



Primer Congreso COMEI 2015 de Riego y Drenaje COLEGIO MEXICANO DE INGENIEROS EN IRRIGACIÓN



ESTRATEGIA PARA EL MANEJO DE CUENCAS EN LA REGIÓN MIXTECA DE OAXACA



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

**Noviembre de
2015**





Consejo de Cuenca de la Región: Propusieron una metodología para la priorización de subcuencas del río Mixteco y Sordo basada en la opinión de expertos de dependencias a cargo de programas de desarrollo, de manejo de recursos naturales y de instituciones de enseñanza e investigación.

Los criterios de priorización:

- **Hidrológico-físico** (Oferta, demanda y calidad del agua, cobertura vegetal, producción de sedimentos y erosión del suelo, densidad de drenaje, usos y tipos de suelos, acceso al sitio y disponibilidad de información)
- **Físico – biológico** (Ecosistemas, la contaminación de residuos, y especies en extinción)
- **Aspectos socio culturales** (Conflictos sociales, disponibilidad de la comunidad para participar en programas de conservación y manejo de recursos naturales, los niveles de organización y la calidad de vida).
- **Aspectos institucionales** (Programas de desarrollo de las instituciones, la participación de las autoridades municipales entre otros).

Objetivos

Objetivo General:

- ✚ Identificar y priorizar las áreas, dentro de la cuenca, que por sus condiciones hidrológicas, productivas y/o grado de deterioro, requieren acciones inmediatas para el uso sustentable de sus recursos naturales.

Objetivos Particulares:

- ✚ Conocer el balance hidrológico de la cuenca, subcuencas y Unidades de Respuesta hidrológica.
- ✚ Grado de deterioro de las cuencas
- ✚ Estimar el rendimiento de maíz en función de su manejo y la producción de forraje de los agostaderos.
- ✚ Establecer módulos demostrativo de evaluación de los servicios ecosistémicos





Evaluar la
vulnerabilidad de los
suelos

Identificar áreas de
producción
agropecuaria

Control de cárcavas

Captación de
sedimentos

Calibración y validación de
los modelos SWAT y APEX

APEX | Agricultural Policy
Environmental Extender



USO DE MODELOS PREDICTIVOS





APEX

Agricultural Policy
Environmental Extender

Modelo SWAT Y APEX

ET

Biomasa

Escurrimiento

Erosión

Sedimentos

**URH, Microcuenca,
subcuenca
o cuenca**



Parcela, ejido

Producción de biomasa: granos, fibras,
frutos, forrajes, madera, leña, etc.)

Desarrollado para predecir el
impacto causan



Las prácticas de manejo:
agrícola, agostadero, forestal



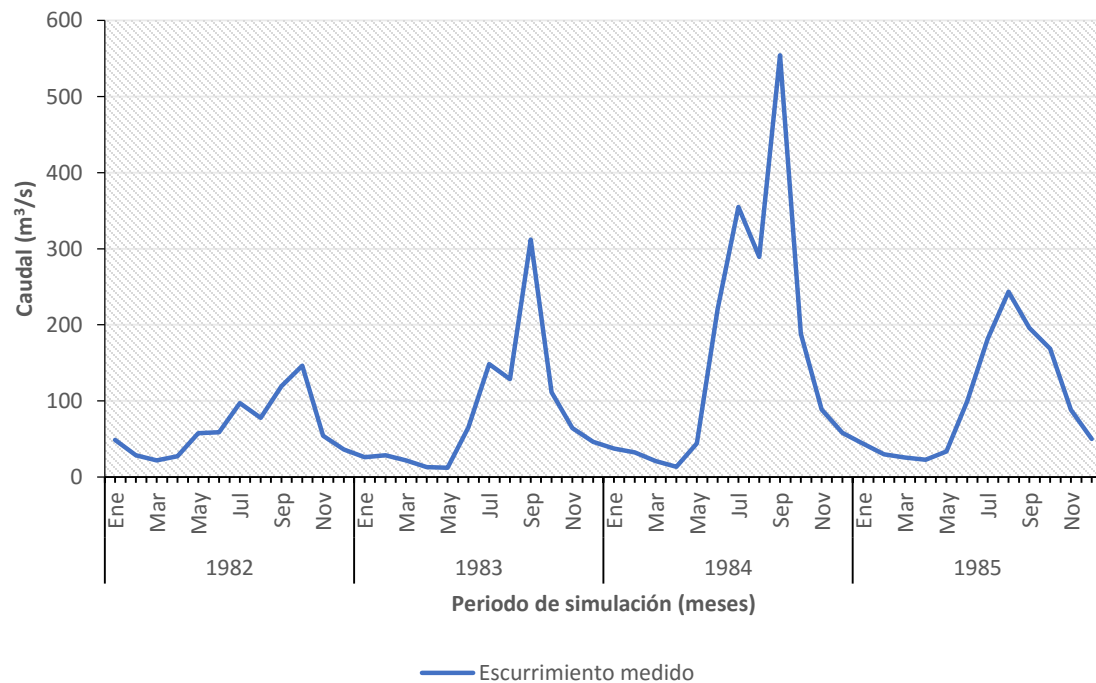
El clima y sus variaciones



El tipo de suelo y su manejo
(para conservación : suelo y
agua, fertilidad)



Caudales (m³/s) y Producción de sedimentos (t)

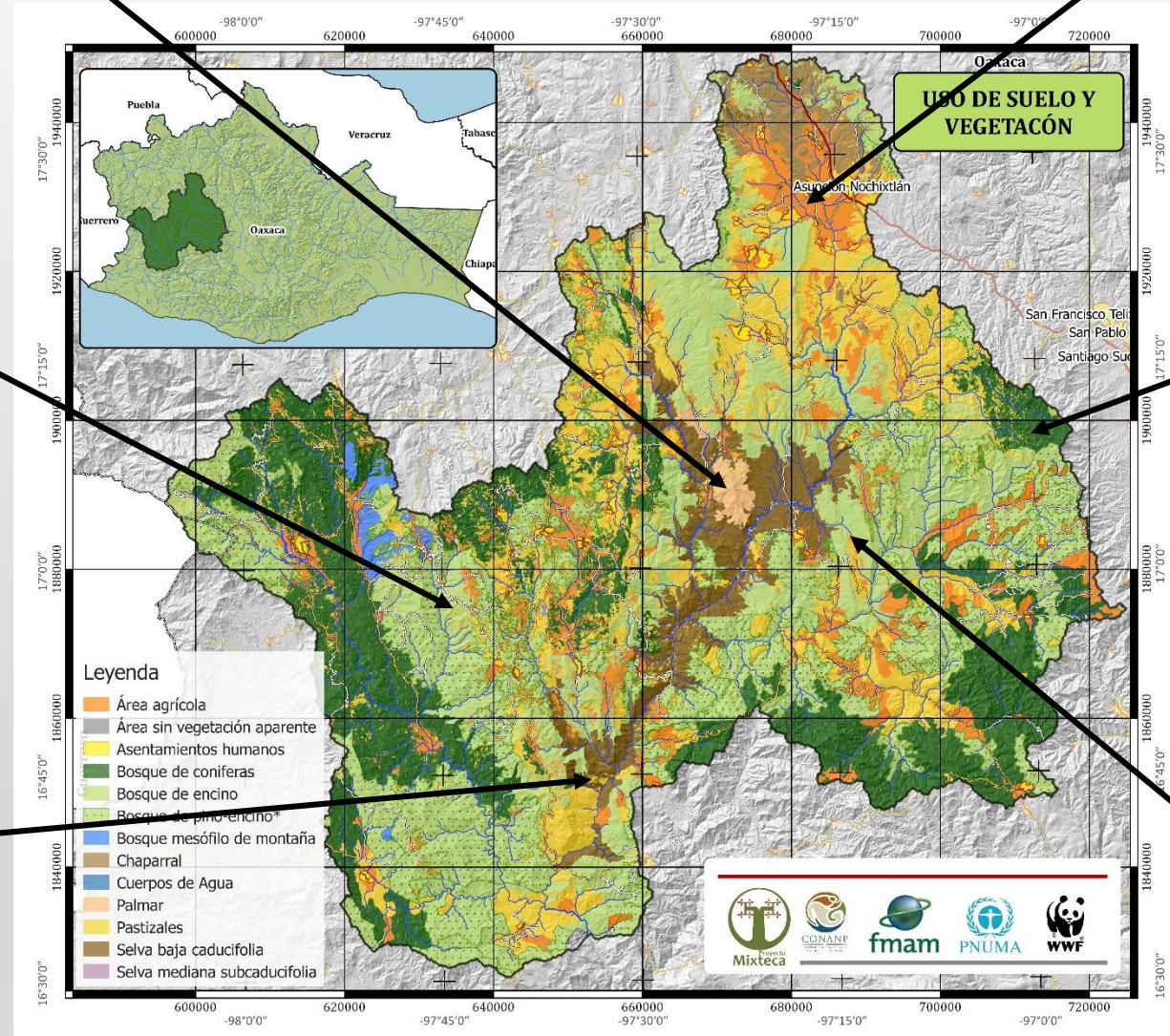




USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN



Uso de suelo proporcionado por WWF





Capacitación a técnicos



22 Asistentes



Ciudad de Oaxaca

22 al 25 de octubre

TALLER Aplicación de los modelos SWAT y APEX a la Mixteca Oaxaqueña.

Objetivo general

Conocer y aplicar los modelos APEX y SWAT utilizando datos generados para la región Mixteca.

Objetivos específicos

Conocer las características de los modelos SWAT y APEX.

Conocer las experiencias generadas en la Mixteca.

Identificar los principales datos para alimentar el modelo.

Resaltar los principales errores al correr el modelo.

Realizar ejercicios con los modelos para conocer su funcionamiento general.

Del 23 al 25 de octubre de
2014

Contenido temático del taller

23 de Octubre

Horario	Tema
9:00 – 9:30	Inauguración del Taller
9:30-11:30	Presentación general de los modelos SWAT y APEX
11:30-12:00	Receso
12:00-14:00	Continuación
14:00-15:00	Comida
15:00-18:00	Instalación de software y entrega de las bases de datos con la información generada.

