



Environment
Canada

Environnement
Canada

SEMARNAT
SECRETARÍA DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES



INECC
INSTITUTO NACIONAL
DE ECOLOGÍA
Y CAMBIO CLIMÁTICO



Al servicio
de las personas
y las naciones

Elaboración de una plataforma para la simulación de la dinámica hídrica por cuenca ante crecimiento poblacional, económico y cambio climático

Informe Final

2015

Documento generado a
partir de los resultados
de la consultoría
realizada por:

Jorge Martínez
Castillejos

Serie

2

Evaluación y mapeo de la vulnerabilidad
y los riesgos climáticos

Derechos Reservados © 2018

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)

Montes Urales 440, Colonia Lomas de Chapultepec, Delegación Miguel Hidalgo, CP.11000, Ciudad de México.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)

Boulevard Adolfo Ruiz Cortines No. 4209, Colonia Jardines en la Montaña, Delegación Tlalpan, CP. 14210, Ciudad de México.

Todos los derechos están reservados. Ni esta publicación ni partes de ella pueden ser reproducidas, almacenadas mediante cualquier sistema o transmitidas, en cualquier forma o por cualquier medio, sea éste electrónico, mecánico, de fotocopiado, de grabado o de otro tipo, sin el permiso previo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

El análisis y las conclusiones aquí expresadas no reflejan necesariamente las opiniones del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, de su Junta Ejecutiva, de sus Estados Miembros, o del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

Documento generado a partir de los resultados de la consultoría realizada por: Jorge Martínez Castillejos.

Citar como:

PNUD México-INECC. 2015. *Elaboración de una plataforma para la simulación de la dinámica hídrica por cuenca ante crecimiento poblacional, económico y cambio climático*. Proyecto 86487 “Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México”. 35 pp. + Modelo dinámico + Manual de usuario. Jorge Martínez Castillejos. México.

Esta publicación fue desarrollada en el marco del proyecto 86487 “Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México” del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Agradecimiento:

Al gobierno de Canadá a través de Environment Canada por el apoyo financiero recibido para el desarrollo del proyecto 86487 “Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México”, durante 2014-2018. Al Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático por el apoyo prestado para el buen desarrollo de la Plataforma.

Contenido

<u>ÍNDICE DE FIGURAS</u>	4
<u>PRESENTACIÓN</u>	5
<u>DOCUMENTACIÓN DE LA PLATAFORMA, LOS MÉTODOS Y FÓRMULAS EMPLEADAS</u>	5
<u>ESTRUCTURA Y DATOS REQUERIDOS PARA LA PLATAFORMA</u>	5
<u>MÉTODOS Y FORMULAS EMPLEADAS</u>	14

Índice de Figuras

FIGURA 1. PANTALLA DE INICIO	5
FIGURA 2. PANTALLA DE CAPTURA PARA LOS VALORES DE LAS VARIABLES	7
FIGURA 3. HOJA DONDE SE GUARDAN LOS VALORES DE LAS VARIABLES DEL MODELO	9
FIGURA 4. PANTALLA PARA CAPTURA DE DISTRIBUIDORES.....	10
FIGURA 5. HOJA DONDE SE GUARDAN LOS DISTRIBUIDORES.....	10
FIGURA 6. PANTALLA PARA CAPTURA DE TRASVASES	11
FIGURA 7. RESULTADO DE LA EJECUCIÓN DEL MODELO.....	13
FIGURA 8. HOJA DE CONSUMOS DE AGUA	14
FIGURA 9. MODELO DE SIMULACIÓN EN VENSIM.....	15
FIGURA 10. FORMULARIO “CAPTURA VALORES”	33
FIGURA 11. FORMULARIO “DISTRIBUIDORES”	33
FIGURA 12. FORMULARIO “TRASVASES”	34

PRESENTACIÓN

La plataforma que permitirá simular escenarios de crecimiento demográfico y económico, así como de cambio climático, y analizar su incidencia en la dinámica hídrica de una cuenca, se desarrolló en hojas de cálculo en Excel. Se anexa la plataforma a este informe para su revisión y prueba de funcionamiento.

Y para cumplir con lo requerido en los términos de referencia, en este informe se hace entrega, además de la plataforma, la documentación que sustenta dicha plataforma, los métodos y fórmulas empleadas, así como el código de programación de Visual Basic.

DOCUMENTACIÓN DE LA PLATAFORMA, LOS MÉTODOS Y FÓRMULAS EMPLEADAS

ESTRUCTURA Y DATOS REQUERIDOS PARA LA PLATAFORMA

Cumpliendo con los requisitos solicitados en los términos de referencia, la plataforma fue desarrollada en hojas de cálculo de Excel, añadiendo una automatización con programación en Visual Basic.

A continuación, se hace una breve explicación de los componentes de la plataforma (Figura 1).

MODELO DE CONSUMO DE AGUA EN CUENCA	
CAPTURA DE VALORES PARA LAS VARIABLES DEL MODELO	<input type="button" value="Capturar valores para variables"/>
CAPTURA DE DISTRIBUIDORES POR MES	<input type="button" value="Capturar variaciones mensuales"/>
TRASVASES MENSUALES	<input type="button" value="Capturar trasvases en Presa"/>
CANTIDAD INICIAL DE AGUA EN LA PRESA EN HM3	<input type="text" value="350"/>
CANTIDAD DE MESES DEFINIDOS PARA EL MODELO	<input type="text" value="164"/>
	<input type="button" value="Correr Modelo"/>

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)

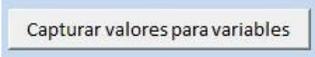
Figura 1. Pantalla de inicio

Como se puede observar en la Figura 1, se tienen los siguientes elementos y sus botones correspondientes:

- a) Captura de valores para las variables del modelo
- b) Captura de distribuidores por mes
- c) Trasvases mensuales
- d) Cantidad inicial de agua en la presa en HM^3
- e) Cantidad de meses definidos para el modelo
- f) Ejecutar Modelo

a) Captura de valores para las variables del modelo

Para acceder a la pantalla de captura de valores de las variables del

modelo, se da clic en el botón,  para visualizar el siguiente formulario:

Pantalla de captura de valores para las variables del Modelo

Datos de la cuenca		Datos de la presa	
Superficie de la cuenca en ha	15490	Superficie de la Presa en hectáreas (ha)	2939
Precipitación en la cuenca alta (mm)	Mínima 1332,7	Precipitación en la Presa (mm)	Mínima 598
	Máxima 1423		Máxima 1165
Porcentaje de escurrimientos en la cuenca	25	Porcentaje de evaporación en presa	75
		Filtraciones de la Presa en hm ³	0
		Volumen mínimo admitido de agua en la presa en hm ³	93,15
		Extracción de agua de la presa por uso en hm ³	Consumo humano 83
			Agricultura 0
			Industrial 0
Datos de población y actividades productivas		Datos de consumo antrópico de agua	
Población urbana	Tasa anual de crecimiento 11,57	Consumo de agua diario por población urbana en litros/hab	360
	Población inicial 10153	Consumo de agua diario por población rural en litros/hab	150
Población rural	Tasa anual de crecimiento 0,97	Consumo anual de agua por hectárea agrícola en m ³ /ha	0
	Población inicial 123139	Consumo anual de agua por granja acuícola en hm ³ /granja	0,23
Agricultura	Tasa anual de crecimiento 0	Número de tomas clandestinas	0
	Superficie inicial en hectáteras 0		
Granjas acuícolas	Tasa anual de crecimiento 0		
	Número de granjas inicial 8		

Guardar Cerrar

Figura 2. Pantalla de captura para los valores de las variables

Es importante señalar que los datos requeridos en esta pantalla son necesarios para obtener un buen resultado al momento de correr el modelo. Dichos datos son:

- i. **Datos de la cuenca;** como son: superficie de la cuenca en hectáreas (ha); precipitación mínima y máxima en la cuenca alta; porcentaje de escurrimiento en la cuenca.
- ii. **Datos de la presa:** superficie de la presa en hectáreas (ha); precipitación mínima y máxima en la presas; porcentaje de evaporación en la presa; filtraciones de la presa en hm³; volumen mínimo admitido de agua en la presa en hm³; extracción de agua (hm³) en la presa por uso (consumo humano, agricultura e industrial).

- iii. **Datos de población y actividades productivas:** Población urbana (tasa anual de crecimiento y población inicial); población rural (tasa anual de crecimiento y población inicial); agricultura (tasa anual de crecimiento y superficie inicial en hectáreas); Granjas agrícolas (tasa anual de crecimiento y número de granjas inicial).
- iv. **Datos de consumo antrópico de agua:** Consumo de agua diario por población urbana en litros por habitantes; consumo de agua diario por población rural en litros por habitantes; consumo anual de agua por hectárea agrícola en m^3/ha ; consumo anual de agua por granja acuícola en m^3/granja ; número de tomas clandestinas.

Después de capturar los datos, ya solamente dar clic en el botón guardar y luego cerrar, automáticamente se regresa a la hoja de inicio.

Los datos capturados en la pantalla de la Figura 2, se guardan en la hoja “Variables” (ver Figura 3). Es importante revisar que esta información se esté guardando de manera correcta durante la prueba de funcionamiento.

