
Obligatorio	Permite indicar si el dato es obligatorio. Si es así se pone “Si”, de lo contrario se debe poner “Opcional”
Tipo de variable	Permite indicar si la variable es básica o calculada.
Fórmula para las variables asociadas	Permite indicar la fórmula que se utiliza para calcular una variable, en caso de que ésta sea del tipo “Calculada”. La fórmula se especifica usando las columnas que intervienen en el cálculo.

El siguiente paso de esta actividad consistió en definir una manera para actualizar los datos almacenados en la base de datos del sistema. El procedimiento que se acordó para realizar esto fue el siguiente:

- El usuario descarga del sistema los datos del tema que le interesan (datos de la demanda de un sector y de la unidad administrativa a la cual está asignado el usuario, o datos de oferta, subterránea o superficial, también de la unidad correspondiente). Los datos se descargan en un archivo de *Excel* y en el formato indicado anteriormente.
- El usuario agrega, elimina o modifica datos en el archivo de *Excel*.
- El usuario sube al sistema el archivo de *Excel* con los datos nuevos para que se validen e inserten a la base de datos.

NOTA: Cuando se realiza el proceso de actualización o modificación de datos, el sistema borra en la base de datos los datos de oferta subterránea o superficial, o demanda de un sector, del área administrativa a la que está adscrito el usuario, y deja solamente los datos que especificó en el archivo de *Excel*. Por ejemplo, si en el sistema hay datos de demanda de distritos de riego de los años 2012 y 2018, y el usuario descarga estos datos y deja en el archivo de *Excel* sólo los de 2018, y sube éste, entonces el sistema borrará los datos de 2012 y dejará sólo los indicados en el archivo de *Excel* (2018).

Después de analizar las alternativas más convenientes para programar el código que realizara la actualización de los datos, se determinó que la más conveniente era especificar también reglas de actualización en un archivo de *Excel*, en donde se indican los campos contenidos en las columnas del archivo de datos y las tablas en las cuales se insertarán esos datos. Esta alternativa tiene la ventaja de que el código que se programa funciona para actualizar todos los temas, sólo leyendo el archivo con las reglas de actualización; no se requiere elaborar código para cada tema. Lo mismo ocurre con el proceso de validación.

El archivo de configuración con reglas de actualización cuenta con siete renglones en donde se especifican las reglas. La siguiente tabla muestra los elementos que contiene este archivo.

**Tabla 3.** Elementos del formato de *Excel* que se definió para la actualización de datos del sistema.

Nombre del renglón	Contenido del renglón
Columna <i>Excel</i>	Nombre de la columna para la cual se definen sus reglas de actualización, éste nombre es el mismo que en el formato de datos.
Tabla Origen	Cuando el dato contenido en columna “Columna <i>Excel</i> ” pertenece a un catálogo, en este renglón se especifica el nombre de la tabla en la cual se hará una consulta para buscar el dato y tomar de ahí el valor de llave primaria que le corresponde. Esta llave primaria se convertirá en llave foránea cuando se almacenen valores en otra tabla. Cuando el dato contenido en columna “Columna <i>Excel</i> ” no es un dato de un catálogo sino un dato medido, este renglón se deja vacío.
Campo en tabla origen	Cuando el dato contenido en columna “Columna <i>Excel</i> ” es parte de un catálogo, en este renglón se especifica el nombre del campo, en la tabla especificada en el renglón “Tabla Origen”, en donde se buscará el valor almacenado en la columna “Columna <i>Excel</i> ” para obtener la llave primaria que le corresponde a ese valor. Cuando el dato contenido en columna “Columna <i>Excel</i> ” no es un dato de un catálogo sino un dato medido, este renglón se deja vacío.
Tipo de tabla	En este renglón se especifica el tipo de tabla en el cual se encuentra el dato que está contenido en la columna la “Columna <i>Excel</i> ”. El tipo de tabla puede ser uno de los siguientes:  Catálogo: En el caso que el dato sea parte de un catálogo, el dato será consultado en la tabla y campo origen para obtener la llave primaria que le corresponde al valor dado en la columna <i>Excel</i> ; el valor de esta llave será almacenado como llave foránea en la tabla a actualizar.  Demanda: Se usa para indicar que el dato de la columna <i>Excel</i> es un dato medido o un dato que describe la fuente de donde proviene, y será almacenado en una tabla de demanda u oferta. Este dato será agregado a la sentencia SQL para