24 de Octubre

Horario	Tema
9:00-14:00	Uso del Modelo SWAT en una microcuenca del Río Mixteco. (Ejemplo práctico)
14:00-15:00	Comida
15:00-18:00	Uso del Modelo SWAT en una microcuenca del Río Sordo. (Ejemplo práctico)

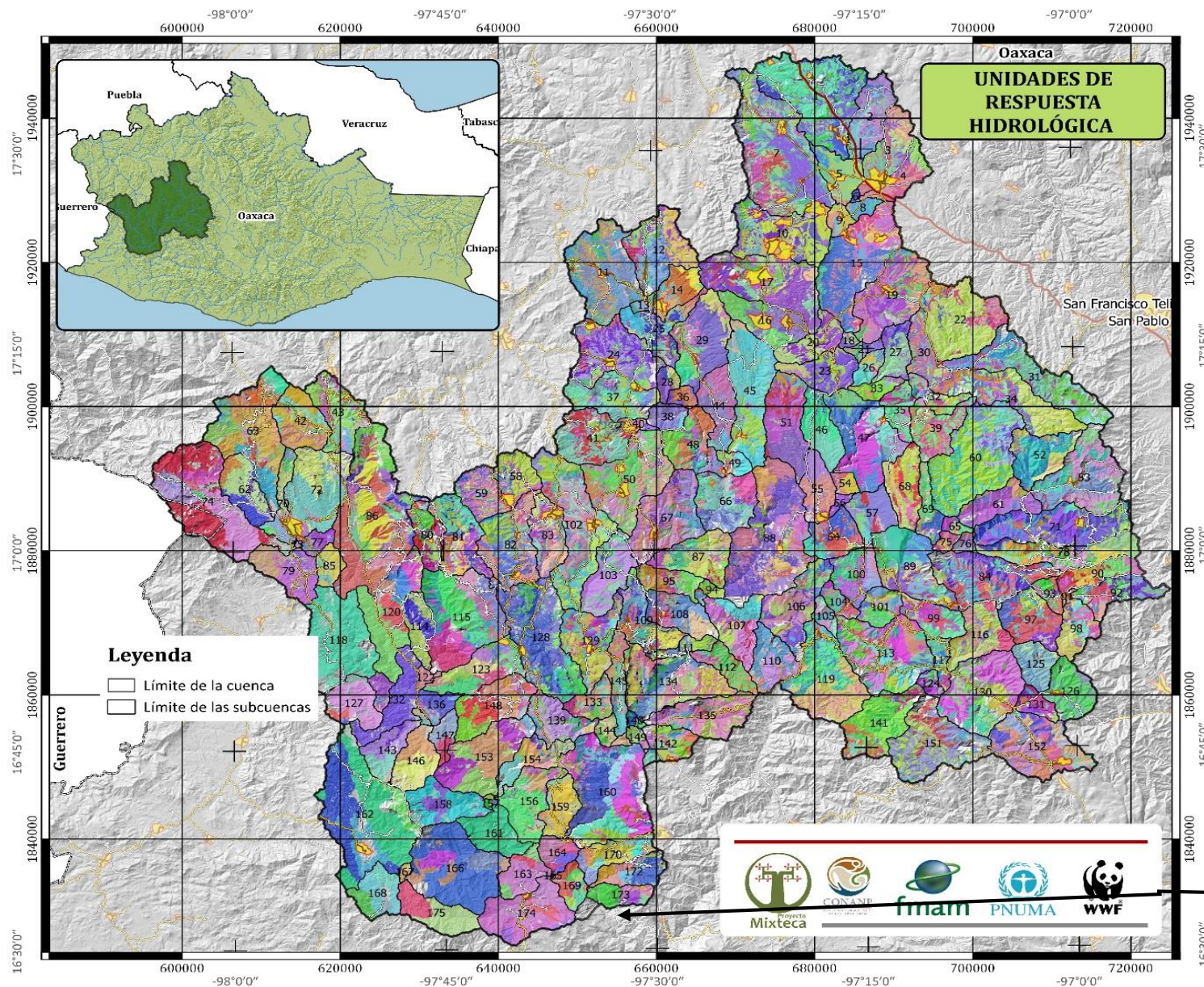
25 de Octubre

Horario	Tema
9:00-14:00	Aplicación del Modelo APEX en un ejido del Río Mixteco. (Ejemplo práctico)
14:00-15:00	Comida
15:00-18:00	Aplicación del Modelo APEX en un Ejido del Río Sordo. (Ejemplo práctico)
18:00-19:00	Cierre del Taller

Delimitación de la cuenca



RESULTADOS ALCANZADOS



Área = 7,751.4 km²

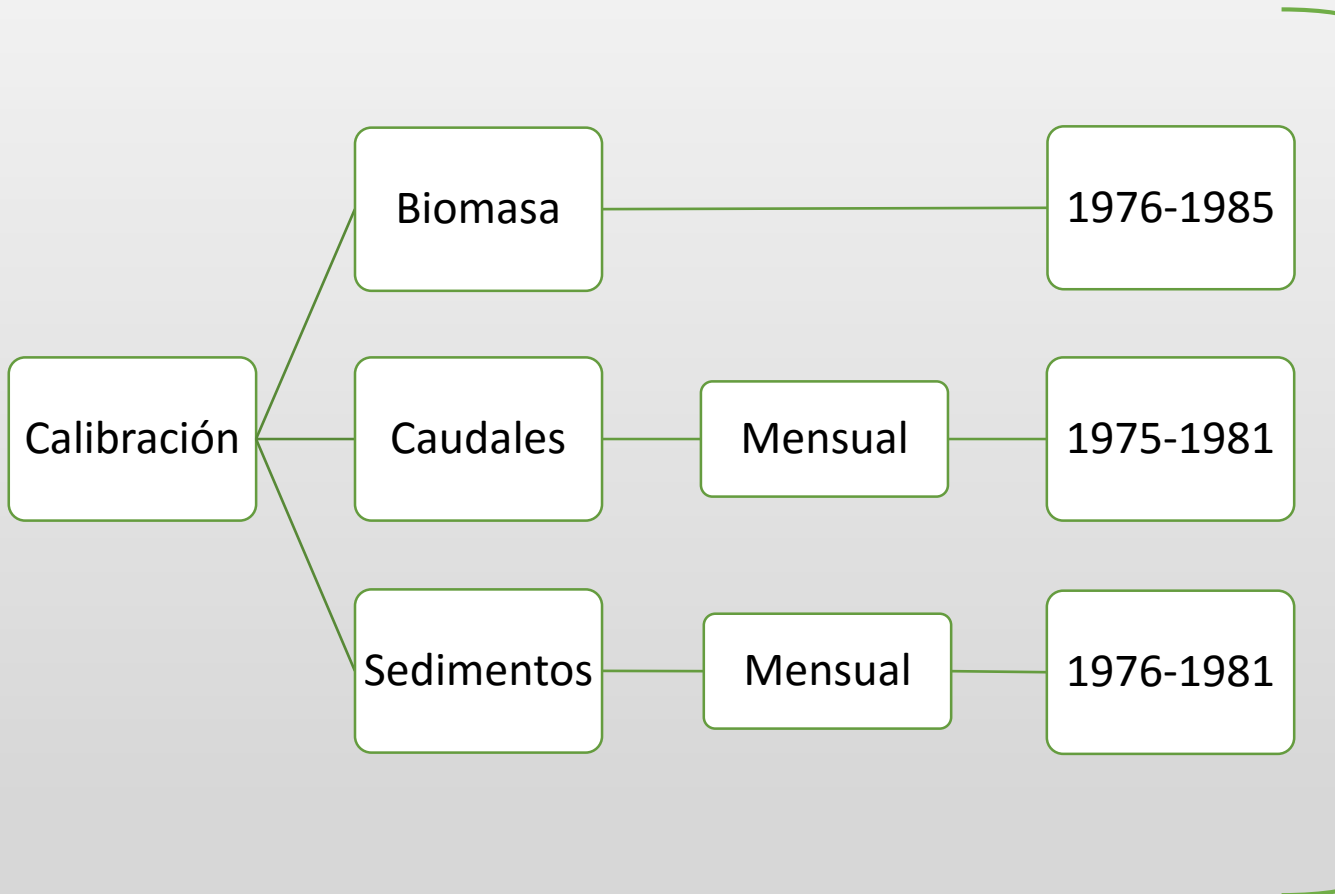
1,729 URH

175 Subcuencas

Estación Hidrométrica Ixtlayutla
(20021)



Calibración del modelo SWAT



- ❑ Manual del SWAT (2009)
- ❑ Salas (2013)
- ❑ Ramírez (2014)



CORRIDAS CON VARIACIONES PEQUEÑAS
NO MAYORES AL 10%

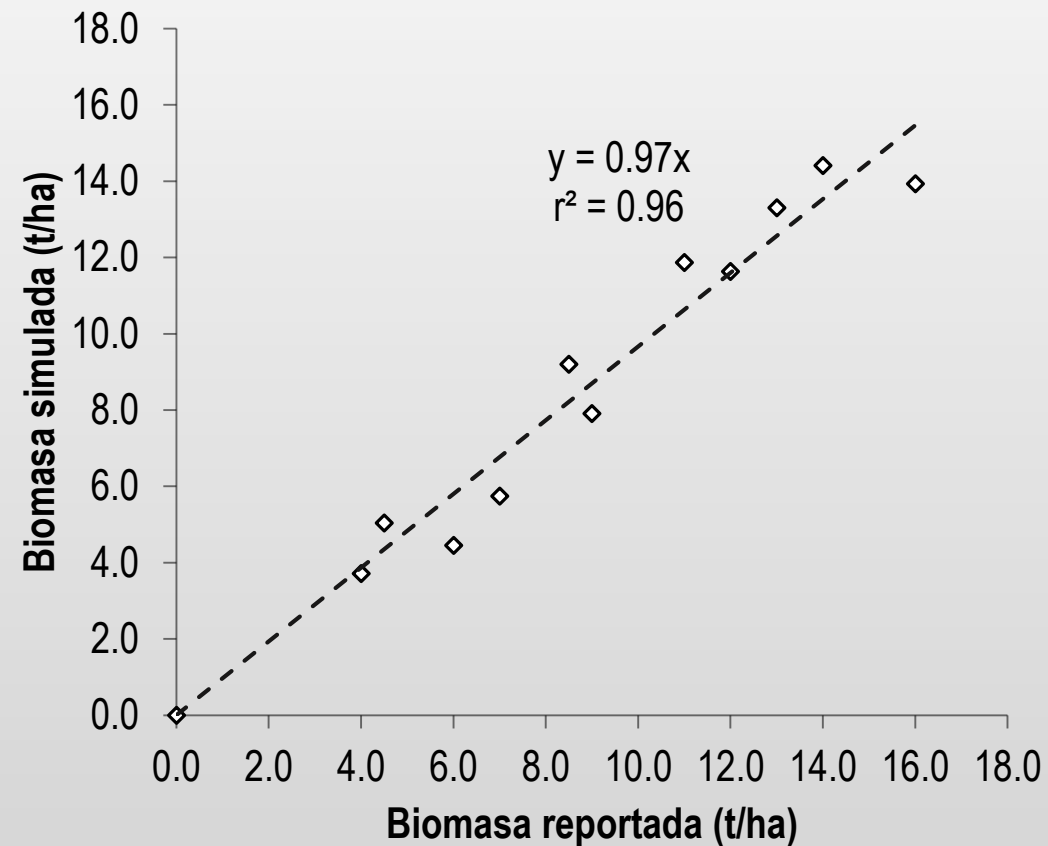
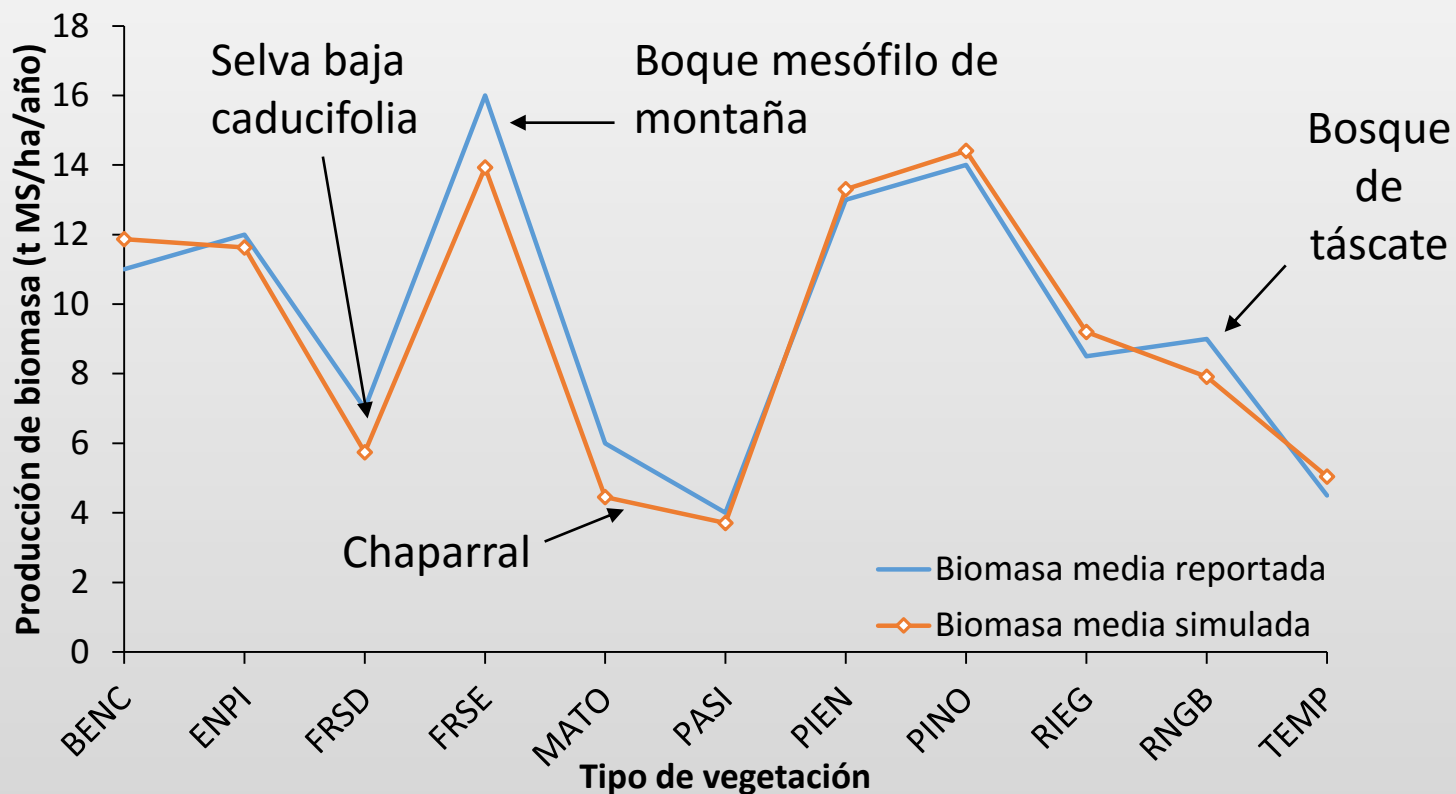