A	B	C	D	E	F	G	H
No.	Variables	Valores					
1	Área Presa	2,939	Cantidad Inicial de Agua en Presa	350			
2	Superficie en Subcuenca	15,490	VALOR MÍNIMO Y MÁXIMO PARA LA VARIABLE	1332.7	Mínimo		
3	Porcentaje de Escurrimientos en la cuenca	25.00	ALEATORIA DE PRECIPITACIÓN EN CUENCA ALTA	1423.0	Máximo	Porcentaje de Escurrimientos en la	0.25
4	Porcentaje de evaporación promedio anual	19.43	VALOR MÍNIMO Y MÁXIMO PARA LA VARIABLE	598.0	Mínimo	Evaporación promedio anual	75.00
5	Filtraciones	0	ALEATORIA DE PRECIPITACIÓN EN PRESA	1165.0	Máximo		
6	Consumo de agua anual por granja acuícola	0.23	Consumo de agua mensual por granja acuícola	0.0191667			
7	Consumo de agua diario por población urbana	360	Consumo de agua mensual por población urbana	0.0000108			
8	Consumo de agua diario por población rural	150	Consumo de agua mensual por población rural	0.0000045			
9	Consumo anual de agua por hectárea agrícola	0	Consumo de agua mensual por hectárea agrícola	0.0000000			
10	Tasa anual de crecimiento de granjas acuícolas	0.00					
11	Tasa anual de crecimiento poblacional urbano	11.57					
12	Tasa anual de crecimiento poblacional rural	0.97	Meses	164			
13	Tasa anual de crecimiento agrícola	0.00	Número de años	13			
14	Número de tomas clandestinas	0.00	Meses mas	8			
15	Extracción de agua de la presa en hm3	83.00	Consumo Humano	83.0			
16	Granjas acuícolas inicial	8	Agricultura	0.0			
17	Población urbana inicial	10,153	Industrial	0.0			
18	Población rural inicial	123,139					
19	Superficie agrícola inicial	0					
20	Volumen mínimo admitido de agua en la presa en hm3	93.15					
	Convertidor de m3 a hm3	1,000,000					
	Convertidor de ha a m2	10,000					
	Convertidor de litros a hm3	1,000,000,000					

Figura 3. Hoja donde se guardan los valores de las variables del modelo

b) Captura de distribuidores por mes

Para tener un mejor resultado al momento de ejecutar el modelo se usan estos coeficientes llamados distribuidores. Un distribuidor es la variación mensual de evaporación, extracción, trasvases, precipitación, escurrimientos y consumo agrícola (ver Figura 4), y la suma de los 12 distribuidores anual tiene que ser uno.

Al igual que todas las pantallas de captura, se tienen los botones “Guardar” y “Cerrar” para que al momento de ingresar todos los datos o incluso al modificar cualquiera de ellos, se dé clic en guardar.

Los distribuidores se guardan en la hoja “Distribuidores” (Ver Figura 5), de ahí son tomados al momento de correr el modelo. Los datos se guardan mod(12) veces por la cantidad de meses definidos para el modelo.

Captura de variaciones mensuales

	Variación mensual de evaporación	Variación mensual de extracción	Variación mensual de trasvases	Variación mensual de precipitación	Variación mensual de escurrimientos	Variación mensual de consumo agrícola
Enero	0,05	0,06	0	0,02	0,02	0
Febrero	0,08	0,05	0	0,03	0,03	0
Marzo	0,12	0,05	0	0,01	0,01	0
Abril	0,13	0,09	0	0,02	0,02	0
Mayo	0,12	0,09	0	0,06	0,06	0
Junio	0,09	0,09	0	0,17	0,17	0
Julio	0,08	0,09	0	0,21	0,21	0
Agosto	0,08	0,08	0	0,19	0,19	0
Septiembre	0,07	0,1	0	0,19	0,19	0
Octubre	0,08	0,13	0	0,07	0,07	0
Noviembre	0,06	0,11	0	0,02	0,02	0
Diciembre	0,05	0,06	0	0	0	0

Guardar Cerrar

Figura 4. Pantalla para captura de distribuidores

Time	Distribución de evaporación por mes	Distribución de extracción por mes	Distribución de trasvases por mes	Distribución de precipitación por mes	Distribución de escurrimientos por mes	Distribución de consumo agrícola por mes
0	0.05	0.06	0	0.02	0.02	0
1	0.08	0.05	0	0.03	0.03	0
2	0.12	0.05	0	0.01	0.01	0
3	0.13	0.09	0	0.02	0.02	0
4	0.12	0.09	0	0.06	0.06	0
5	0.09	0.09	0	0.17	0.17	0
6	0.08	0.09	0	0.21	0.21	0
7	0.08	0.08	0	0.19	0.19	0
8	0.07	0.1	0	0.19	0.19	0
9	0.08	0.13	0	0.07	0.07	0
10	0.06	0.11	0	0.02	0.02	0
11	0.05	0.06	0	0	0	0
12	0.05	0.06	0.000	0.02	0.02	0.00
13	0.08	0.05	0.000	0.03	0.03	0.00
14	0.12	0.05	0.000	0.01	0.01	0.00
15	0.13	0.09	0.000	0.02	0.02	0.00
16	0.12	0.09	0.000	0.06	0.06	0.00
17	0.09	0.09	0.000	0.17	0.17	0.00
18	0.08	0.09	0.000	0.21	0.21	0.00
19	0.08	0.08	0.000	0.19	0.19	0.00
20	0.07	0.1	0.000	0.19	0.19	0.00
21	0.08	0.13	0.000	0.07	0.07	0.00

INICIO Modelo Cosumoagua Trasvases VolumenPrecipitado Escurrimiento NMcrecimiento TMcrecimiento **Distribuidores** Variables

Figura 5. Hoja donde se guardan los distribuidores

c) Trasvases mensuales

El trasvase es la cantidad de agua que se adiciona desde una cuenca vecina a la cuenca estudiada. Para el modelo es necesario añadir este valor por mes (ver Figura 6).

The image shows a software dialog box titled "Captura de trasvases". It contains a list of months from Enero to Diciembre. Each month is followed by a text input field where the number "0" has been entered. At the bottom of the dialog is a button labeled "Cerrar".

Figura 6. Pantalla para captura de trasvases

Los datos de los trasvases se guardan en la hoja “Trasvases” de donde es son tomados para la ejecución del modelo.

19	0.00	0.00	0.00
20	0.00	0.00	0.00
21	0.00	0.00	0.00
CIO	Modelo	Cosumoagua	Trasvases
			VolumenPrecipitado

d) Cantidad inicial de agua de la presa en hm^3

Con el botón “Correr Modelo” se obtiene el escenario requerido y el resultado se guarda en la hoja “Modelo” (Figura 7). Como se puede observar en la figura 7, y al mismo tiempo se grafica el escenario alcanzado.

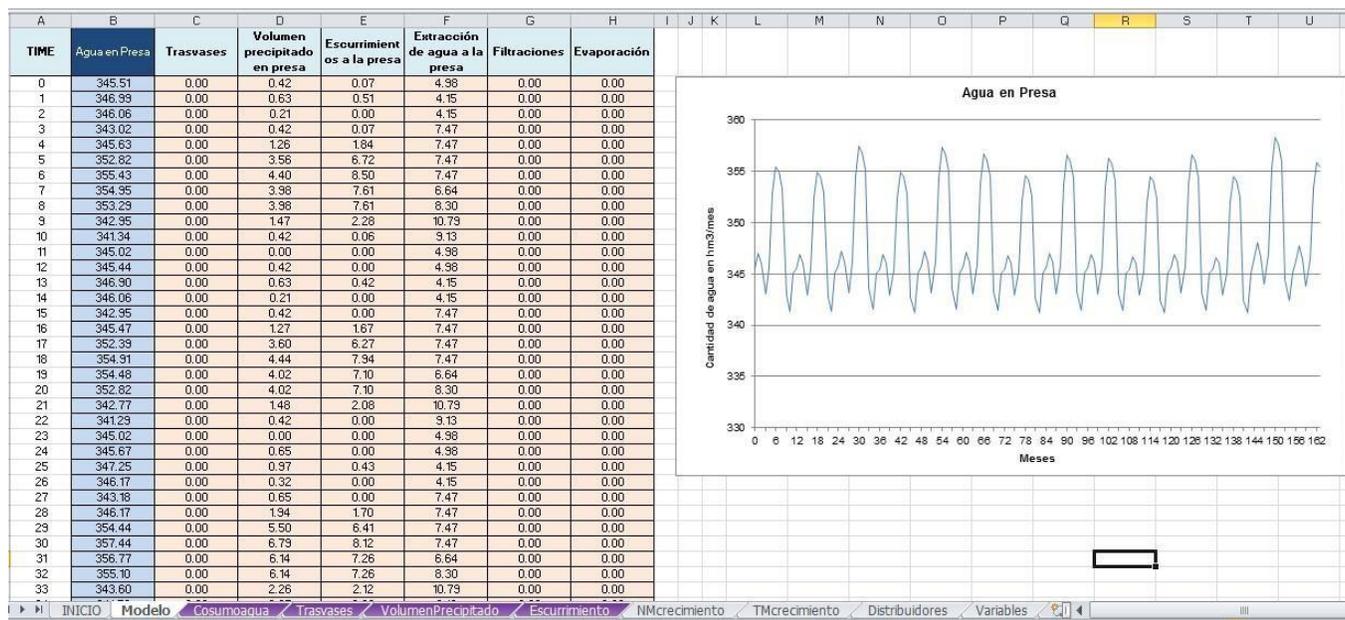


Figura 7. Resultado de la ejecución del Modelo

Dentro de la plataforma se tienen otras hojas importantes:

x Consumo de
 agua x Volumen
 precipitado x
 Escurremientos
**Consumo de
 Agua**

En la hoja de Excel “Consumoagua” se guardan los datos sobre consumo en granjas acuícolas, consumo doméstico urbano, consumo doméstico rural y consumo agrícola. Dentro de la misma hoja se calcula el total de agua consumida (ver Figura 8).