Nombre del renglón	Contenido del renglón
	insertarlo a la tabla correspondiente, o modificar la tabla, mediante un comando INSERT o UPDATE.
Tabla destino	En este renglón se indica el nombre de la tabla que se va a actualizar, la cual es generalmente una tabla con datos de variables requeridas en el cálculo de la demanda u oferta.
Campo en tabla destino	En este renglón se especifica el nombre del campo en la tabla de datos de variables que se va a actualizar; este nombre de campo será agregado a la sentencia SQL para ejecutar un comando INSERT o UPDATE y actualizar la tabla destino para ambos casos de tipo de dato: Dimensión y Hecho.
Tipo de dato	Permite especificar el tipo de dato que debe estar en la columna, el cual puede ser "Numérico", "Texto" o "Decimal". En caso de que el dato sea un entero, se debe especificar "Numérico".

Los archivos con las reglas de validación y actualización para cada tema de demanda y oferta se almacenaron en la siguiente ruta, en el servidor con dominio sisgrh.imta.mx:

C:\inetpub\wwwroot\stc\ATP\Imta.ATP.WebMvc\File\Plantilla\Excel

En este directorio se almacenan también los archivos con datos que el usuario sube al sistema para que se validen y se ingresen a la base de datos del mismo. Por otro lado, en el directorio:

C:\inetpub\wwwroot\stc\ATP\Imta.ATP.WebMvc\Content

Están almacenadas las plantillas vacías que se utilizan para almacenar los datos solicitados por un usuario cuando se usa la opción para descargar información.

## IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

### SOFTWARE UTILIZADO

Para proceder a la implementación del sistema se hizo primero un análisis para definir cuál sería el software más adecuado. Considerando que este sistema es útil para la planeación de los recursos hídricos y que uno de los usuarios potenciales sería la Comisión Nacional del Agua, se decidió usar software de la empresa *Microsoft*, ya que esa dependencia usa esta plataforma para el desarrollo de algunas de sus aplicaciones. En virtud de lo anterior, los productos que se usaron en este proyecto para implementar la base de datos y la interfaz de usuario se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 4. Software usado en el desarrollo del sistema informático del STC**

Componente del sistema	Producto
Sistema administrador de la base de datos relacional	SQL versión 2014
Interfaz de usuario	Visual Studio .NET 2017

Por otro lado, con el fin de facilitar el desarrollo de la aplicación informática por los integrantes del equipo de trabajo, se usó la plataforma *Team Foundation Server* (también de *Microsoft*), la cual es una aplicación en línea que permite realizar diversas tareas necesarias durante el desarrollo como la asignación de tareas a los miembros del equipo, compartir código, compartir la base de datos, subir archivos de especificaciones u otros contenidos, etc. Esta herramienta es gratuita.

A continuación, se describe la implementación de la base de datos y los módulos que componen el sistema.

### IMPLEMENTACIÓN DE LA BASE DE DATOS

El primer paso en esta actividad fue elaborar los catálogos que corresponden a cada una de las entidades que se identificaron en el diseño, los catálogos fueron elaborados en un archivo de *Excel*. Algunos de los catálogos fueron el de cultivos, especies pecuarias, distritos de riego, cuencas y unidades de riego, entre otros.

Posteriormente, se hizo un análisis para determinar el porcentaje de una entidad geográfica que se ubica en una cuenca, por ejemplo: qué porcentaje de un distrito de riego se ubica en cada cuenca con la que se intercepta. Este valor se requiere conocer porque se utiliza para asignar a una cuenca el volumen de demanda de un sector (agrícola, urbano o industrial) o la oferta de agua subterránea que le corresponde; este volumen se asigna de manera proporcional al porcentaje de la entidad, que genera esa demanda u oferta, localizado en la cuenca.

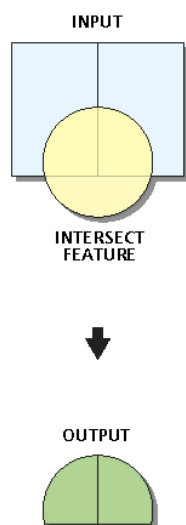
Este análisis se realizó para determinar los siguientes valores:

- Porcentaje de un distrito de riego que se ubica en cada cuenca
- Porcentaje de una unidad de riego que se ubica en cada cuenca
- Porcentaje de un Estado o Entidad Federativa que se ubica en cada cuenca
- Porcentaje de un acuífero que se ubica en cada cuenca

El análisis se realizó con el software *ArcGIS Desktop*, versión 10.2, nivel *ArcInfo*. La herramienta que se utilizó para obtener los porcentajes fue *Intersect*, ubicada en la siguiente ruta, dentro de la caja de herramientas de ArcGIS:

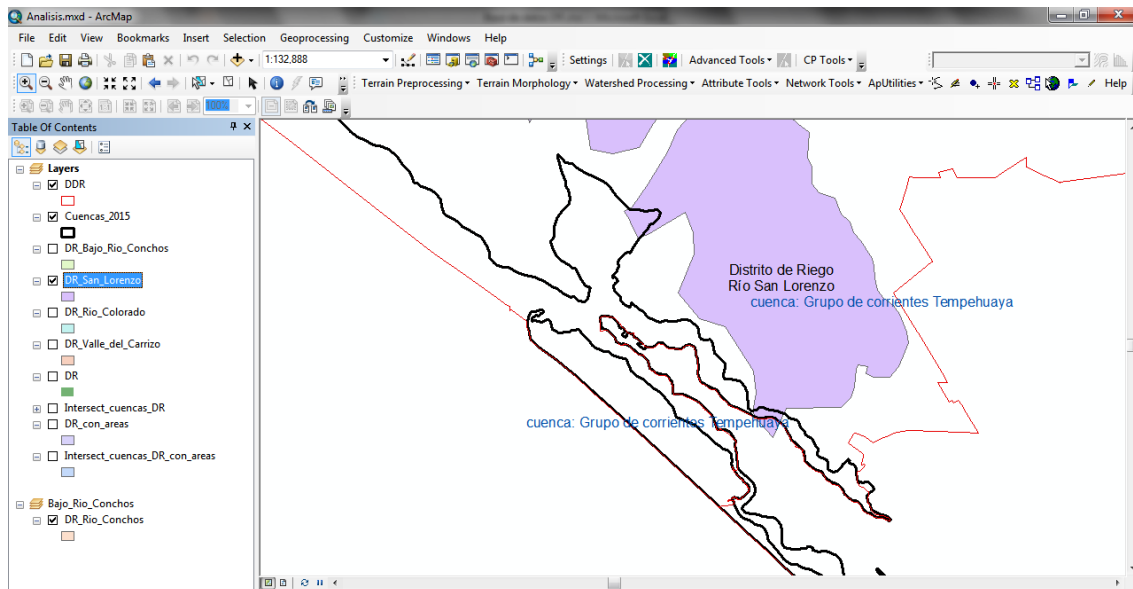
ArcToolBox → Analysis Tools → Overlay → Intersect

Básicamente, lo que hace esta herramienta es calcular la intersección geométrica de dos o más capas geográficas. Las partes de esas capas que se interceptan se graban en una capa de salida, como se ve en la siguiente figura.



**Figura 4.** Intersección de capas geográficas y resultado obtenido con la herramienta *Interset*, de *ArcToolBox*, del software *ArcGIS Desktop*.

Un problema que se presentó aquí fue que unas porciones de algunos polígonos de las entidades geográficas interceptadas (distritos y unidades de riego, acuíferos y Estados) se ubicaban fuera del país, ya sea en el mar o en Estados Unidos. Esto se debe a que el límite entre la parte continental y el mar o con el país vecino, de las capas mencionadas, no coincide con el límite de las cuencas, lo cual puede ocurrir porque las escalas de las dos capas interceptadas son diferentes o por el método con el que fueron digitalizadas. Debido a esto, cuando se sumaban los porcentajes de los polígonos que se generaban con la intersección, el resultado era menor al 100 % por la falta de esas áreas. La siguiente figura muestra un ejemplo de este problema, en donde se observa que unas partes del Distrito de Riego Río San Lorenzo se ubican en el mar.



Para resolver el problema mencionado, lo que se hizo fue estimar los porcentajes considerando sólo las áreas de los polígonos que resultaban de la intersección, de esta forma se ignoraron las partes que se ubicaban fuera del país y se aseguró que la suma de los porcentajes fuera 100.

Las tablas que se definieron en la base de datos para almacenar la información de los porcentajes mencionados fueron las siguientes:

- PorcentajeAcuiferoCuenca
- PorcentajeCuencaDistritoRiego
- PorcentajeCuencaEstado
- PorcentajeCuencaUnidadRiego

Posteriormente, se procedió a recopilar los datos correspondientes a la demanda de los sectores hidroagrícola, público-urbano e industrial, y a la oferta de agua superficial y subterránea. Estos datos fueron también almacenados en archivos de *Excel*, con el fin de facilitar su posterior carga en el sistema de gestión de bases de datos *SQL Server*.