NSE		Ajuste	
<0.2		Insuficiente	
0.2 – 0.4		Satisfactorio	
0.4 – 0.6		Bueno	
0.6 – 0.8		Muy bueno	
>0.8		Excelente	
		Moriasi <i>et al.</i> , 2007	

r^2	Ajuste
≥ 0.5	Aceptable
< 0.5	No aceptable
Santhi <i>et al.</i> , 2001	



Calibración de producción de Biomasa con SWAT



- Conversión de energía en biomasa
- Índice de cosecha
- Índice de área foliar

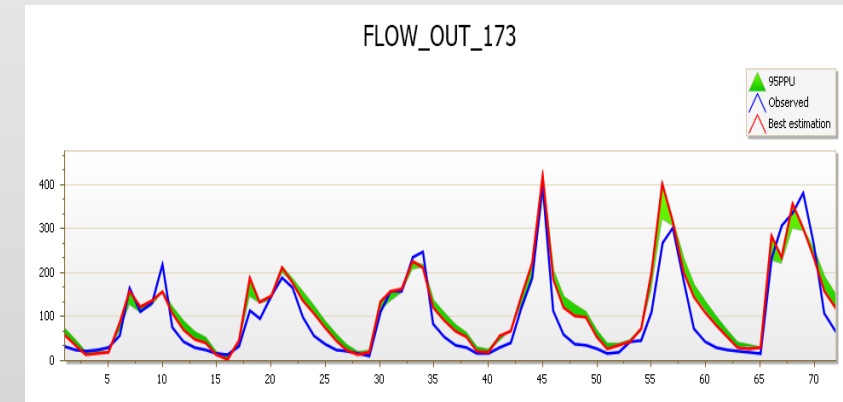
r^2	Pendiente de la regresión	NSE	Ajuste
0.96	0.97	0.95	Excelente

Calibración de caudales con SWAT

Parámetro	Descripción	Archivo de entrada
CN2	Curva numérica condición de humedad II	.mgt
SOL_AWC	Capacidad de agua disponible	.sol
ESCO	Factor de compensación de la evaporación del suelo	.hru
OV_N	Rugosidad de Manning para el flujo superficial	.hru
GW_REVAP	Coeficiente del “revap” del agua subterránea	.gw
GWQMN	Profundidad del agua en el acuífero somero	.gw
ALPHA_BF	Constante de recesión del flujo base	.gw

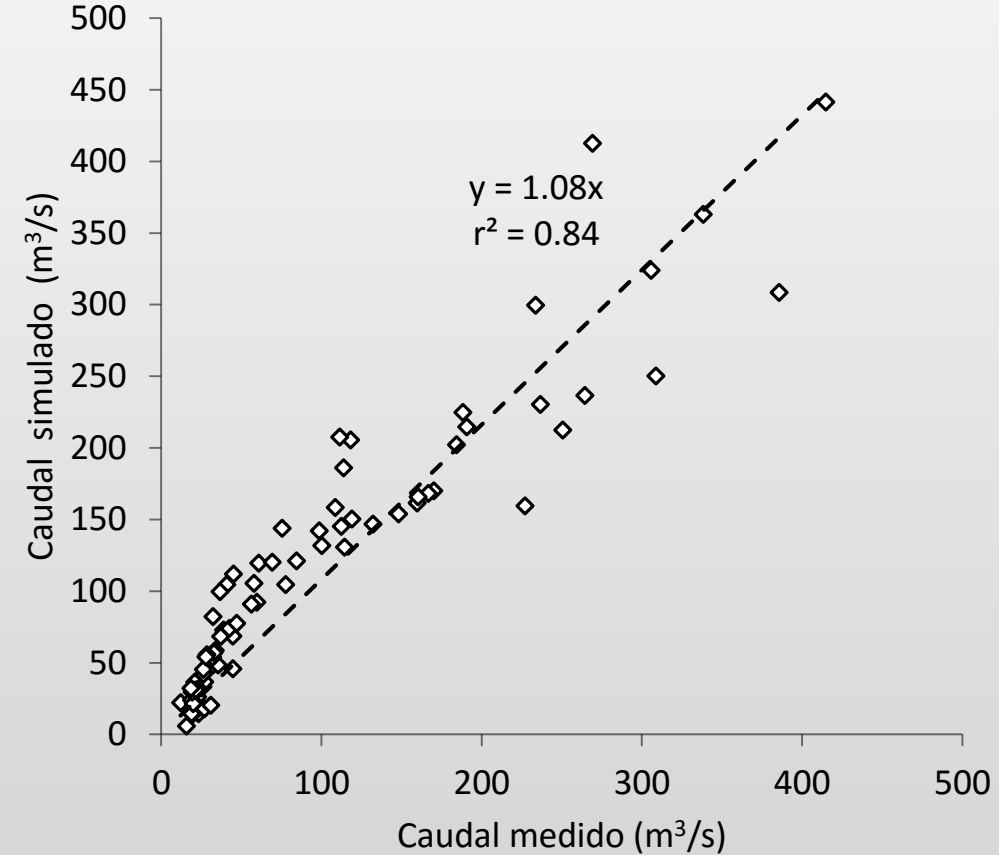
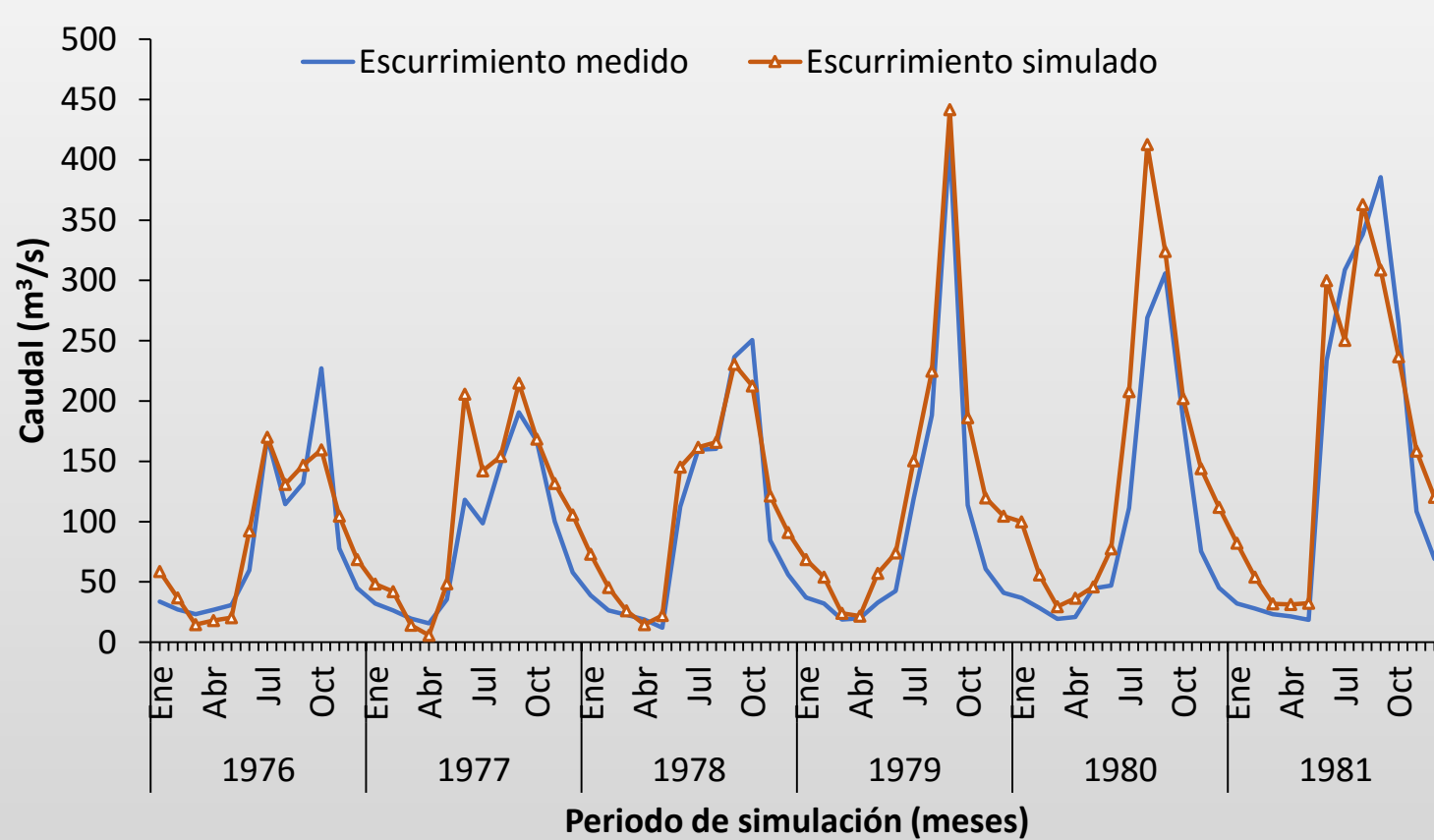