Time	Consumo granjas acuícolas	Consumo doméstico urbano	Consumo doméstico rural	Consumo agrícola		Consumo mensual doméstico y acuícola	Consumo agrícola	Consumo
0	0.153	0.110	0.554	0.000		0.817	0.000	0.817
1	0.153	0.111	0.555	0.000		0.819	0.000	0.819
2	0.153	0.112	0.555	0.000		0.820	0.000	0.820
3	0.153	0.113	0.555	0.000		0.822	0.000	0.822
4	0.153	0.114	0.556	0.000		0.823	0.000	0.823
5	0.153	0.115	0.556	0.000		0.825	0.000	0.825
6	0.153	0.116	0.557	0.000		0.826	0.000	0.826
7	0.153	0.117	0.557	0.000		0.828	0.000	0.828
8	0.153	0.118	0.558	0.000		0.829	0.000	0.829
9	0.153	0.120	0.558	0.000		0.831	0.000	0.831
10	0.153	0.121	0.559	0.000		0.833	0.000	0.833
11	0.153	0.122	0.559	0.000		0.834	0.000	0.834
12	0.153	0.123	0.560	0.000		0.836	0.000	0.836
13	0.153	0.124	0.560	0.000		0.838	0.000	0.838
14	0.153	0.125	0.560	0.000		0.839	0.000	0.839
15	0.153	0.127	0.561	0.000		0.841	0.000	0.841
16	0.153	0.128	0.561	0.000		0.843	0.000	0.843
17	0.153	0.129	0.562	0.000		0.844	0.000	0.844
18	0.153	0.130	0.562	0.000		0.846	0.000	0.846
19	0.153	0.132	0.563	0.000		0.848	0.000	0.848
20	0.153	0.133	0.563	0.000		0.849	0.000	0.849
21	0.153	0.134	0.564	0.000		0.851	0.000	0.851

Figura 8. Hoja de consumos de agua

En esta hoja el consumo es la suma de (consumo de agua en granjas acuícolas –CAG-, doméstico urbano –CDU-, doméstico rural –CDR- y agrícola –CA-).

$$\text{Consumo} = \text{CAG} + \text{CDU} + \text{CDR} + \text{CA}.$$

MÉTODOS Y FORMULAS EMPLEADAS

A partir del modelo construido en VENSIM se ha programado el modelo de simulación en Excel. Con el modelo Vensim se realizó el pronóstico

del efecto que un cambio en el volumen de agua extraído por el sistema Cutzamala y un cambio en el patrón de uso del agua en la subcuenca tendría sobre la disponibilidad de agua en las presas de El Bosque, Valle de Bravo y Villa Victoria.

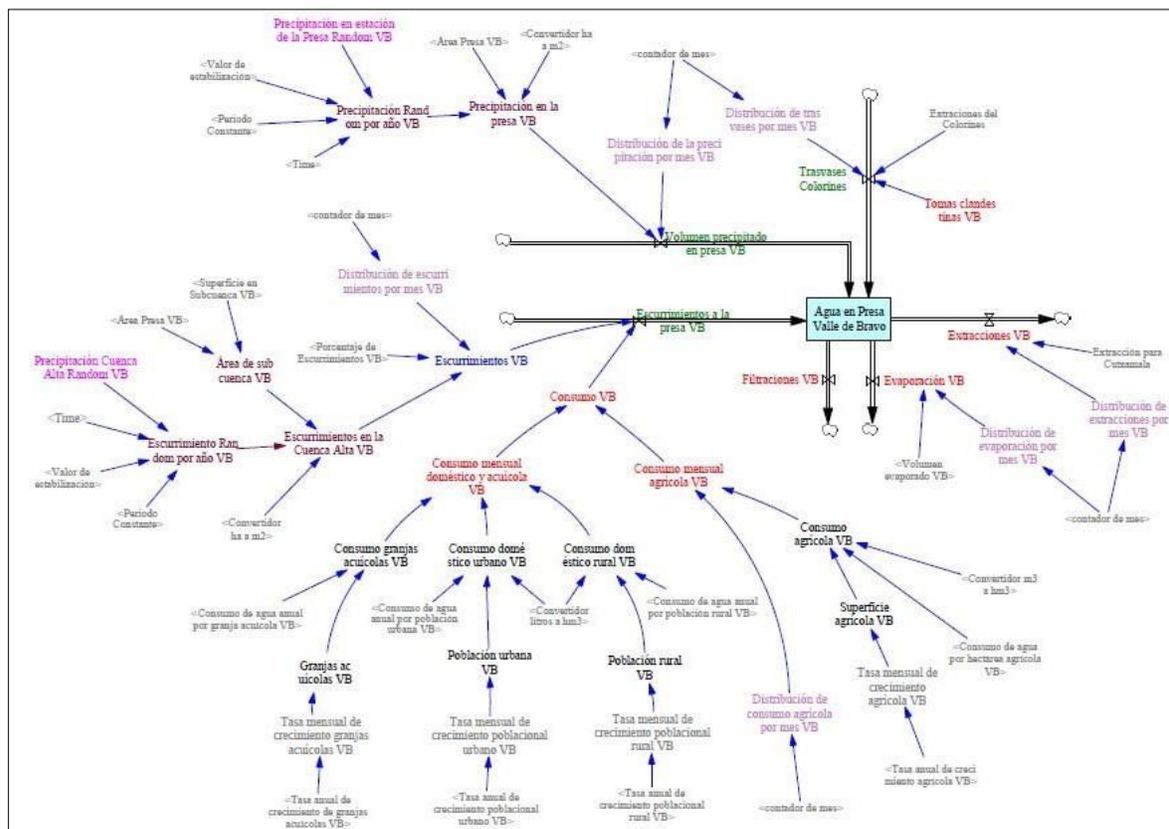


Figura 9. Modelo de simulación en Vensim

Las relaciones entre los elementos del sistema (Figura 9) representan las relaciones causales, que se muestran mediante la conexión de palabras con flechas. Esta información se usa por un Editor de Ecuaciones para crear el modelo de simulación.

Lista de variables y formulas correspondientes del modelo.

(001) $Agua\ en\ Presa = INTEG (Volumen\ precipitado\ en\ presa + Ecurrimientos\ a\ la\ presa + Traslases - Evaporación - Extracciones - Filtraciones)$

Units: hm³*Month

Nota: El valor inicial es la capacidad de almacenamiento según CONAGUA

- (002) *Área de subcuena =Superficie en Subcuena -Área Presa*
 Units: ha
 Nota: Superficie en metros cuadrados (m²)
- (003) *Área Presa =Valor del área presa*
 Units: ha
- (004) *Consumo agrícola = (Superficie agrícola * Consumo de agua por hectárea agrícola /Convertidor m³ a hm³)/8*
 Units: hm³
- (005) *Consumo de agua anual por granja acuícola = Valor promedio consumido en granjas*
 Units: hm³/granja
- (006) *Consumo de agua anual por población rural =consumo en litros por persona*
 Units: l/persona
- (007) *Consumo de agua anual por población urbana = consumo en litros por persona*
 Units: l/persona
- (008) *Consumo de agua por hectárea agrícola = consumo en metros cúbicos por hectáreas*
 Units: m³/ha
- (009) *Consumo doméstico rural =Población rural *(Consumo de agua anual por pob rural /30)/Convertidor litros a hm³*
 Units: hm³
 Nota: Se considera un consumo de 150 l por persona por considerando fugas del 40%.
 Consumo por mes de 4.6 m³ por persona
- (010) *Consumo doméstico urbano =Población urbana *(Consumo de agua anual por población urbana /30)/ Convertidor litros a hm³*
 Units: hm³
 Nota: Consumo de 500 litros por persona por población urbana por día considerando fugas del 40% y riego de jardines. Por mes, consumo de 15.16 m³ por persona
- (011) *Consumo granjas acuícolas =Granjas acuícolas *(Consumo de agua anual por granja acuícola /12)*
 Units: hm³
- (012) *Consumo mensual agrícola =Consumo agrícola *Distribución de consumo agrícola por mes*
 Units: hm³
- (013) *Consumo mensual doméstico y acuícola =Consumo granjas acuícolas +Consumo doméstico rural +Consumo doméstico urbano*
 Units: hm³