Una vez que se recopilaron los datos correspondientes a los catálogos de las entidades, los porcentajes de intersección de entidades geográficas con las cuencas, y los datos de oferta y demanda, se procedió a normalizarlos. La normalización de bases de datos es un proceso que consiste en designar y aplicar una serie de reglas para:

- Evitar la redundancia de los datos.
- Disminuir problemas de actualización de los datos en las tablas.
- Proteger la integridad de los datos.

Los datos resultantes de la normalización se almacenaron también en archivos de *Excel*. Después de realizar este paso, se procedió a crear la base de datos en un servidor de los que se tienen en la Subcoordinación de Planeación Hídrica. Dado que se requería que la aplicación informática pudiera ser vista desde afuera del IMTA, mediante internet, se decidió usar un servidor que tuviera una IP pública que permitiera eso. Los datos del equipo donde se creó la base de datos, el usuario y la contraseña para ingresar al mismo se indican en la tabla mostrada a continuación.

**Tabla 5. Datos del equipo donde se creó la base de datos del sistema informático del STC**

Servidor	Dirección IP	Usuario	Contraseña
sisgrh.imta.mx	172.16.2.77	IMTA\Administrador	SAs.imt.2012

Los datos para ingresar a la base de datos de SQL Server son los siguientes:

- Usuario: sa
- Contraseña: lmta2017

Después que se creó la base de datos, se procedió a ejecutar el script que se generó con la aplicación *SQL Power Architect* (lo cual fue descrito anteriormente) para crear las tablas, restricciones de integridad y otros elementos necesarios para la aplicación. Finalmente, se procedió a cargar los datos normalizados dentro de la base de datos. Para ello, se importaron a *SQL Server* los datos almacenados en los archivos de *Excel* creados con anterioridad y mediante comandos del lenguaje *SQL* se pasaron los datos almacenados en las tablas temporales hacia las tablas permanentes creadas con el script mencionado.

**Tabla 6. Datos del equipo donde se creó la base de datos del sistema informático del STC**

Servidor	Dirección IP	Usuario	Contraseña
sisgrh.imta.mx	172.16.2.77	IMTA\Administrador	SAs.imt.2012

En total se crearon 35 tablas en la base de datos, las cuales se muestran en la tabla que está a continuación.

**Tabla 7. Tablas que componen la base de datos del sistema informático del STC**

Acuifero	DemandaAgricolaDistritoRiego	OfertaSuperficial
AcuiferoDato	DemandaAgricolaUnidadRiego	PorcentajeAcuiferoCuenca
Anio	DemandaIndustrial	PorcentajeCuencaDistritoRiego
Archivo	DemandaPecuaria	PorcentajeCuencaEstado
AreaConagua	DemandaPublicaUrbana	PorcentajeCuencaUnidadRiego
AspNetRoles	DistritoRiego	ProduccionPecuaria



AspNetUserClaims	Especie	RHA
AspNetUserLogins	Estado	RHADistritoRiego
AspNetUserRoles	EstadoEmpleado	Sector
AspNetUsers	Industria	Subsector
Cuenca	Localidad	UnidadRiego
Cultivo	OfertaSubterranea	

## IMPLEMENTACIÓN DE LOS MÓDULOS DEL SISTEMA

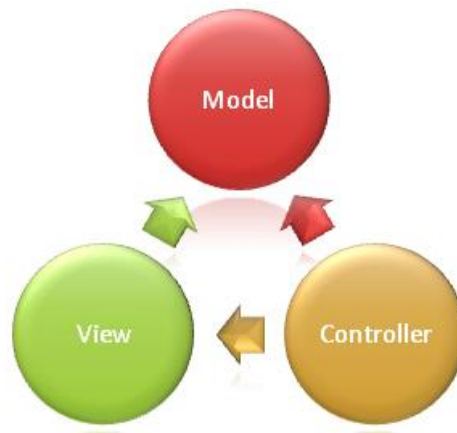
La implementación de los módulos que componen el sistema se realizó usando el patrón de arquitectura denominado Modelo – Vista - Controlador (MVC). Este patrón separa una aplicación en tres componentes principales: Modelo, Vista y Controlador. El patrón MVC ayuda a crear aplicaciones que son más fáciles de actualizar y probar que las aplicaciones monolíticas tradicionales.