SUFI



BASE FLOW FILTER PROGRAM

Calibración caudales (m^3/s) con SWAT



r^2	Pendiente de la regresión	NSE	Ajuste
0.84	1.08	0.83	Excelente

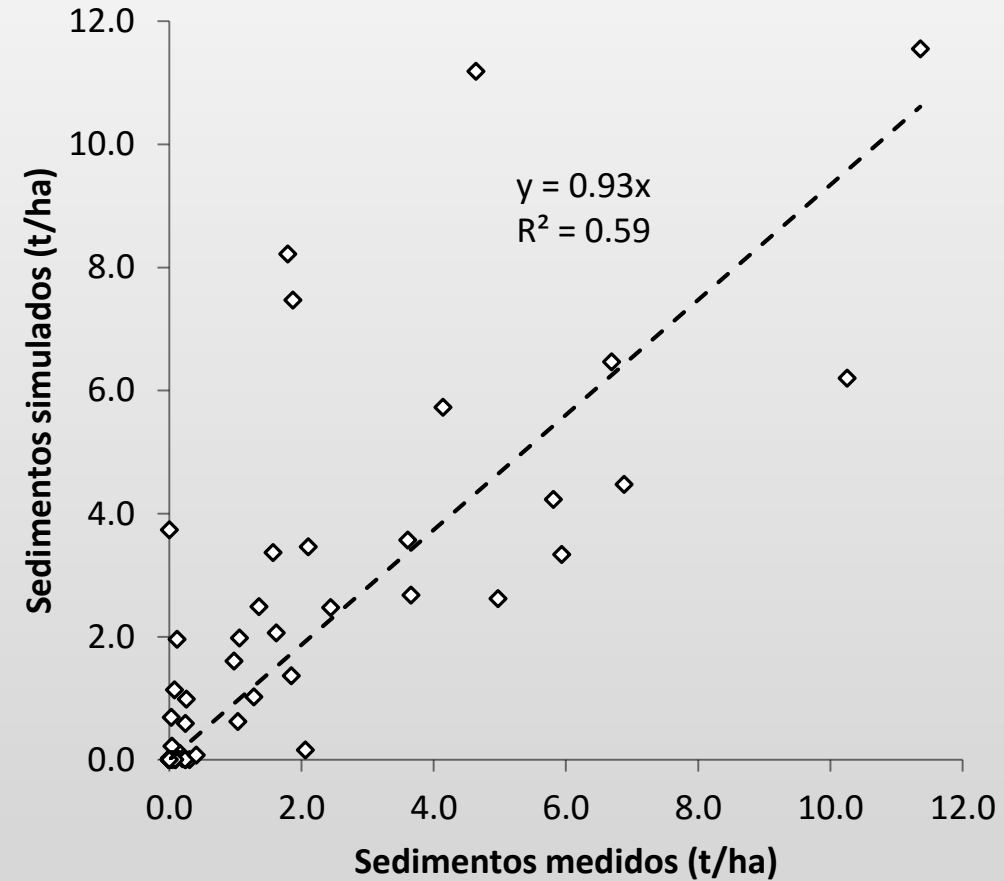
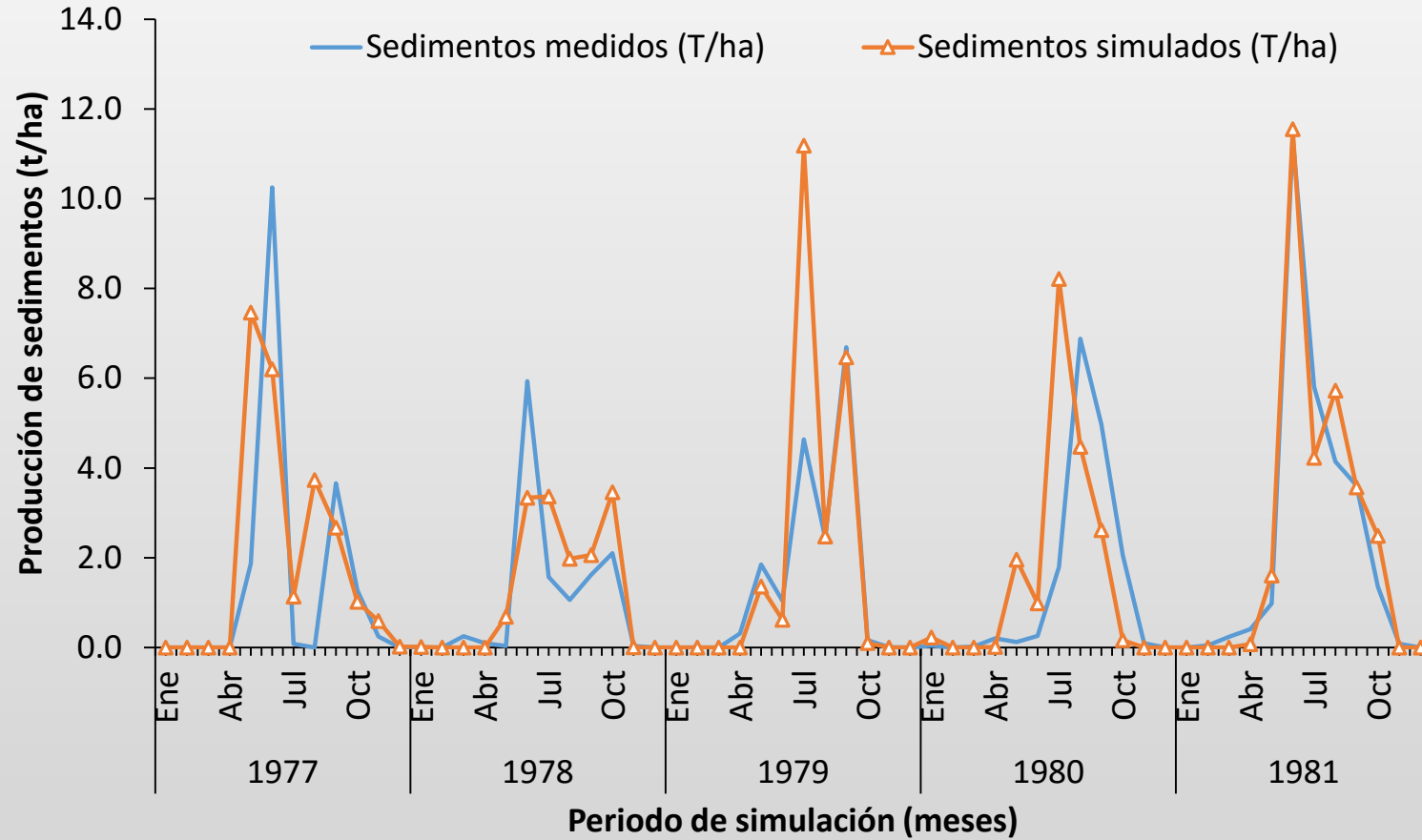


Calibración de producción de sedimentos (SWAT)

Parámetro	Descripción	Archivo de entrada
USLE_P	Factor prácticas	.mgt
USLE_C	Factor de cobertura de la planta	Crop.dat
SLSUBBSN	Longitud de la pendiente para el escurrimiento superficial	.hru
CH_N2	Coeficiente de rugosidad de Manning en el canal principal	.rte
CH_COV1	Factor cobertura del canal	.rte
CH_EROD	Factor de erodabilidad del canal	.rte

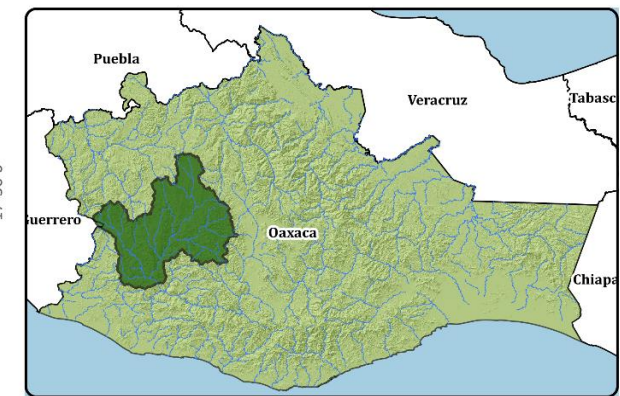
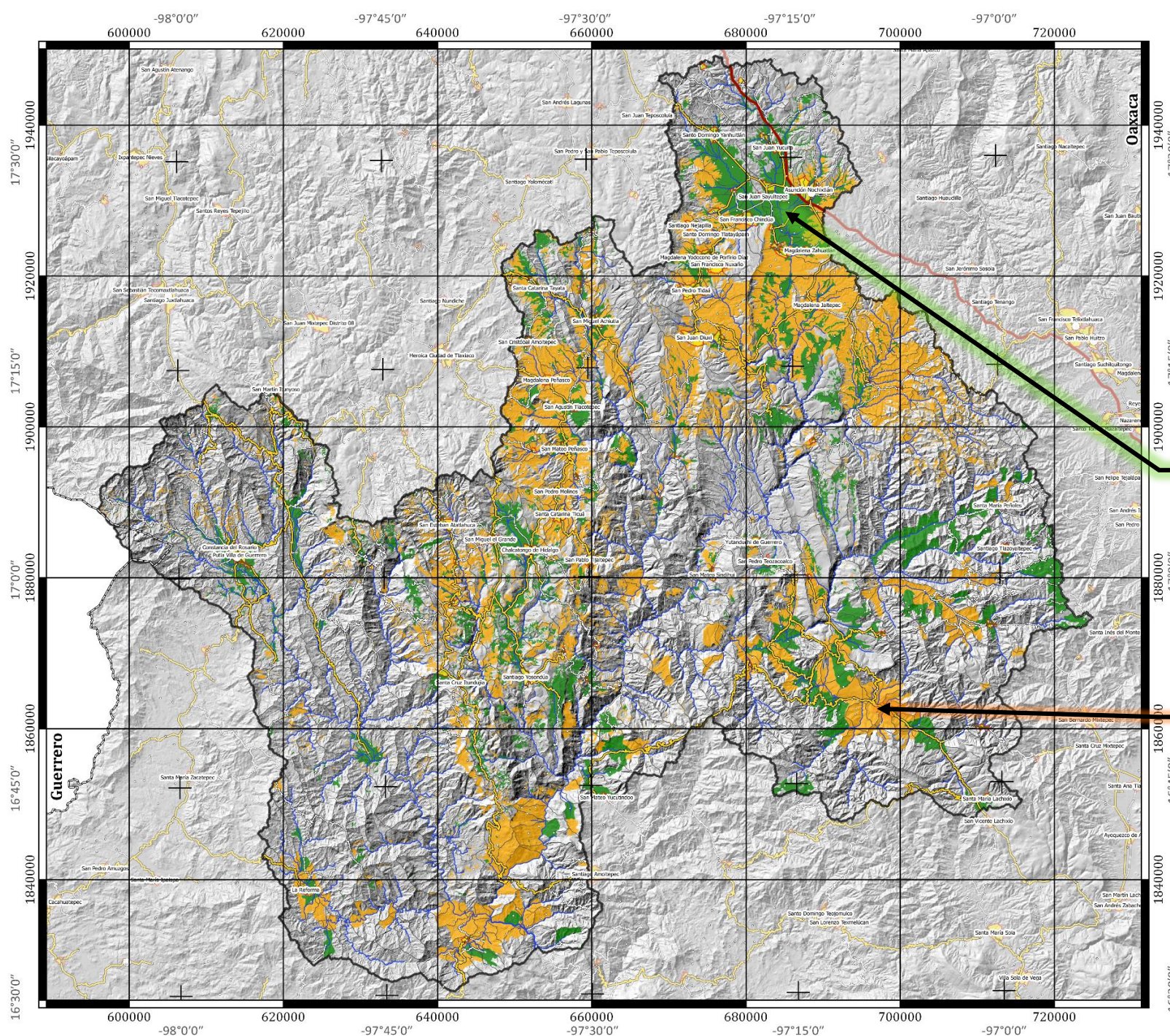


Calibración de producción de sedimentos (t/ha) con SWAT



r^2	Pendiente de la regresión	NSE	Ajuste
0.59	0.93	0.51	Bueno

Superficie agrícola y de agostadero



Leyenda

Uso de suelo y vegetación

- Área agrícola
- Pastizales

Zonas urbanas

Red vial

Calle

Superficie Agrícola
82,926.7 ha

○ > 2,500 hab.