- (014) Consumo =Consumo mensual agrícola +Consumo mensual doméstico y acuícola
Units: hm³
- (015) *contador de mes=MODULO(Time, 12)*
Units: Month [1,12]
- (016) *Convertidor ha a m²=10000*
Units: m²/ha
- (017) *Convertidor litros a hm³=1e+009*
Units: l/hm³
- (018) *Convertidor m³ a hm³=1e+006*
Units: m³/hm³
- (019) *Distribución de consumo agrícola por mes = WITH LOOKUP (contador de mes, ((0,-1)-(11,2)],(0,1.5),(1,1),(2,1),(3,1),(4,0.5),(5,0),(6,0),(7,0),(8,0),(9,1),(10,1),(11,1)))*
Units: Dmnl
- (020) *Distribución de escurrimientos por mes = WITH LOOKUP (contador de mes, ((0,-0.1)-(11,0.3)],(0,0.017),(1,0.02),(2,0.02),(3,0.025),(4,0.0614035),(5,0.19),(6,0.19),(7,0.23),(8,0.2),(9,0.08),(10,0.01),(11,0.003)))*
Units: Dmnl
- (021) *Distribución de evaporación por mes = WITH LOOKUP (contador de mes,((0,0)-(11,0.2)],(0,0.07),(1,0.08),(2,0.13),(3,0.14),(4,0.13),(5,0.08),(6,0.07),(7,0.07),(8,0.06),(9,0.06),(10,0.06),(11,0.05)))*
Units: Dmnl
- (022) *Distribución de extracciones por mes = WITH LOOKUP (contador de mes, ((0,0)-(11,0.2)],(0,0.064),(1,0.091),(2,0.113),(3,0.112),(4,0.129),(5,0.125),(6,0.105),(7,0.067),(8,0.025),(9,0.04),(10,0.057),(11,0.074)))*
Units: Dmnl
- (023) *Distribución de la precipitación por mes = WITH LOOKUP (contador de mes, ((0,-0.1)-(11,0.5)],(0,0.02),(1,0.02),(2,0.01),(3,0.01),(4,0.05),(5,0.18),(6,0.19),(7,0.23),(8,0.2),(9,0.08),(10,0.01),(11,0)))*
Units: Dmnl
- (024) *Distribución de trasvases por mes = WITH LOOKUP (contador de mes, ((0,-0.1)-(11,0.5)],(0,0.023),(1,0.025),(2,0.026),(3,0.023),(4,0),(5,0),(6,0.056),(7,0.086),(8,0.318),(9,0.338),(10,0.09),(11,0.017)))*
Units: Dmnl

- (025) *Escurrencio Random por año =SAMPLE IF TRUE(MODULO(Time,Periodo Constante)<Valor de estabilización,Precipitación Cuenca Alta Random , Precipitación Cuenca Alta Random)*
Units: hm3
- (026) *Escurrencios a la presa =MAX((Escurrencios -Consumo),o)*
Units: hm3
- (027) *Escurrencios en la Cuenca Alta =Escurrencio Random por año *Área de subcuenca *1e-009*Convertidor ha a m2*
Units: hm3
- (028) *Escurrencios =Escurrencios en la Cuenca Alta * Distribución de escurrencios por mes * Porcentaje de Escurrencios*
Units: hm3
- (030) *Evaporación =Volumen evaporado *Distribución de evaporación por mes*
Units: hm3
- (031) *Extracciones =Extracción para Presa*Distribución de extracciones por mes*
Units: hm3
- (032) *Extracción para subcuenca=154*
Units: hm3
- (033) *Extracción para cuenca=189*
Units: hm3
- (034) *Filtraciones =o*
Units: hm3
- (035) *FINAL TIME = Tiempo definido*
Units: Month
- (036) *Granjas acuícolas = INTEG (Granjas acuícolas *Tasa mensual de crecimiento granjas acuícolas , 71)*
Units: granja
- (037) *INITIAL TIME = o*
Units: Month
- (038) *Periodo Constante=12*
Units: Dmnl

- (039) *Población rural = INTEG (Tasa mensual de crecimiento poblacional rural *Población rural , 47781)*
Units: persona
- (040) *Población urbana = INTEG (Población urbana *Tasa mensual de crecimiento poblacional urbano , 25554)*
Units: persona
- (041) *Porcentaje de Esguimientos =0.31*
Units: Dmnl
- (042) *Precipitación Cuenca Alta Random =RANDOM NORMAL(1016,1423, 1195, 180, 1137)*
Units: hm3
- (043) *Precipitación en estación de la Presa Random =RANDOM NORMAL(723.5, 1244.8, 913.7, 128.3, 914)*
Units: mm
- (044) *Precipitación en la presa =Precipitación Random por año *1e-009*(Área Presa *Convertidor ha a m2)*
Units: hm3
- (045) *Precipitación promedio anual en la presa =dato anual en milímetros*
Units: mm
- (046) *Precipitación promedio anual en la subcuenca =912*
Units: mm
- (047) *Precipitación Random por año =SAMPLE IF TRUE(MODULO(Time, Periodo Constante)<Valor de estabilización, Precipitación en estación de la Presa Random , Precipitación en estación de la Presa Random)*
Units: hm3
- (048) *SAVEPER =TIME STEP*
Units: Month [0,?]

The frequency with which output is stored.
- (049) *Superficie agrícola = INTEG (Superficie agrícola *Tasa mensual de crecimiento agrícola , 1355)*
Units: ha
- (050) *Superficie en Subcuenca =53712*
Units: ha
- (051) *Tasa anual de crecimiento agrícola =1*
Units: Dmnl/Month

La tasa de crecimiento anual es de 1% (esta en porcentaje).

- (052) *Tasa anual de crecimiento de granjas acuícolas = 0*
Units: Dmnl
- (053) *Tasa anual de crecimiento poblacional rural = 0.92*
Units: Dmnl
- (058) *Tasa anual de crecimiento poblacional urbano = 0.06*
Units: Dmnl
- (059) *Tasa mensual de crecimiento agrícola = (Tasa anual de crecimiento agrícola / 100) / 12*
Units: Dmnl
- (060) *Tasa mensual de crecimiento granjas acuícolas = (Tasa anual de crecimiento de granjas acuícolas / 100) / 12*
Units: Dmnl
- (061) *Tasa mensual de crecimiento poblacional rural = (Tasa anual de crecimiento poblacional rural / 100) / 12*
Units: Dmnl
- (062) *Tasa mensual de crecimiento poblacional urbano = (Tasa anual de crecimiento poblacional urbano / 100) / 12*
Units: Dmnl
- (063) *TIME STEP = 1*
Units: Month [0,?]]
- (064) *Tomas clandestinas = 0*
Units: hm³ [0,?]]
- (065) *Trasvases = (Extracciones * Distribución de trasvases por mes) - Tomas clandestinas*
Units: hm³
- (066) *UMBRAL = 200*
Units: hm³
- (067) *Valor de estabilización = 0.5*
Units: Dmnl [0,15,1]
- (068) *Volumen evaporado = 33.5*
Units: hm³

- (069) *Volumen precipitado en presa =Precipitación en la presa *Distribución de la precipitación por mes*
Units: hm3

Con el diagrama y las ecuaciones dadas en Vensim se realizó la programación en Visual Basic para tener en Excel un modelo más fácil de operar. A continuación se muestra el código generado (Modulo 2).

Public Anhos
Public Meses

```
Sub Tomar_variables() 'Empieza rutina para definir los meses y años a trabajar

    Anhos = Worksheets("Variables").Range("e14").Value    'Toma el valor en la hoja
                                                         Variables para definir la cantidad de año a trabajar
    residuo_anhio = Worksheets("Variables").Range("e15").Value 'Meses sobrantes
                                                         después de
                                                         saber la
                                                         cantidad de
                                                         años a trabajar

    If residuo_anhio = 0 Then
        Anhos = Anhos
    Else
        Anhos = Anhos + 1
    End If

    Meses = Worksheets("Variables").Range("E13").Value * 1    'Toma el valor para
                                                         saber la
    cantidad de meses a trabajar End Sub    'termina la rutina de definir los meses y
    años a trabajar
```

```
Sub Precipitacion_aleatorio_cuenca_alta()    'FUNCIÓN QUE CALCULA
                                             ESCURRIMIENTOS
    'Guarda los valores en la hoja -Escurrimientos-

    ValorMinimo = Worksheets("Variables").Range("E3").Value * 1    'TOMA EL
    VALOR DE LA CELDA E3, VALOR MÍNIMO PARA LA FUNCIÓN ALEATORIA
    ValorMaximo = Worksheets("Variables").Range("E4").Value * 1    'TOMA EL
    VALOR DE LA CELDA E4, VALOR MÁXIMO PARA LA FUNCIÓN ALEATORIA
```

Application.Run "Tomar_variables" 'ejecuta macro para definir los meses y años a trabajar

'Definición de variables para cálculo

AreaSubcuenca = (Worksheets("Variables").Range("c3").Value * 1) -
(Worksheets("Variables").Range("c2").Value * 1) 'CALCULA EL ÁREA DE
SUBCUENCA

Factor = 0.000000001 'DEFINE EL FACTOR

VolumenEvaporado = Worksheets("Variables").Range("c4").Value * 1 'TOMA
VALOR PARA EL VOLUMEN EVAPORADO EN LA SUBCUENCA

ConvrtidorHaAm2 = Worksheets("Variables").Range("c24").Value * 1 'TOMA EL
VALOR PARA EL CONVERTIDOR DE HECTÁREA A METROS CUADRADOS

If VolumenEvaporado < 1 Then

VolumenEvaporado = VolumenEvaporado

Else

VolumenEvaporado = VolumenEvaporado / 100

End If

Worksheets("Escurrimiento").Range("c2:h5000").Value = "" 'BORRA LOS
DATOS ANTERIORES PARA ESCRIBIR LOS NUEVOS CÁLCULOS

For I = 1 To Anhos 'ESCRIBE LA PRECIPITACIÓN DE CUENCA ALTA
(VALOR
ALEATORIA O RANDOM)

Randomize ' Inicializa el generador de números aleatorios.