Las aplicaciones basadas en MVC contienen estos tres elementos:

- Modelos: se componen de clases que representan los datos de la aplicación. Estas clases también usan la lógica de validación para aplicar las reglas del negocio para esos datos. Normalmente los objetos del modelo recuperan y almacenan los datos en una base de datos.
- Vistas: son los componentes que muestran la interfaz de usuario de la aplicación. Por lo general, esta interfaz de usuario muestra los datos del modelo.
- Controladores: son las clases que controlan las solicitudes o peticiones que hace el usuario a través de un explorador de internet. Estas clases recuperan los datos del modelo y llaman a las plantillas de las vistas, las cuales devuelven una respuesta. En una aplicación MVC, la vista sólo muestra información; el controlador maneja la interacción de los usuarios y los datos que introducen, y responde a ellos. Por ejemplo, el controlador gestiona o controla los datos de enrutamiento y los valores de cadena de una consulta, y pasa estos valores al modelo. El modelo puede usar estos valores para consultar la base de datos.

Por ejemplo, en la cadena: <http://localhost:1234/Home/About> se hace referencia al controlador “Home” y al método “About” de ese controlador. En ese método, a su vez, se manda a llamar una vista que despliega los datos que corresponden a la sección “Acerca de” en una aplicación. En la cadena: <http://localhost:1234/Movies/Edit/5> se hace referencia a un controlador denominado “Movies” y al método “Edit” de él para editar una película con ID=5. En el método Edit el controlador pasa ese valor al modelo correspondiente para que realice la edición.

La siguiente figura muestra de forma gráfica la interacción entre los tres componentes del patrón MVC.



**Figura 6.** Componentes del patrón de arquitectura MVC e interacción entre ellos.

Los componentes del patrón MVC ayudan a separar el código de una aplicación de acuerdo a las responsabilidades o intereses que cada parte tiene. El patrón permite separar los diferentes aspectos de la aplicación (lógica de entrada, lógica del negocio y lógica de la interfaz de usuario), a la vez que proporciona un acoplamiento débil entre estos elementos. El patrón especifica dónde debe ubicarse cada tipo de lógica en la aplicación:

- La lógica de la interfaz de usuario pertenece a la vista.
- La lógica de entrada pertenece al controlador.
- La lógica del negocio y los datos pertenecen al modelo.

Esta separación ayuda a administrar la complejidad durante el desarrollo de una aplicación, ya que permite trabajar en uno de los aspectos de la implementación sin influir en el código de otro. Por ejemplo, se puede trabajar en el código de la vista sin depender del código de la lógica del negocio. Por otro lado, esta separación de responsabilidades del código hace más fácil el codificar, depurar y probar algo (modelo, vista o controlador) de forma separada sin depender de las demás partes. Por otro lado, esta arquitectura permite manejar la escalabilidad de la aplicación, lo cual se refiere a que, si posteriormente se requiere agregar más módulos para brindar más funciones al usuario, esta labor se facilita al tener separado el código de acuerdo a la responsabilidad que cada uno tiene.

Como se mencionó en el inciso anteriormente, el software que usó para el desarrollo de la aplicación informática fue *Visual Studio 2017*. En esta plataforma se definieron varios proyectos para implementar los módulos que componen la aplicación, usando la arquitectura MVC descrita anteriormente. La siguiente tabla muestra los proyectos que se definieron y la función o finalidad que cada uno tiene.

**Tabla. Proyectos dentro de la plataforma Visual Studio 2017 que componen la aplicación informática del STC**

Proyecto	Tipo de proyecto (dentro de Visual Studio 2017)	Finalidad o uso dentro de la aplicación
Imta.ATP.BaseDatos	SQL Server Database Project	Proyecto que hace una conexión a la base de datos del sistema, implementada en <i>SQL Server</i> , y muestra el modelo lógico de la base. Esto permite modificar el esquema de la base de datos desde Visual Studio (P, Ej, crear, modificar y borrar tablas, reglas de integridad y otros elementos). Permite también realizar el mapeo de las tablas y procedimientos almacenados en el proyecto Datos.
Imta.ATP.Datos	Class Library (.Net Standard)	Proyecto que contiene todo el esquema de base de datos para realizar las operaciones de inserción, actualización, consulta y eliminación de registros. Permite también comparar el esquema de la base de datos original con el de otra base de datos modificada por un usuario, detectar los cambios realizados e incorporar estos cambios a la base de datos original. Esto permite que dos bases de datos contengan la misma información.
Imta.ATP.Entidades	Class Library (.Net Standard)	Proyecto con contiene un conjunto de clases que se utilizan para obtener la información de las diferentes tablas que están contenidas en el proyecto Datos
Imta.ATP.Negocio	Class Library (.Net Standard)	Proyecto que contiene las operaciones lógicas del sistema STC. Dentro de éste proyecto se realiza la conexión hacia la base de datos para realizar el llamado a los procedimientos almacenados y realiza consultas a tablas de la base de datos.
Imta.ATP.Recursos	Class Library (.Net Standard)	Proyecto que contiene recursos (mensajes predeterminados) que se muestran en el proyecto Imta.ATP.WebMvc
Imta.ATP.WebApi	Asp.Net Web Application (.NET Framework 4.5.2)	Proyecto que realiza el llamado a los diferentes métodos en el proyecto Imta.ATP.Negocio por medio de Controladores que son invocados en el proyecto Imta.ATP.WebMvc
Imta.ATP.WebMvc	Asp.Net Web Application (.NET Framework 4.5.2)	Proyecto que contiene las vistas (“Front-End”) de la aplicación, además de Scripts y Hojas de estilo. Este proyecto envía solicitudes al proyecto IMTA.ATP.WebApi