Cuerpos de agua

Superficie de
agostadero
143,755.7 ha

MAPA DE ÁREAS AGRÍCOLAS Y DE PASTIZAL
CUENCA DEL RÍO SORDO-YOLATEPEC

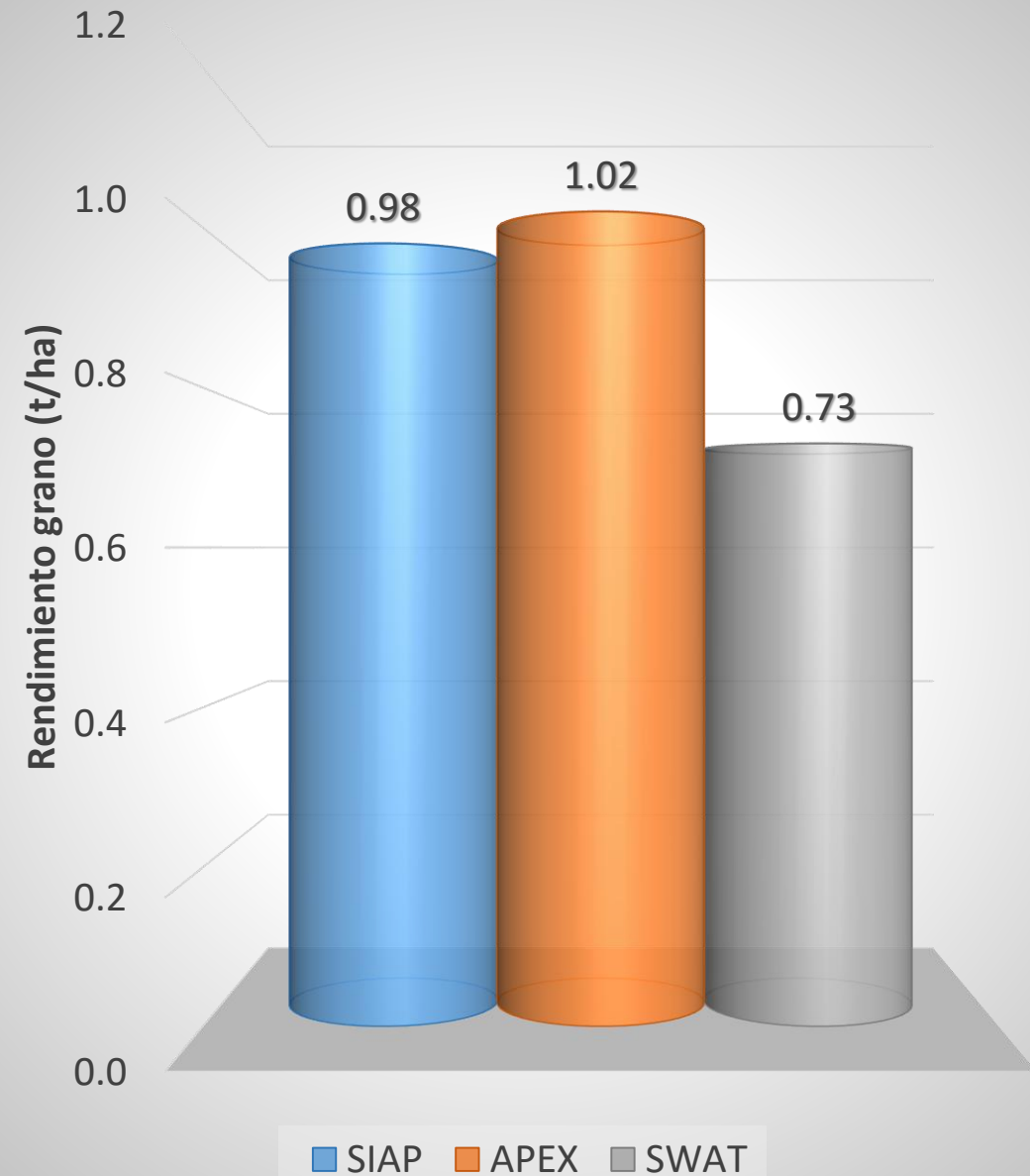
ESCALA 1:500,000

Producción de maíz en laderas

Maíz en ladera

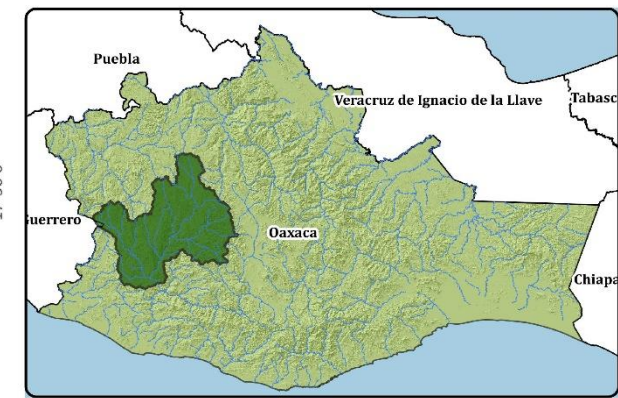
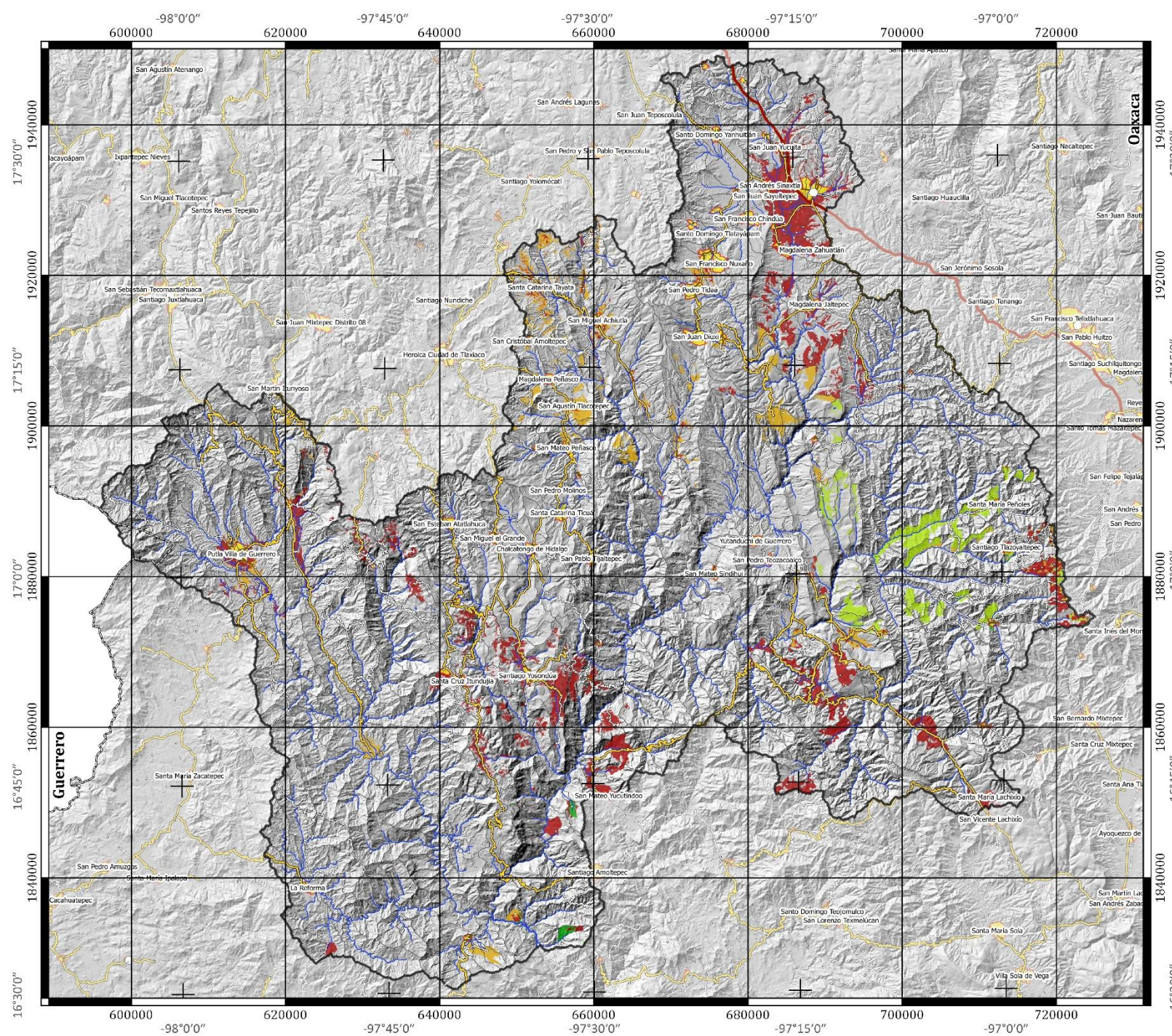
50,778.8 ha

82,926.7 ha total





Rendimiento de maíz grano (t/ha) simulado con SWAT



Leyenda

Límites

- Est
- Cut
- Sut

Localidad

- < 2
- > 2
- Zor

Red vial

- Cal
- Cal.....
- Carretera de peaje
- Carretera libre

Rendimiento (t/ha) SWAT

- < 1.0
- 1.0 - 1.5
- 1.5 - 2.0
- > 2.0

Proyección: UTM Zona 14N
Datum Horizontal: WGS84
Fuente de la cartografía:
Uso de suelo y vegetación de la Mixteca, escala 1:50,000. WWF 2014.
Uso de suelo y vegetación, Serie V, escala 1:250,000. INEGI
Mapa Base. INEGI
Fuente de la información: Resultados de la simulación hecha con el modelo SWAT.

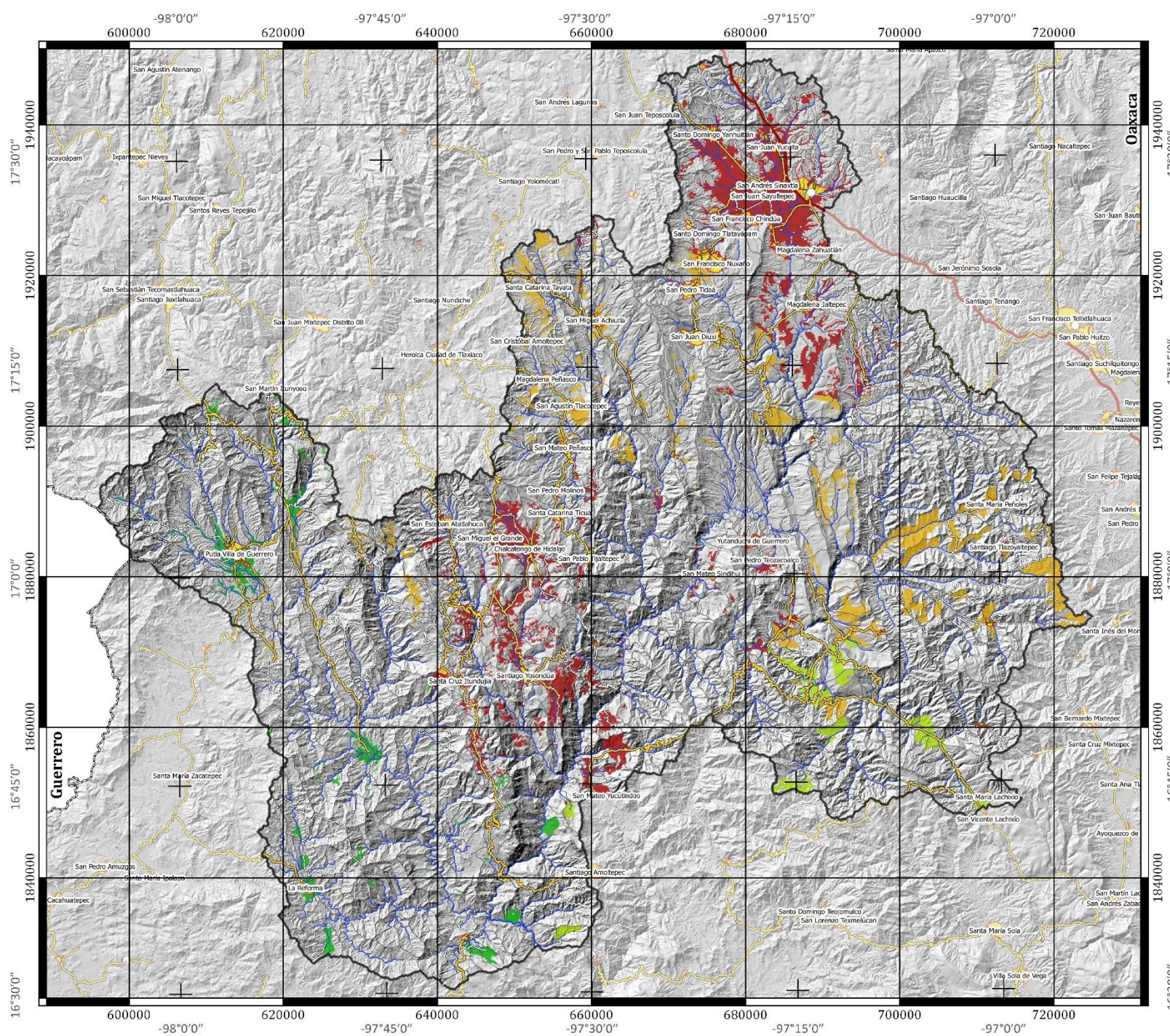


**RENDIMIENTO DE MAÍZ GRANO
(t/ha). SIMULADO CON SWAT**

ESCALA 1:500,000



Rendimiento de maíz grano (t/ha) simulado con APEX



Leyenda

Límite



Rendimiento (t/ha)