Worksheets("Escurrimiento").Range("d" & 2 + (I - 1) * 12).Value = Int((ValorMaximo
- ValorMinimo + 1) * Rnd + ValorMinimo) ' Genera un valor aleatorio entre Valor mínimo
y Valor máximo

Next I

For J = 1 To Anhos 'ESCRIBE LA PRECIPITACIÓN DE CUENCA ALTA PARA
TODOS LOS MESES DEL AÑO (VALOR ALEATORIA O RANDOM)

Worksheets("Escurrimiento").Range("e" & 2 + (J - 1) * 12 & ":e" & 1 + J * 12).Value
= Range("d" & 2 + (J - 1) * 12).Value

Next J 'termina de escribir valores

For K = 1 To Meses

Worksheets("Escurrimiento").Range("f" & K + 1).Value = AreaSubcuenca
'ÁREA DE SUBCUENCA PARA TODOS LOS MESES DEL AÑO

Worksheets("Escurrimiento").Range("g" & K + 1).Value =
Worksheets("Escurrimiento").Range("e" & K + 1).Value *
Worksheets("Escurrimiento").Range("f" & K + 1).Value * Factor *
VolumenEvaporado * ConvrtidorHaAm2 'CALCULA Y ESCRIBE EL
ESCURRIMIENTO EN LA CUENCA ALTA

Worksheets("Escurrimiento").Range("h" & K + 1).Value =
Worksheets("Escurrimiento").Range("g" & K + 1).Value *
Worksheets("Distribuidores").Range("G" & K + 1).Value 'calcula y escribe escurrimientos

Next K

End Sub 'termina la rutina de cálculo de escurrimiento

```

Sub Precipitacion_aleatorio_presa()      'cálculos para hallar el volumen precipitado en
                                        Presa
                                        ' Guarda los valores en la hoja -VolumenPrecipitado-

    ValorMinimo = Worksheets("Variables").Range("E5").Value * 1    'TOMA EL
    VALOR DE LA CELDA E5, VALOR MÍNIMO PARA LA FUNCIÓN ALEATORIA
    ValorMaximo = Worksheets("Variables").Range("E6").Value * 1    'TOMA EL
    VALOR DE LA CELDA E6, VALOR MÁXIMO PARA LA FUNCIÓN ALEATORIA

    Application.Run "Tomar_variables" 'función que toma los valores para definir los meses
    y años a trabajar

    'Definición de variables para cálculo
    Factor = 0.000000001      'DEFINE EL FACTOR
    AreaPresa = Worksheets("Variables").Range("c2").Value * 1 'TOMA VALOR DEL
    ÁREA DE LA PRESA
    ConvetidorHaAm2 = Worksheets("Variables").Range("c24").Value 'TOMA EL
    VALOR PARA EL CONVERTIDOR DE HECTÁREA A METROS CUADRADOS

    Worksheets("VolumenPrecipitado").Range("c2:G5000").Value = ""    'BORRA
    LOS DATOS ANTERIORES PARA ESCRIBIR LOS NUEVOS CÁLCULOS

    For I = 1 To Anhos      'ESCRIBE LA PRECIPITACIÓN EN LA PRESA (VALOR
    ALEATORIA O RANDOM)
        Randomize ' Inicializa el generador de números aleatorios.
        Worksheets("VolumenPrecipitado").Range("d" & 2 + (I - 1) * 12).Value =
        Int((ValorMaximo - ValorMinimo + 1) * Rnd + ValorMinimo) ' Genera un valor aleatorio
        entre Valor máximo y mínimo
    Next I

    For J = 1 To Anhos      'ESCRIBE LA PRECIPITACIÓN DE CUENCA ALTA PARA
    TODOS LOS MESES DEL AÑO (VALOR ALEATORIA O RANDOM)
        Worksheets("VolumenPrecipitado").Range("e" & 2 + (J - 1) * 12 & ":e" & 1 + J *
        12).Value = Range("d" & 2 + (J - 1) * 12).Value
    Next J

    For K = 1 To Meses
        Worksheets("VolumenPrecipitado").Range("f" & K + 1).Value =
        Worksheets("VolumenPrecipitado").Range("E" & K + 1).Value * Factor * AreaPresa *
        ConvetidorHaAm2
        Worksheets("VolumenPrecipitado").Range("g" & K + 1).Value =
        Worksheets("VolumenPrecipitado").Range("f" & K + 1).Value *
        Worksheets("Distribuidores").Range("f" & K + 1).Value
    Next K

End Sub 'Termina la rutina para hallar el volumen precipitado en Presa

```

```

Sub valor_distribuidor()
    ' escribe los distribuidores para todos las celdas
    ' Guarda los valores en la hoja -Distribuidores-

    Application.Run "Tomar_variables" 'función que toma los valores para Definir los
    meses y años a trabajar

    Worksheets("Distribuidores").Range("b14:k5000").Value = "" 'BORRA LOS
    DATOS ANTERIORES PARA ESCRIBIR LOS NUEVOS CÁLCULOS

    For I = 1 To 6 'se define el for para que recorra todas las columnas
        Select Case I
            Case 1
                Columna = "C"
            Case 2
                Columna = "D"
            Case 3
                Columna = "E"
            Case 4
                Columna = "F"
            Case 5
                Columna = "G"
            Case 6
                Columna = "H"
        End Select

        'se toma los 12 valores para cada una de las columnas
        Valor1 = Worksheets("Distribuidores").Range(Columna & 2).Value * 1
        Valor2 = Worksheets("Distribuidores").Range(Columna & 3).Value * 1
        Valor3 = Worksheets("Distribuidores").Range(Columna & 4).Value * 1
        Valor4 = Worksheets("Distribuidores").Range(Columna & 5).Value * 1
        Valor5 = Worksheets("Distribuidores").Range(Columna & 6).Value * 1
        Valor6 = Worksheets("Distribuidores").Range(Columna & 7).Value * 1
        Valor7 = Worksheets("Distribuidores").Range(Columna & 8).Value * 1
        Valor8 = Worksheets("Distribuidores").Range(Columna & 9).Value * 1
        Valor9 = Worksheets("Distribuidores").Range(Columna & 10).Value * 1
        Valor10 = Worksheets("Distribuidores").Range(Columna & 11).Value * 1
        Valor11 = Worksheets("Distribuidores").Range(Columna & 12).Value * 1
        Valor12 = Worksheets("Distribuidores").Range(Columna & 13).Value * 1

        ConveterNumero = 1
        'escribe los valores para todas las columnas
        For J = 1 To Anhos + 1
            Worksheets("Distribuidores").Range(Columna & 2 + (J - 1) * 12).Value = Valor1
            Worksheets("Distribuidores").Range(Columna & 3 + (J - 1) * 12).Value = Valor2

```

```

Worksheets("Distribuidores").Range(Columna & 4 + (J - 1) * 12).Value = Valor3
Worksheets("Distribuidores").Range(Columna & 5 + (J - 1) * 12).Value = Valor4
Worksheets("Distribuidores").Range(Columna & 6 + (J - 1) * 12).Value = Valor5
Worksheets("Distribuidores").Range(Columna & 7 + (J - 1) * 12).Value = Valor6
Worksheets("Distribuidores").Range(Columna & 8 + (J - 1) * 12).Value = Valor7
Worksheets("Distribuidores").Range(Columna & 9 + (J - 1) * 12).Value = Valor8
Worksheets("Distribuidores").Range(Columna & 10 + (J - 1) * 12).Value = Valor9
Worksheets("Distribuidores").Range(Columna & 11 + (J - 1) * 12).Value = Valor10
Worksheets("Distribuidores").Range(Columna & 12 + (J - 1) * 12).Value = Valor11
Worksheets("Distribuidores").Range(Columna & 13 + (J - 1) * 12).Value = Valor12
Next J
Next I