Una vez que se terminó la programación de los módulos, se compilaron y fueron instalados en el servidor de la Subcoordinación que tiene salida a internet y que se indicó en la tabla 3 de este informe. El directorio donde se instaló la aplicación dentro del servidor es la siguiente:

C:\inetpub\wwwroot\stc\ATP

El cálculo de la demanda y oferta de recursos hídricos por cuenca se realizó mediante procedimientos almacenados en la base de datos de SQL Server. Un procedimiento almacenado es un fragmento de código que recibe parámetros, hace operaciones de consulta, inserción y modificación a la base de datos, realiza cálculos y retorna los resultados y otros valores. La siguiente tabla muestra los procedimientos que fueron definidos para la aplicación informática.

Procedimientos almacenados que se definieron dentro de SQL Server para la aplicación informática:

ObtenerAcuifero	ObtenerCuencaPorRHA	ObtenerCultivo
ObtenerDemandaPublicaRuralNacional	ObtenerDemandaPublicaUrbanaNacional	ObtenerDistritoRiego
ObtenerEstado	ObtenerOriginalAnio	ObtenerOriginalBrechaNacional
ObtenerOriginalBrechaRHACuencald	ObtenerOriginalBrechaRHAIld	ObtenerOriginalDemandaAgrupadaNacional
ObtenerOriginalDemandaAgrupadaRHA	ObtenerOriginalDemandaAgrupadaRHACuenca	ObtenerOriginalDemandaAgrupadaRHACuenca2
ObtenerOriginalDemandaAgrupadaRHACuencald	ObtenerOriginalDemandaAgrupadaRHAIld	ObtenerOriginalDemandaDistritoRiegoCuencald
ObtenerOriginalDemandaDistritoRiegoNacional	ObtenerOriginalDemandaDistritoRiegoRHA	ObtenerOriginalDemandaDistritoRiegoRHAIld
ObtenerOriginalDemandaIndustrialCuencald	ObtenerOriginalDemandaIndustrialNacional	ObtenerOriginalDemandaIndustrialRHA
ObtenerOriginalDemandaIndustrialRHAIld	ObtenerOriginalDemandaPecuariaCuencald	ObtenerOriginalDemandaPecuariaNacional
ObtenerOriginalDemandaPecuariaRHA	ObtenerOriginalDemandaPecuariaRHAIld	ObtenerOriginalDemandaPublicaUrbanaCuencald
ObtenerOriginalDemandaPublicaUrbanaNacional	ObtenerOriginalDemandaPublicaUrbanaRHA	ObtenerOriginalDemandaPublicaUrbanaRHAIld
ObtenerOriginalDemandaUnidadRiegoCuencald	ObtenerOriginalDemandaUnidadRiegoNacional	ObtenerOriginalDemandaUnidadRiegoRHA
ObtenerOriginalDemandaUnidadRiegoRHAIld	ObtenerOriginalInformacionDemandaDistritoRiegoRHAIld	ObtenerOriginalInformacionDemandaIndustrialRHAIld
ObtenerOriginalInformacionDemandaPecuariaRHAIld	ObtenerOriginalInformacionDemandaPublicaUrbanaRHAIld	ObtenerOriginalInformacionDemandaUnidadRiegoRHAIld
ObtenerOriginalInformacionOfertaSubteraneaRHAIld	ObtenerOriginalInformacionOfertaSuperficialRHAIld	ObtenerOriginalOfertaSubteraneaCuencald
ObtenerOriginalOfertaSubteraneaNacional	ObtenerOriginalOfertaSubteraneaRHA	ObtenerOriginalOfertaSubteraneaRHACuenca
ObtenerOriginalOfertaSubteraneaRHAIld	ObtenerOriginalOfertaSuperficialNacional	ObtenerOriginalOfertaSuperficialCuencald
ObtenerOriginalOfertaSuperficialRHA	ObtenerOriginalOfertaSuperficialRHACuenca	ObtenerOriginalOfertaSuperficialRHAIld
ObtenerOriginalOfertaSuperficialSubteraneaCuencald	ObtenerOriginalOfertaSuperficialSubteraneaNacional	ObtenerOriginalOfertaSuperficialSubteraneaRHA
ObtenerOriginalOfertaSuperficialSubteraneaRHACuenca	ObtenerOriginalOfertaSuperficialSubteraneaRHAIld	ObtenerRHA
ObtenerUnidadRiego	ObtenerUnidadRiego	