	< 1.0
	1.0 - 1.5
	1.5 - 2.0
	> 2.0

Camino
Carretera de peaje
Carretera libre

Proyección: UTM Zona 14N
Datum Horizontal: WGS84
Fuente de la cartografía:
Uso de suelo y vegetación de la Mixteca, escala 1:50,000. WWF 2014.
Uso de suelo y vegetación, Serie V, escala 1:250,000. INEGI
Mapa Base. INEGI
Fuente de la información: Resultados de la simulación hecha con el modelo APEX.



**RENDIMIENTO DE MAÍZ GRANO
(t/ha). SIMULADO CON APEX**

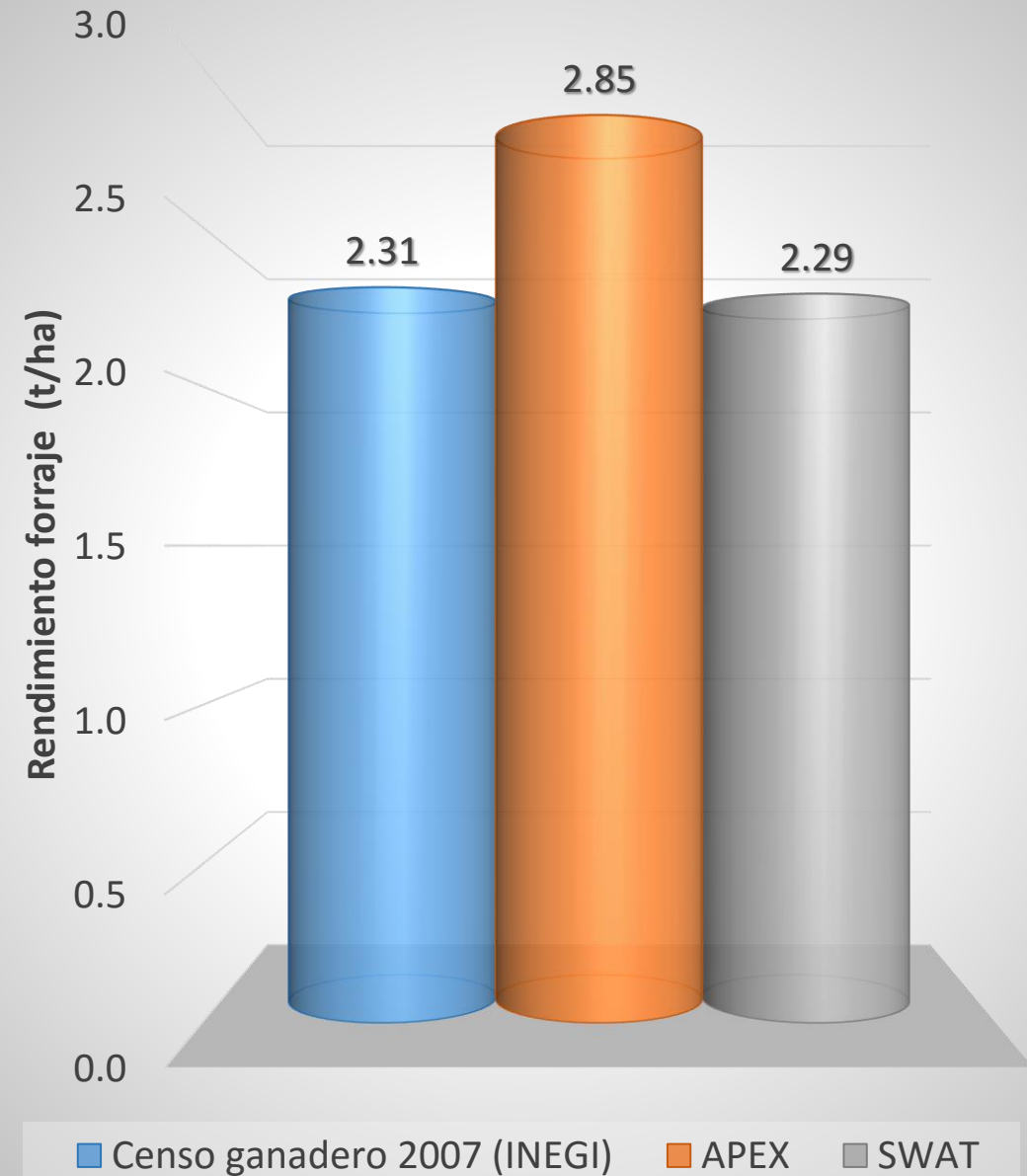
ESCALA 1:500,000

Producción de forraje en agostaderos

Pastizales en
ladera

127,270.2 ha

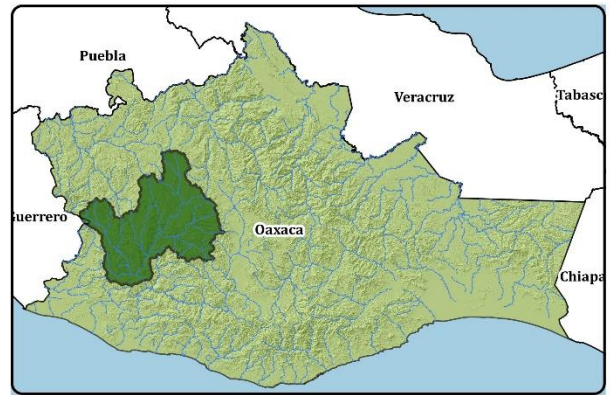
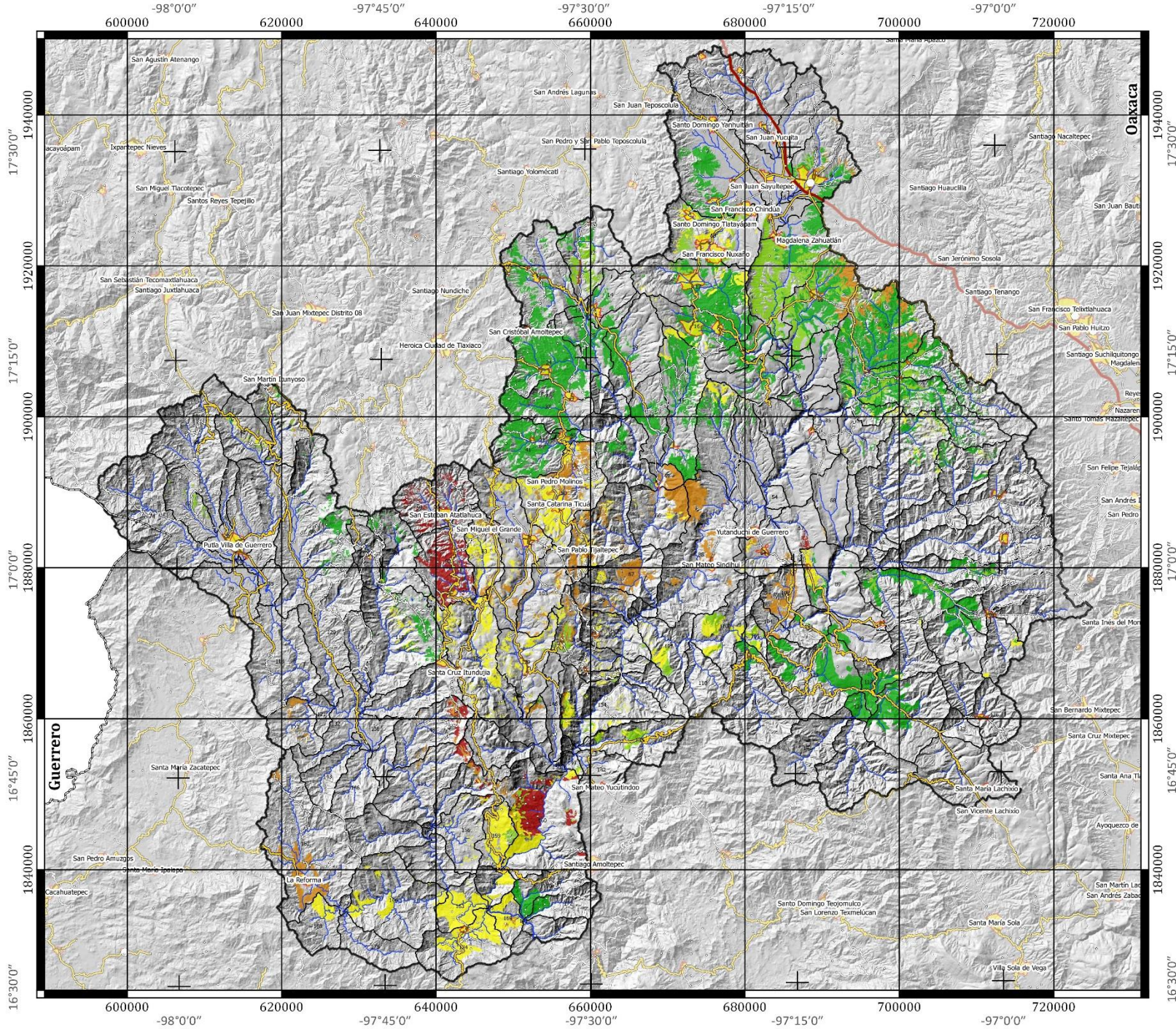
143,755.7 ha total



10.22.2013 16:15



Biomasa en pastizales simulada con SWAT



Leyenda

Límites

- Esta
- Cue
- Subr

Localidad

- < 2,5
- > 2,5
- Zon

Red vial

- Call
- Carri
- Carretera de peaje
- Carretera libre

Biomasa (t/ha)