```

End Sub "Termina la rutina de escribir distribuidores para todas las celdas"

```

Sub tasa_crecimiento()
    ' calcula la tasa de crecimiento poblacional, acuícola y
    ' agrícola
    ' Guarda los valores en la hoja -TMcrecimiento-

    Tasa_anual_acuicola = Worksheets("Variables").Range("c11").Value * 1 'toma valor tasa
    anual de crecimiento acuícola
    Tasa_anual_urbana = Worksheets("Variables").Range("c12").Value * 1 'toma valor
    tasa anual de crecimiento de población urbana
    Tasa_anual_rural = Worksheets("Variables").Range("c13").Value * 1 'toma valor tasa
    anual de crecimiento de población rural
    Tasa_anual_agricola = Worksheets("Variables").Range("c14").Value * 1 'toma valor tasa
    anual de crecimiento agrícola

    Tasa_acuicola = (Tasa_anual_acuicola / 100) / 12 "Tasa mensual de consumo
    acuícola
    Tasa_urbana = (Tasa_anual_urbana / 100) / 12 "Tasa mensual de consumo
    poblacional urbana
    Tasa_rural = (Tasa_anual_rural / 100) / 12 "Tasa mensual de consumo
    poblacional rural
    Tasa_agricola = (Tasa_anual_agricola / 100) / 12 "Tasa mensual de consumo
    agrícola

    Application.Run "Tomar_variables" 'función toma los valores para Definir los meses y
    años a trabajar

    Worksheets("TMcrecimiento").Range("b2:k5000").Value = "" 'BORRA LOS
    DATOS ANTERIORES PARA ESCRIBIR LOS NUEVOS CÁLCULOS

    Worksheets("TMcrecimiento").Range("c2:c" & Meses + 1).Value = Tasa_acuicola
    'Escribe la Tasa mensual de consumo acuícola
    Worksheets("TMcrecimiento").Range("d2:d" & Meses + 1).Value = Tasa_urbana
    'Escribe la Tasa mensual de consumo poblacional urbana
    Worksheets("TMcrecimiento").Range("e2:e" & Meses + 1).Value = Tasa_rural

```

'Escribe la Tasa mensual de consumo poblacional rural

```
Worksheets("TMcrecimiento").Range("f2:f" & Meses + 1).Value = Tasa_agricola
```

'Escribe la Tasa mensual de consumo agrícola

End Sub 'Termina la rutina para calcula la tasa de crecimiento poblacional, acuícola y agrícola

```
Sub numero_crecimiento()                ' calcula el número poblacional, de granjas
acuícola y la superficie agrícola
    ' Guarda los valores en la hoja -NMcrecimiento-

    Num_acuicola = Worksheets("Variables").Range("c17").Value * 1    'toma valor para el
número inicial de granjas acuícola
    Num_urbana = Worksheets("Variables").Range("c18").Value * 1    'toma valor para el
número inicial de población urbana
    Num_rural = Worksheets("Variables").Range("c19").Value * 1    'toma valor para el
número inicial de población rural
    Num_agricola = Worksheets("Variables").Range("c20").Value * 1    'toma valor para la
superficie agrícola

    Application.Run "Tomar_variables" 'función que toma los valores para Definir los
meses y años a trabajar

    Worksheets("NMcrecimiento").Range("d2:k5000").Value = ""    'BORRA LOS
DATOS ANTERIORES PARA ESCRIBIR LOS NUEVOS CÁLCULOS

    Worksheets("NMcrecimiento").Range("e2").Value = Num_acuicola    'Escribe el
número inicial de granjas acuícola
    Worksheets("NMcrecimiento").Range("f2").Value = Num_urbana    'Escribe el
número inicial del número de población urbana
    Worksheets("NMcrecimiento").Range("g2").Value = Num_rural    'Escribe el
número inicial del número de población rural
    Worksheets("NMcrecimiento").Range("h2").Value = Num_agricola    'Escribe el
número inicial de la superficie agrícola

    For J = 1 To Meses - 1    'aplica el tasa de crecimiento al valor inicial
        Worksheets("NMcrecimiento").Range("E" & 2 + J).Value =
Worksheets("NMcrecimiento").Range("E" & 1 + J).Value +
(Worksheets("NMcrecimiento").Range("E" & 1 + J).Value *
Worksheets("TMcrecimiento").Range("C" & 2 + J).Value)
        Worksheets("NMcrecimiento").Range("F" & 2 + J).Value =
Worksheets("NMcrecimiento").Range("F" & 1 + J).Value +
(Worksheets("NMcrecimiento").Range("F" & 1 + J).Value *
Worksheets("TMcrecimiento").Range("D" & 2 + J).Value)
        Worksheets("NMcrecimiento").Range("G" & 2 + J).Value =
```

```

Worksheets("NMcrecimiento").Range("G" & 1 + J).Value +
(Worksheets("NMcrecimiento").Range("G" & 1 + J).Value *
Worksheets("TMcrecimiento").Range("E" & 2 + J).Value)
Worksheets("NMcrecimiento").Range("H" & 2 + J).Value =
Worksheets("NMcrecimiento").Range("H" & 1 + J).Value +
(Worksheets("NMcrecimiento").Range("H" & 1 + J).Value *
Worksheets("TMcrecimiento").Range("F" & 2 + J).Value)
Next J

```

End Sub "Termina la rutina"

```

Sub valor_trasvases() ' escribe las trasvases la cantidad de años requeridos
' Guarda los valores en la hoja -Trasvases-

```

```

Application.Run "Tomar_variables" 'función que toma los valores para Definir los
meses y años a trabajar

```

```

Worksheets("Trasvases").Range("c14:k5000").Value = "" 'BORRA LOS DATOS
ANTERIORES PARA ESCRIBIR LOS NUEVOS CÁLCULOS

```

```

For I = 1 To 1 'toma valor para decidir en qué columna se encuentra el trasvases
Select Case I
Case 1
Columna = "E"
End Select
'los doce valores de trasvases
Valor1 = Worksheets("Trasvases").Range(Columna & 2).Value * 1
Valor2 = Worksheets("Trasvases").Range(Columna & 3).Value * 1
Valor3 = Worksheets("Trasvases").Range(Columna & 4).Value * 1
Valor4 = Worksheets("Trasvases").Range(Columna & 5).Value * 1
Valor5 = Worksheets("Trasvases").Range(Columna & 6).Value * 1
Valor6 = Worksheets("Trasvases").Range(Columna & 7).Value * 1
Valor7 = Worksheets("Trasvases").Range(Columna & 8).Value * 1
Valor8 = Worksheets("Trasvases").Range(Columna & 9).Value * 1
Valor9 = Worksheets("Trasvases").Range(Columna & 10).Value * 1
Valor10 = Worksheets("Trasvases").Range(Columna & 11).Value * 1
Valor11 = Worksheets("Trasvases").Range(Columna & 12).Value * 1
Valor12 = Worksheets("Trasvases").Range(Columna & 13).Value * 1
For J = 1 To Anhos 'escribe los trasvases mensuales en los diferentes años
Worksheets("Trasvases").Range(Columna & 14 + (J - 1) * 12).Value = Valor1
Worksheets("Trasvases").Range(Columna & 15 + (J - 1) * 12).Value = Valor2
Worksheets("Trasvases").Range(Columna & 16 + (J - 1) * 12).Value = Valor3
Worksheets("Trasvases").Range(Columna & 17 + (J - 1) * 12).Value = Valor4
Worksheets("Trasvases").Range(Columna & 18 + (J - 1) * 12).Value = Valor5
Worksheets("Trasvases").Range(Columna & 19 + (J - 1) * 12).Value = Valor6
Worksheets("Trasvases").Range(Columna & 20 + (J - 1) * 12).Value = Valor7
Worksheets("Trasvases").Range(Columna & 21 + (J - 1) * 12).Value = Valor8
Worksheets("Trasvases").Range(Columna & 22 + (J - 1) * 12).Value = Valor9

```

```

Worksheets("Trasvases").Range(Columna & 23 + (J - 1) * 12).Value = Valor10
Worksheets("Trasvases").Range(Columna & 24 + (J - 1) * 12).Value = Valor11
Worksheets("Trasvases").Range(Columna & 25 + (J - 1) * 12).Value = Valor12
Next J
Next I

```

```

For K = 1 To Meses 'calcula la cantidad de trasvases a la presa
Worksheets("Trasvases").Range("d" & K + 1).Value =
Worksheets("Variables").Range("C15").Value *
Worksheets("Distribuidores").Range("E" & K + 1).Value
Worksheets("Trasvases").Range("f" & K + 1).Value =
Worksheets("Trasvases").Range("E" & K + 1).Value -
Worksheets("Trasvases").Range("D" & K + 1).Value
Next K
End Sub 'termina la rutina

```

```

Sub valor_consumo_agua() 'calcula el consumo de agua
'Guarda los valores en la hoja -Cosumoagua-

```

```

Application.Run "Tomar_variables" 'función que toma los valores para Definir los meses
y años a trabajar

```

```

Worksheets("Cosumoagua").Range("c2:k5000").Value = "" 'BORRA LOS
DATOS ANTERIORES PARA ESCRIBIR LOS NUEVOS CÁLCULOS

```

```

ConsumoAguaAcuicola = Worksheets("Variables").Range("e7").Value * 1
'Toma el valor de Consumo de agua mensual por granja acuícola