## RESULTADOS

La aplicación informática del STC puede ser utilizada desde la siguiente dirección de internet:

<http://sisgrh.imta.mx/stc>

La siguiente figura muestra la interfaz principal del sistema. Las opciones disponibles al usuario son:

**Inicio.** Permite regresar a la interfaz principal

**Análisis.** Permite visualizar los resultados definitivos de la demanda, oferta y brecha hídricas a nivel nacional, Región Hidrológico-Administrativa. y cuenca hidrológica. No se requiere usuario y contraseña para ingresar a esta opción.

**Entrar.** Permite ingresar al sistema usando un usuario y contraseña.

**Contacto.** Permite visualizar los datos de la persona a cargo de la gestión del sistema.

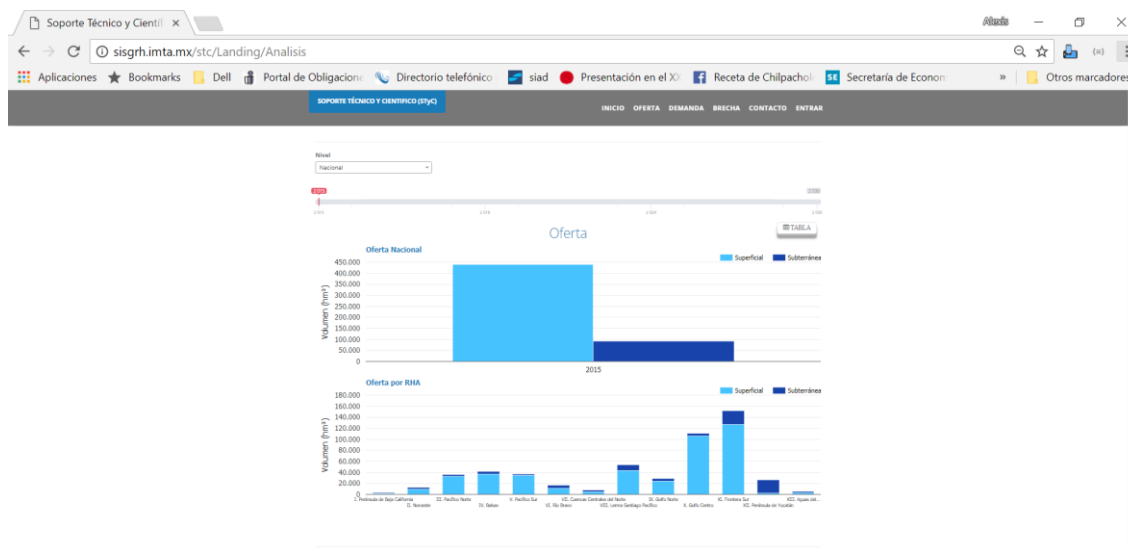


**Figura 7.** Interfaz principal del sistema informático del STC.

La figura siguiente muestra la interfaz de usuario de la opción Análisis. Al entrar a esta opción se muestran de manera predeterminada los datos de oferta, demanda y brecha hídrica a nivel nacional. Los datos se muestran la misma página, sólo hay que desplazarse hacia abajo para visualizarlos, o dar clic en las opciones “Oferta”, “Demanda” y “Brecha”,

disponibles en esta ventana de diálogo, para navegar directamente a la parte de la página donde se muestra cada uno.