0.1 - 1.0
1.0 - 2.0
2.0 - 3.0
3.0 - 4.0
4.0 - 6.9

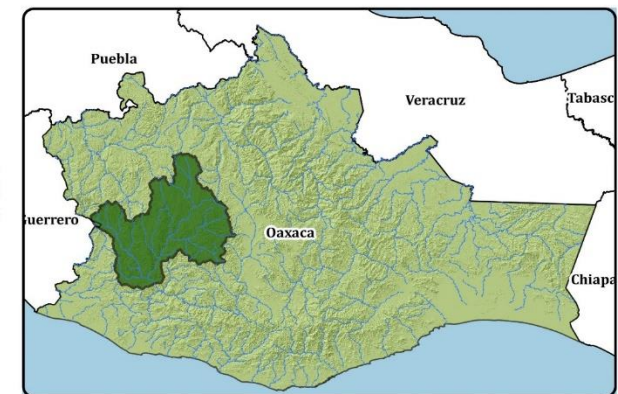
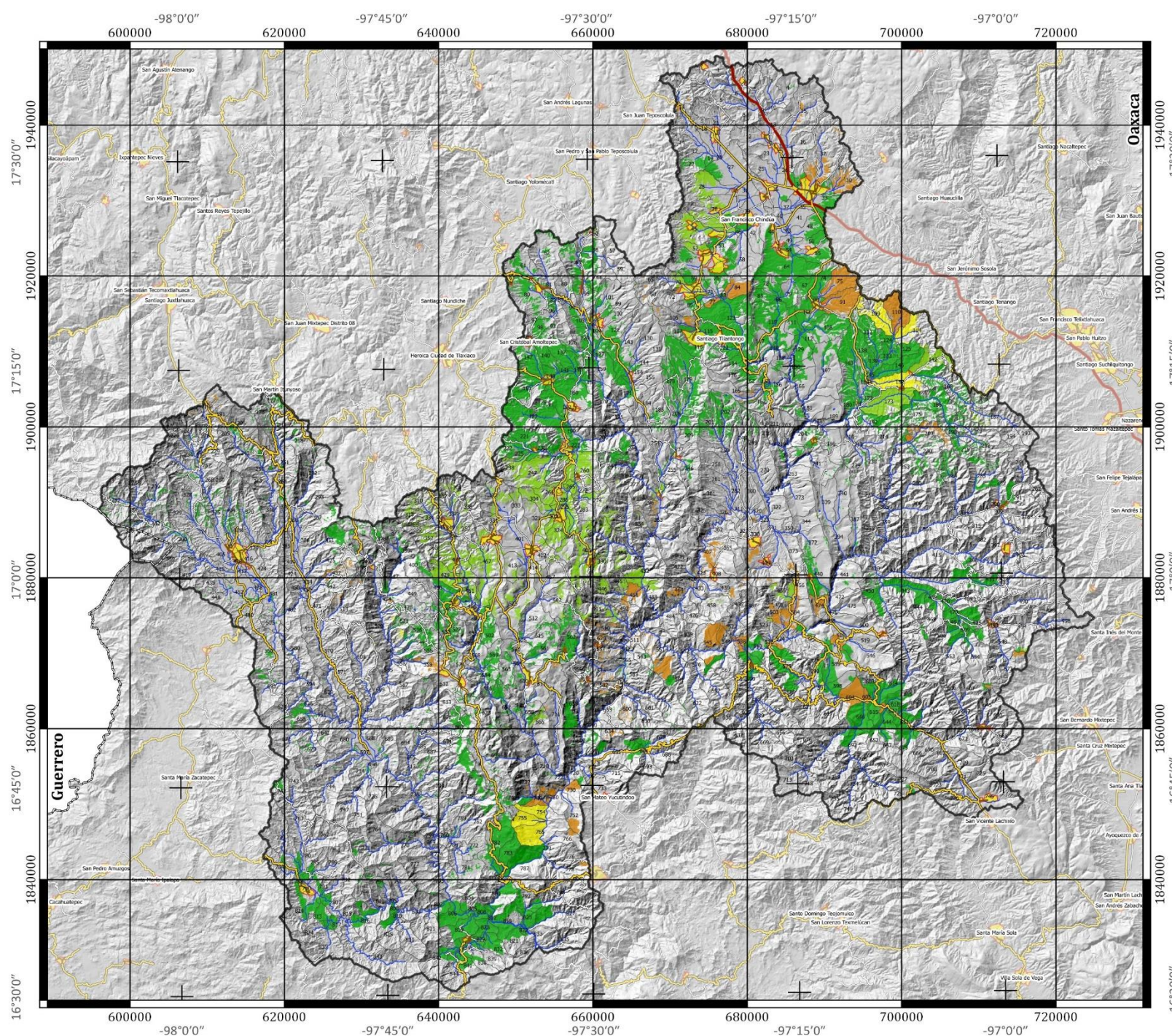
Proyección: UTM Zona 14N
Datum Horizontal: WGS84
Fuente de la cartografía:
Uso de suelo y vegetación de la Mixteca, escala 1:50,000. WWF 2014.
Uso de suelo y vegetación, Serie V, escala 1:250,000. INEGI
Mapa Base. INEGI
Fuente de la información: Resultados de la simulación hecha con el modelo SWAT.

BIOMASA EN PASTIZALES (t/ha)
SIMULADO CON SWAT

ESCALA 1:500,000



Biomasa en pastizales simulado con APEX



Leyenda

Límites

- Estatal
- Cu
- Sut

Localidad

- < 2
- > 2
- Zor

Red vial

- Cal
- Camino
- Carretera de peaje
- Carretera libre

Via férrea

Cuadras de zona

Biomasa (t/ha)

- < 1.0
- 1.0 - 2.0
- 2.0 - 3.0
- 3.0 - 4.0
- > 4

Proyección:UTM Zona 14N
Datum Horizontal:WGS84
Fuente de la cartografía:
Uso de suelo y vegetación de la Mixteca, escala 1:50,000. WWF 2014.
Uso de suelo y vegetación, Serie V, escala 1:250,000. INEGI
Mapa Base. INEGI
Fuente de la información: Resultados de la simulación hecha con el modelo APEX.