```

```

ConsumoAguaUrbana = Worksheets("Variables").Range("e8").Value * 1
'Toma el valor de Consumo de agua mensual por habitante en la zona urbana

```

```

ConsumoAguaRural = Worksheets("Variables").Range("e9").Value * 1 'Toma el valor
de Consumo de agua mensual por habitante en la zona rural

```

```

ConsumoAguaAgricola = Worksheets("Variables").Range("e10").Value * 1 'Toma el
valor de Consumo mensual de agua por hectárea agrícola

```

```

For J = 1 To Meses
Worksheets("Cosumoagua").Range("D" & J + 1).Value =
ConsumoAguaAcuicola * Worksheets("NMcrecimiento").Range("E" & J + 1).Value
'calcula Consumo granjas acuícolas

```

```

Worksheets("Cosumoagua").Range("E" & J + 1).Value = ConsumoAguaUrbana *
Worksheets("NMcrecimiento").Range("F" & J + 1).Value 'calcula Consumo doméstico
urbano

```

```

Worksheets("Cosumoagua").Range("F" & J + 1).Value = ConsumoAguaRural *
Worksheets("NMcrecimiento").Range("G" & J + 1).Value 'calcula Consumo doméstico
rural

```

```

Worksheets("Cosumoagua").Range("G" & J + 1).Value =
ConsumoAguaAgricola * Worksheets("NMcrecimiento").Range("H" & J + 1).Value
'calcula Consumo agrícola

```

```

Worksheets("Cosumoagua").Range("I" & J + 1).Value =
Worksheets("Cosumoagua").Range("D" & J + 1).Value +

```

```

Worksheets("Cosumoagua").Range("E" & J + 1).Value +
Worksheets("Cosumoagua").Range("F" & J + 1).Value 'Calcula el Consumo mensual
doméstico y acuícola
    Worksheets("Cosumoagua").Range("J" & J + 1).Value =
Worksheets("Cosumoagua").Range("G" & J + 1).Value
'Calcula el Consumo Agricola
    Worksheets("Cosumoagua").Range("K" & J + 1).Value =
Worksheets("Cosumoagua").Range("I" & J + 1).Value +
Worksheets("Cosumoagua").Range("J" & J + 1).Value    'Calcula el Consumo total
Next J

End Sub ' Termina la rutina

```

```

Sub valor_modelo_final()
    ' Termina con el cálculo del modelo
    ' Guarda los valores en la hoja -Modelo-

    Application.Run "Tomar_variables" 'función que toma los valores para Definir los meses
y años a trabajar
    Worksheets("Modelo").Range("a2:k5000").Value = ""    'BORRA LOS DATOS
ANTERIORES PARA ESCRIBIR LOS NUEVOS CÁLCULOS

    EvaporadoAnual = Worksheets("Variables").Range("H5").Value * 1    'Toma el
valor dado a volumen evaporado
    AreaPresa = Worksheets("Variables").Range("c2").Value * 1    'Toma la
superficie de la presa
    Filtraciones = Worksheets("Variables").Range("c6").Value * 1    'Toma el valor
dado a filtraciones
    ExtracionPresa = Worksheets("Variables").Range("c16").Value * 1    'Toma valor
dada a la Extracción para Agua Potable
    ValorInicialEnPresa = Worksheets("Variables").Range("e2").Value * 1    'Toma el
valor la Cantidad Inicial de Agua en Presa
    ConvertidorHaM3 = Worksheets("Variables").Range("e24").Value * 1    'Toma el
valor la Cantidad Inicial de Agua en Presa

    If EvaporadoAnual < 1 Then
        EvaporadoAnual = EvaporadoAnual
    Else
        EvaporadoAnual = EvaporadoAnual / 100
    End If

    VolumenEvaporado = (EvaporadoAnual *
Application.WorksheetFunction.Average(Worksheets("Variables").Range("E5:E6").V alue) /
1000000000) * AreaPresa * ConvertidorHaM3

    For J = 1 To Meses
        'EMPIEZA A ESCRIBIR LO VALORES FINALES DE
LA PRESA

```

```

Worksheets("Modelo").Range("H" & J + 1).Value = VolumenEvaporado *
Worksheets("Distribuidores").Range("C" & J + 1).Value 'calcula las evaporaciones
mensuales
Worksheets("Modelo").Range("G" & J + 1).Value = Filtraciones
'escribe las filtraciones por mes
Worksheets("Modelo").Range("F" & J + 1).Value = ExtracionPresa *
Worksheets("Distribuidores").Range("D" & J + 1).Value 'escribe la Extracción de agua a
la presa
'----- empieza condicionante
EscurreMenosConsumo = Worksheets("Escurrimiento").Range("H" & J + 1).Value
- Worksheets("Cosumoagua").Range("K" & J + 1).Value 'calcula escurrimiento a la presa
(escurrimiento menos consumo)
If EscurreMenosConsumo < 0 Then 'empieza la condición de ver si la diferencia
es menor a cero
Worksheets("Modelo").Range("E" & J + 1).Value = 0 'escribe el escurrimiento a
la presa
Else
Worksheets("Modelo").Range("E" & J + 1).Value = EscurreMenosConsumo
End If
'TERMINA CONDICIONANTE '
Worksheets("Modelo").Range("D" & J + 1).Value =
Worksheets("VolumenPrecipitado").Range("G" & J + 1).Value 'ESCRIBE POR
MES EL VOLUMEN PRECIPITADO
Worksheets("Modelo").Range("C" & J + 1).Value =
Worksheets("Trasvases").Range("F" & J + 1).Value 'ESCRIBE POR MES
LOS TRASVASES
'----- escribe el resultado del modelo
Worksheets("Modelo").Range("B" & J + 1).Value = ValorInicialEnPresa _
+ Worksheets("Modelo").Range("C" & J + 1).Value _
+ Worksheets("Modelo").Range("D" & J + 1).Value _
+ Worksheets("Modelo").Range("E" & J + 1).Value _
- Worksheets("Modelo").Range("F" & J + 1).Value _
- Worksheets("Modelo").Range("G" & J + 1).Value _
- Worksheets("Modelo").Range("H" & J + 1).Value
'calcula el agua en presa por mes
Next J
End Sub 'termina la rutina

```

```

Sub PonerMeses()
Application.Run "Tomar_variables" 'función que toma los valores para
Definir los meses y años a trabajar
For I = 1 To Meses
Worksheets("Modelo").Range("A" & I + 1).Value = I - 1
Worksheets("Cosumoagua").Range("C" & I + 1).Value = I - 1
Worksheets("Trasvases").Range("C" & I + 1).Value = I - 1
Worksheets("VolumenPrecipitado").Range("C" & I + 1).Value = I - 1
Worksheets("Escurrimiento").Range("C" & I + 1).Value = I - 1

```

```

Worksheets("NMcrecimiento").Range("D" & I + 1).Value = I - 1
Worksheets("TMcrecimiento").Range("B" & I + 1).Value = I - 1
Worksheets("Distribuidores").Range("B" & I + 1).Value = I - 1
Next I
End Sub      'Termina la rutina

```

```

Sub Correr_Modelo()

Range("B1").Select
'se ejecutan las siguientes rutinas
Application.Run "Tomar_variables"      'función que toma los valores para
                                       Definir los meses y años a trabajar

Application.Run "valor_distribuidor"   'Define los valores de distribuidor

Application.Run "tasa_crecimiento"    'función que distribuye la tasa de
                                       crecimiento por mes

Application.Run "valor_trasvases"     'función que distribuye los trasvases
                                       por mes

Sheets("Esgurrimiento").Select      'Va a la hoja donde se guardan
                                       las precipitaciones
                                       mensuales a la cuenca

Application.Run "Precipitacion_aleatorio_cuenca_alta"
                                       'Precipitacion_aleatorio_c
                                       uen ca_alta

Sheets("VolumenPrecipitado").Select  'Va a la hoja donde se guardan
                                       las precipitaciones
                                       mensuales a la presa

Application.Run "Precipitacion_aleatorio_presa"
Application.Run "valor_consumo_agua"  'Precipitación en Presa
Application.Run "valor_modelo_final"  'Consumo de agua
Application.Run "PonerMeses"         'Resultado del Modelo
                                       'POne los meses en todas las
                                       hojas

Sheets("Modelo").Select              'Va a la hoja donde se guardan
                                       los valores calculados
                                       después de correr el
                                       modelo

End Sub      'termina la rutina de ejecutar el modelo

```

Código que llama las pantallas para captura de datos (Modulo 1).

```

Sub abrir_formulario()
' abrir_PARA CAPTURA DE VALORES DE LAS VARIABLES
  Sheets("Variables").Select 'SELECCIONA LA HOJA variables DONDE SE
  GUARDAN LOS VALORES
  Range("C1").Select      'se posiciona en la celda C1
  Load CapturaVariables   'LLAMA EL FORMULARIO DE CAPTURA VARIABLES
  CapturaVariables.Show   'MUESTRA EL FORMULARIO CAPTURAVARIABLES

End Sub                    'Termina la rutina para llamar el formulario