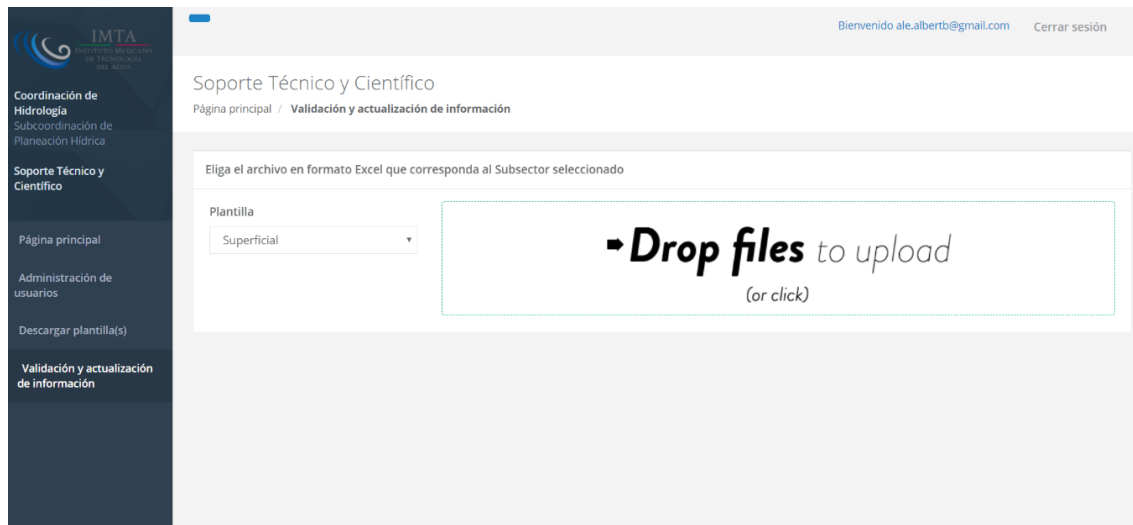
El usuario puede seleccionar de la lista de opciones (disponible abajo del texto “Nivel”), el detalle o nivel al cual desea visualizar los datos. Si elige “RHA”, aparece otra lista para que seleccione la Región de su interés. Además de presentarse los datos para la Región elegida, éstos se muestran automáticamente para cada una de las cuencas que componen la Región.



**Figura 8.** Ventana de diálogo de la opción “Análisis” para visualizar los datos de oferta, demanda y brecha hídrica a diferentes niveles de área geográfica

La opción “Entrar”, de la ventana de diálogo principal del sistema, permite el ingreso al usuario administrador general del sistema y a los usuarios administradores de cada una de las RHA’s y de otras unidades administrativas. Las opciones disponibles al ingresar aquí son las relacionadas con la administración de usuarios, y las de inserción, modificación y borrado de datos de oferta de agua superficial y subterránea, y los de la demanda de los sectores hidroagrícola, urbano e industrial. La figura siguiente muestra la ventana de diálogo que permite el ingreso de datos en un archivo de *Excel* para su validación e inserción en la base de datos. Por otra parte, la ventana de diálogo para crear una cuenta de usuario está disponible en la siguiente dirección:

<http://sisgrh.imta.mx/stc/Account/Register>



The screenshot shows a web application interface. At the top right, there is a user login area with the text "Bienvenido ale.albertb@gmail.com" and a "Cerrar sesión" link. The main header area contains the title "Soporte Técnico y Científico" and a breadcrumb trail "Página principal / Validación y actualización de información". On the left side, there is a dark sidebar menu with the following items: "Coordinación de Hidrología", "Subcoordinación de Planeación Hídrica", "Soporte Técnico y Científico", "Página principal", "Administración de usuarios", "Descargar plantilla(s)", and "Validación y actualización de información". The main content area has a heading "Eliga el archivo en formato Excel que corresponda al Subsector seleccionado". Below this heading is a "Plantilla" dropdown menu with "Superficial" selected. To the right of the dropdown is a large dashed box containing the text "Drop files to upload (or click)".

Figura 9. Ventana de diálogo para el ingreso, validación, y actualización de datos del sistema informático del STC.

## VII. CONCLUSIONES

La implementación de una base de datos centralizada (en ambiente cliente/servidor), del sistema informático del STyC, permitirá eliminar problemas de consistencia de la información, ya que cualquier cambio en los datos requeridos para el cálculo de la oferta y demanda hídricas será visible a todos los usuarios.

Por otro lado, el uso de la arquitectura Modelo-Vista-Controlador para implementar los módulos del sistema facilitará el mantenimiento y la modificación del código, y la adición de nuevas funciones cuando se requiera en el futuro.

Se recomienda continuar con el desarrollo del sistema, particularmente con la implementación de los módulos que incorporen las medidas que se pueden aplicar para reducir la brecha o déficit hídricos, ya que con esto se complementará el sistema informático y lo hará una herramienta útil en los estudios de planeación del recurso hídrico en México.