```

```

Sub abrir_formulario_distribuidores()
' abrir_PARA CAPTURA los valores de los distribuidores

  Sheets("Distribuidores").Select 'SELECCIONA LA HOJA VARIABLES DONDE SE
  GUARDAN LOS DISTRIBUIDORES
  Range("C1").Select      'SE POSICIONA EN LA CELDA C1
  Load Distribuidores     'LLAMA EL FORMULARIO DE CAPTURA
  Distribuidores.Show     'MUESTRA EL FORMULARIO

End Sub                    'Termina la rutina para llamar el formulario

```

```

Sub abrir_formulario_trasvases()
' ABRIR_PARA CAPTURA LOS VALORES DE TRASVASES SI ES NECESARIO
'
  Sheets("Trasvases").Select  'SELECCIONA LA HOJA VARIABLES DONDE SE
  GUARDAN LAS TRASVASES MENSUALES
  Range("C1").Select          'SE POSICIONA EN LA CELDA C1
  Load Trasvases              'LLAMA EL FORMULARIO DE CAPTURA
  Trasvases.Show              'MUESTRA EL FORMULARIO

End Sub                        'Termina la rutina para llamar el formulario

```

Los formularios creados son tres

x

CapturaVal

ores x

Distribuidor

es x

Trasvases

Microsoft Visual Basic para Aplicaciones - modelo_cuenca-ver1.xlsm - [modelo_cuenca-ver1.xlsm - CapturaVariables (UserForm)]

Archivo Edición Ver Insertar Formato Depuración Ejecutar Herramientas Complementos Ventana Ayuda

Proyecto - VBAPProject

VBAPProject (modelo)

- Microsoft Excel Objeto
 - Hoja1 (Modelo)
 - Hoja11 (INICIO)
 - Hoja2 (Cosumoa)
 - Hoja3 (Trasvase)
 - Hoja4 (Volumen)
 - Hoja5 (Escurrem)
 - Hoja6 (Mcrecitr)
 - Hoja7 (Mcrecimiento)
 - Hoja8 (Distribuidores)
 - Hoja9 (Variables)
 - ThisWorkbook
- Formularios
 - CapturaVariables
 - Distribuidores
 - Trasvases
- Módulos
 - Módulo1
 - Módulo2

VBAPProject (PERSONAL.XLSB)

Pantalla de captura de valores para las variables del Modelo

Datos de la cuenca

Superficie de la cuenca en ha	15490
Precipitación en la cuenca alta (mm)	Minima: 1332.7
	Máxima: 1423
Porcentaje de escurrimientos en la cuenca	25

Datos de la presa

Superficie de la Presa en hectáreas (ha)	2939
Precipitación en la Presa (mm)	Minima: 598
	Máxima: 1165
Porcentaje de evaporación en presa	75
Filtraciones de la Presa en hm3	0
Volumen mínimo admitido de agua en la presa en hm3	93.15
Extracción de agua de la presa por uso en hm3	Consumo humano: 83
	Agricultura: 0
	Industrial: 0

Datos de población y actividades productivas

Población urbana	Tasa anual de crecimiento	11.57
	Población inicial	10153
Población rural	Tasa anual de crecimiento	0.97
	Población inicial	123139
Agricultura	Tasa anual de crecimiento	0
	Superficie inicial en hectáreas	0
Granjas acuícolas	Tasa anual de crecimiento	0
	Número de granjas inicial	8

Datos de consumo antrópico de agua

Consumo de agua diario por población urbana en litros/hab	360
Consumo de agua diario por población rural en litros/hab	150
Consumo anual de agua por hectárea agrícola en m3/ha	0
Consumo anual de agua por granja acuícola en hm3/granja	0.23
Número de tomas clandestinas	0

Guardar Cerrar

Figura 10. Formulario "CapturaValores"

Este formulario guarda los valores capturados en la Hoja de Excel "Variables".

Microsoft Visual Basic para Aplicaciones - modelo_cuenca-ver1.xlsm - [modelo_cuenca-ver1.xlsm - CapturaVariables (UserForm)]

Archivo Edición Ver Insertar Formato Depuración Ejecutar Herramientas Complementos Ventana Ayuda

Proyecto - VBAPProject

VBAPProject (modelo)

- Microsoft Excel Objeto
 - Hoja1 (Modelo)
 - Hoja11 (INICIO)
 - Hoja2 (Cosumoa)
 - Hoja3 (Trasvase)
 - Hoja4 (Volumen)
 - Hoja5 (Escurrem)
 - Hoja6 (Mcrecitr)
 - Hoja7 (Mcrecimiento)
 - Hoja8 (Distribuidores)
 - Hoja9 (Variables)
 - ThisWorkbook
- Formularios
 - CapturaVariables
 - Distribuidores
 - Trasvases
- Módulos
 - Módulo1
 - Módulo2

VBAPProject (PERSONAL.XLSB)

Captura de variaciones mensuales

	Variación mensual de evaporación	Variación mensual de extracción	Variación mensual de trasvases	Variación mensual de precipitación	Variación mensual de escurrimientos	Variación mensual de consumo agrícola
Enero	0.05	0.06	0	0.02	0.02	0
Febrero	0.08	0.05	0	0.03	0.03	0
Marzo	0.12	0.05	0	0.01	0.01	0
Abril	0.13	0.09	0	0.02	0.02	0
Mayo	0.12	0.09	0	0.06	0.06	0
Junio	0.09	0.09	0	0.17	0.17	0
Julio	0.08	0.09	0	0.21	0.21	0
Agosto	0.08	0.08	0	0.19	0.19	0
Septiembre	0.07	0.1	0	0.19	0.19	0
Octubre	0.08	0.13	0	0.07	0.07	0
Noviembre	0.06	0.11	0	0.02	0.02	0
Diciembre	0.05	0.06	0	0	0	0

Figura 11. Formulario "Distribuidores"

Este formulario guarda los valores capturados en la Hoja de Excel "Distribuidores".

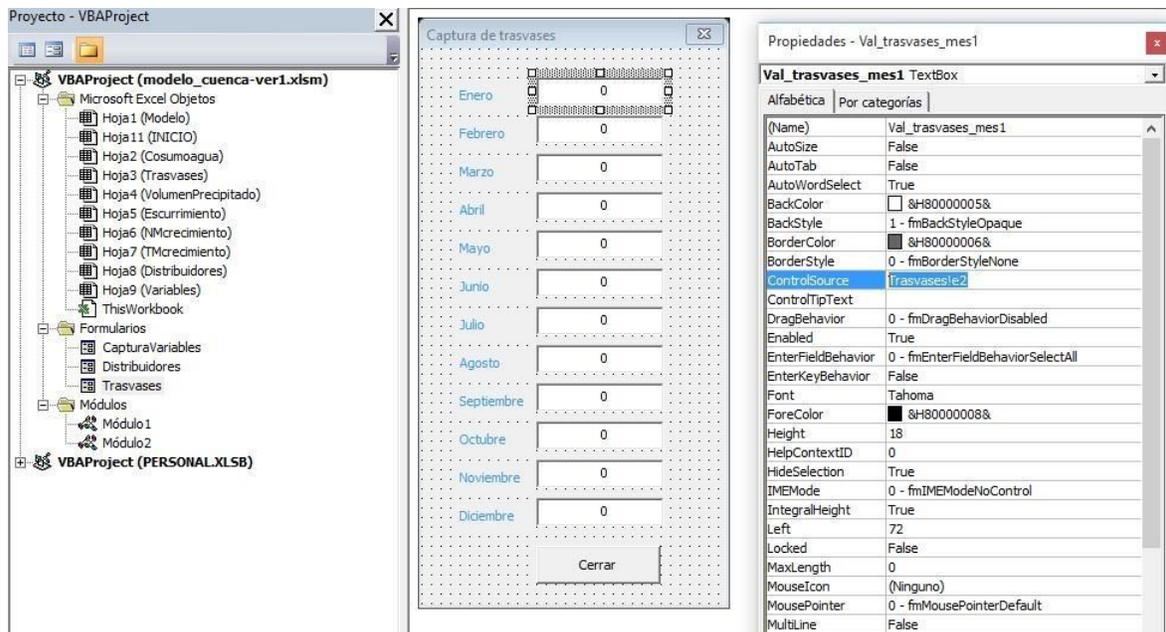


Figura 12. Formulario “Trasvases”

Este formulario guarda los valores capturados en la Hoja de Excel “Trasvases”.



Plataforma de colaboración sobre
**CAMBIO CLIMÁTICO
Y CRECIMIENTO VERDE**
entre Canadá y México

Este documento fue desarrollado en el marco de la Plataforma de
Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y
México, todos los derechos reservados

Derechos reservados © 2018

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)

Montes Urales 440, Lomas de Chapultepec, Delegación Miguel Hidalgo, CDMX C.P. 11000

www.mx.undp.org

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)

Blvd. Adolfo Ruiz Cortines No. 4209, Colonia Jardines en la Montaña, Delegación Tlalpan, CDMX CP. 14210

www.gob.mx/inecc



Environment
Canada

Environnement
Canada

SEMARNAT
SECRETARÍA DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES



INECC
INSTITUTO NACIONAL
DE ECOLOGÍA
Y CAMBIO CLIMÁTICO



Al servicio
de las personas
y las naciones