BIOMASA EN PASTIZALES (t/ha)
SIMULADO CON APEX

ESCALA 1:500,000



SERVICIOS ECOSISTEMICOS

Monitoreo ecosistémico

SERVICIOS DE
PROVISION

SERVICIOS DE
REGULACION

SERVICIOS
CULTURALES

Producción
de agua

Cantidad de
agua

Calidad del
agua

Mejoramiento
del entorno

Sistemas de
producción

Alimentos

Producción de
maíz y forrajes
con sistemas de
manejo y
conservación

Arraigo

Módulos de
Recuperación

Formación de
suelos,
Sucesión
vegetal

Regulación de
la erosión

Arraigo y Unión
familiar

SERVICIOS DE
SOPORTE O
SUSTENTO

Recuperación de
procesos
ecosistémicos

Formación de suelo,
ciclo de agua,
nutrientes,
producción primaria



MODULOS DEMOSTRATIVOS

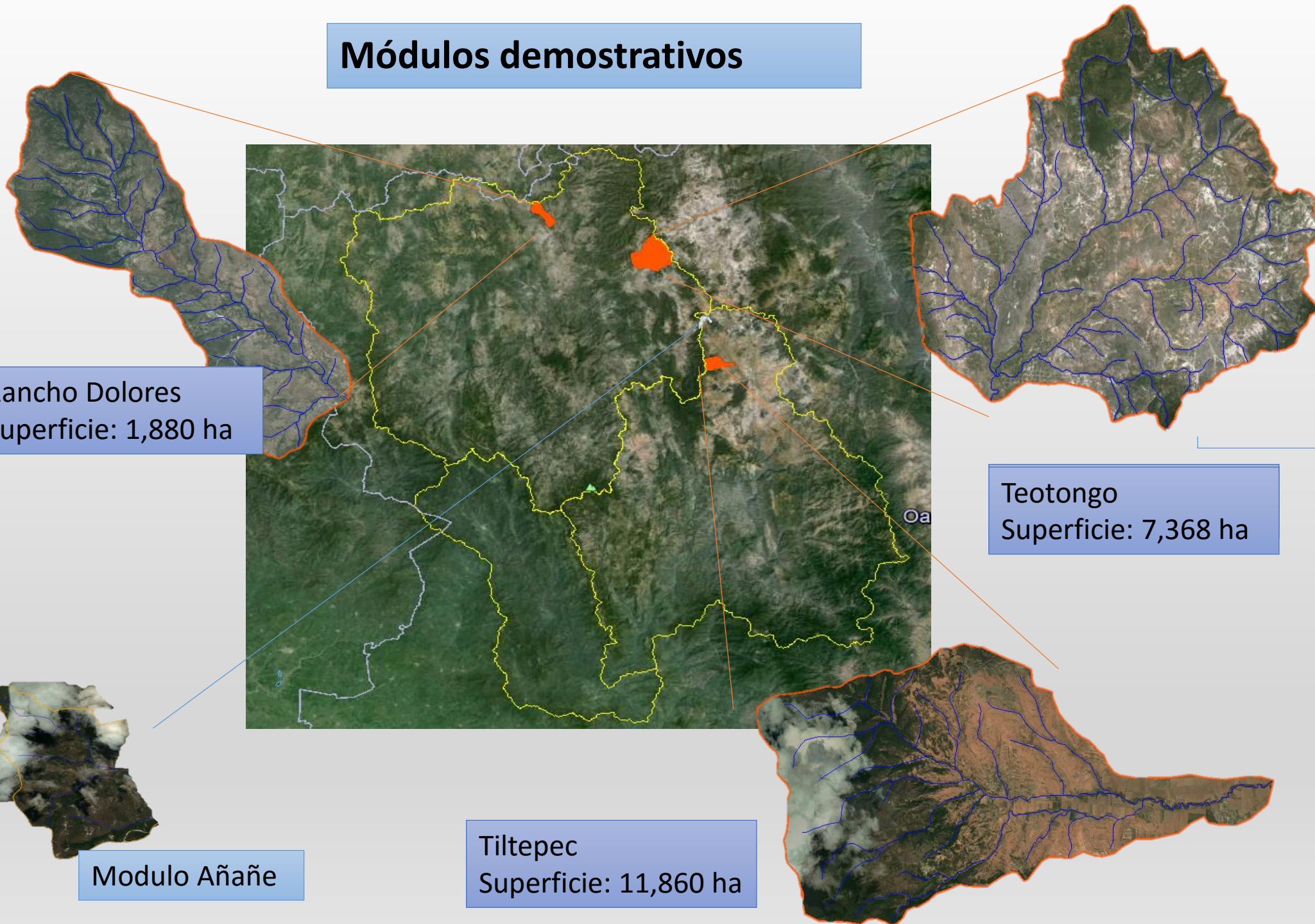
Módulos demostrativos

Rancho Dolores
Superficie: 1,880 ha

Teotongo
Superficie: 7,368 ha

Modulo Añañe

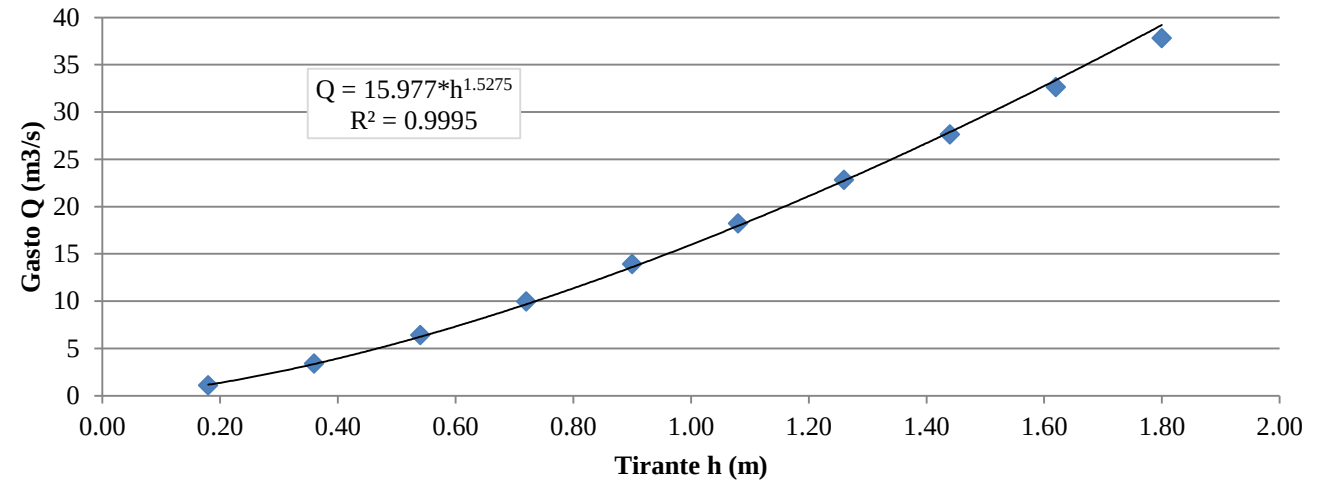
Tiltepec
Superficie: 11,860 ha



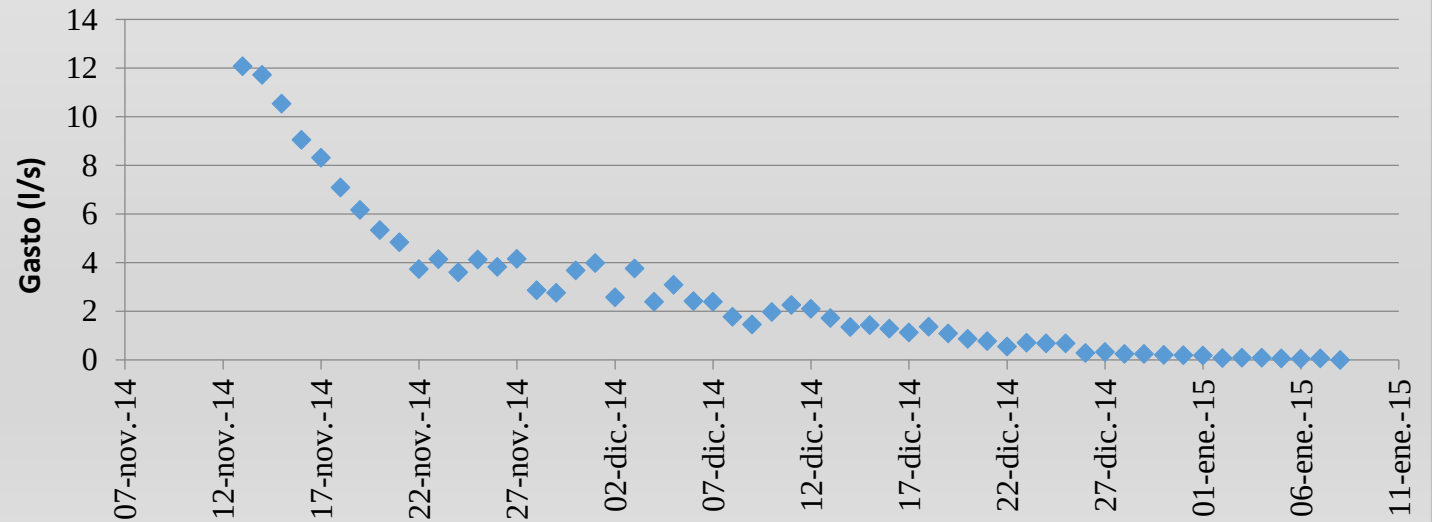


Aforo de la cuenca de
Rancho Dolores

Estación hidrométrica: Rancho Dolores (Tirante vs Gasto)



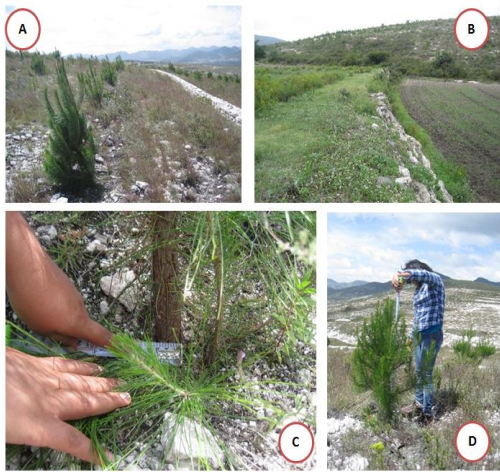
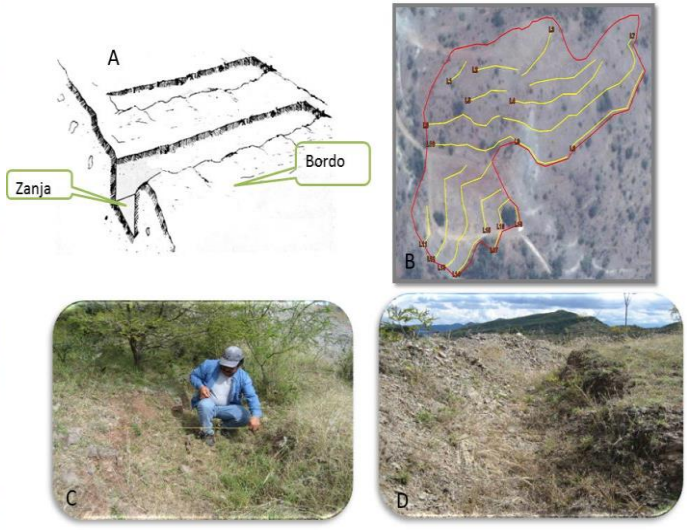
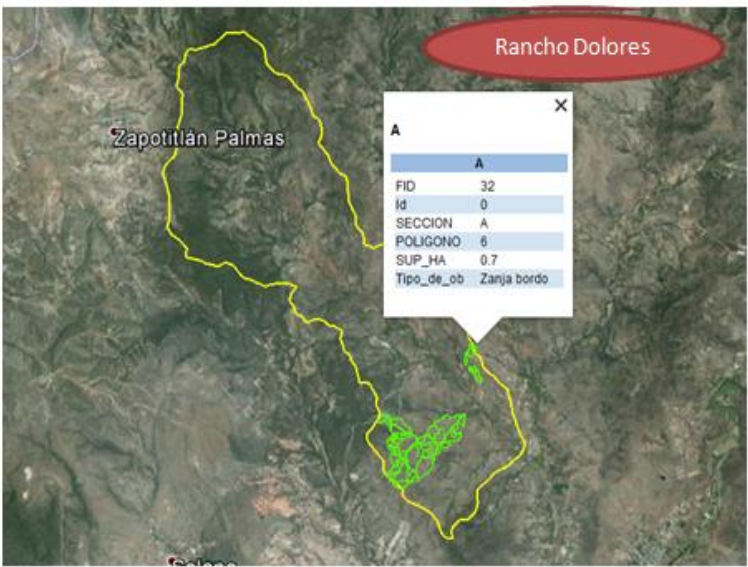
Aforo de Rancho Dolores (Tiempo vs gasto)





INVENTARIO DE ACCIONES

Número de polígonos		32
Número de Zanjas		1,190
Longitud total de zanjas (m)		40,160.5
		4
Superficie (ha)		80.40
Capacidad de almacenamiento potencial (m ³ /ha)	Mínimo	75.38
	Máximo	935.20
	Promedio	261.43

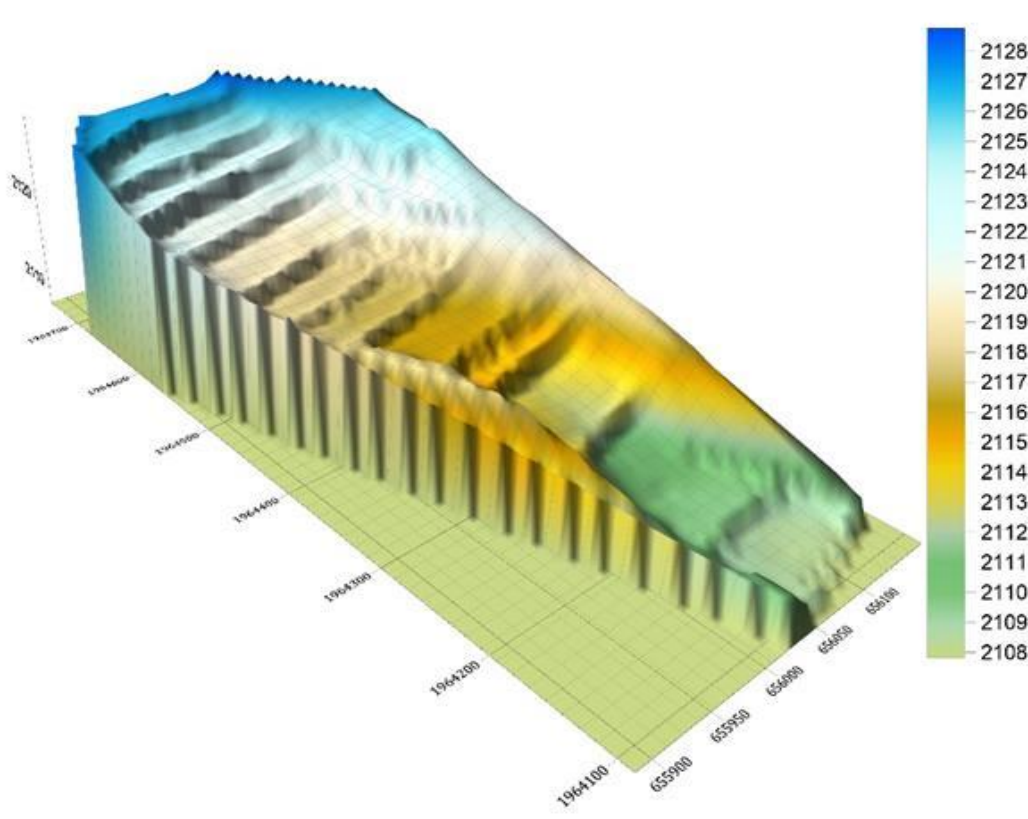


Obras	Superficie (ha)
Terrazas	644.22
Zanja Bordo + Reforestación	351.19
Lama Bordo	175.45
Reforestación	147.93
Zanja Trinchera + Reforestación	54.72
Subsoleo	9.95
	1,383.46

Tipo de obra	Superficie (ha)	Polígonos
Terrazas de banco	499.38	81
Terrazas de formación sucesiva	281.52	54
Lama bordo	49.58	11
Reforestación	120.16	7
Total	950.65	153



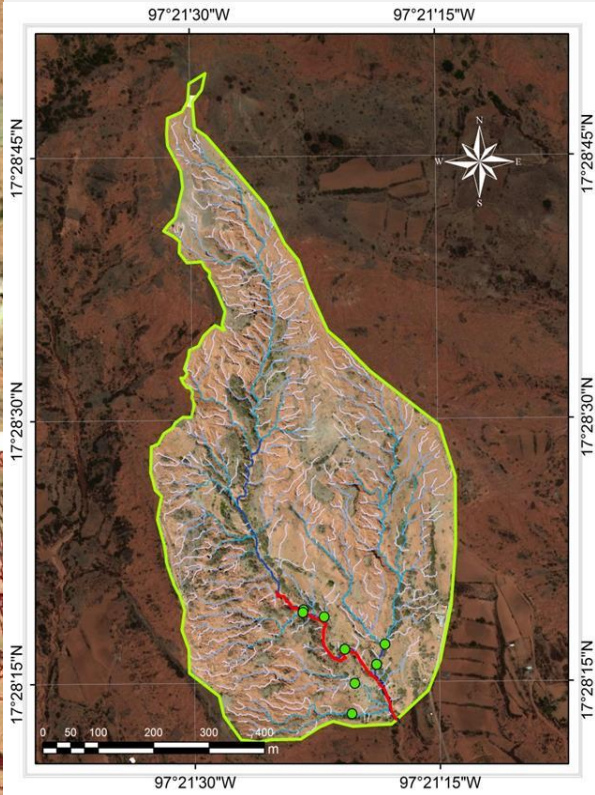
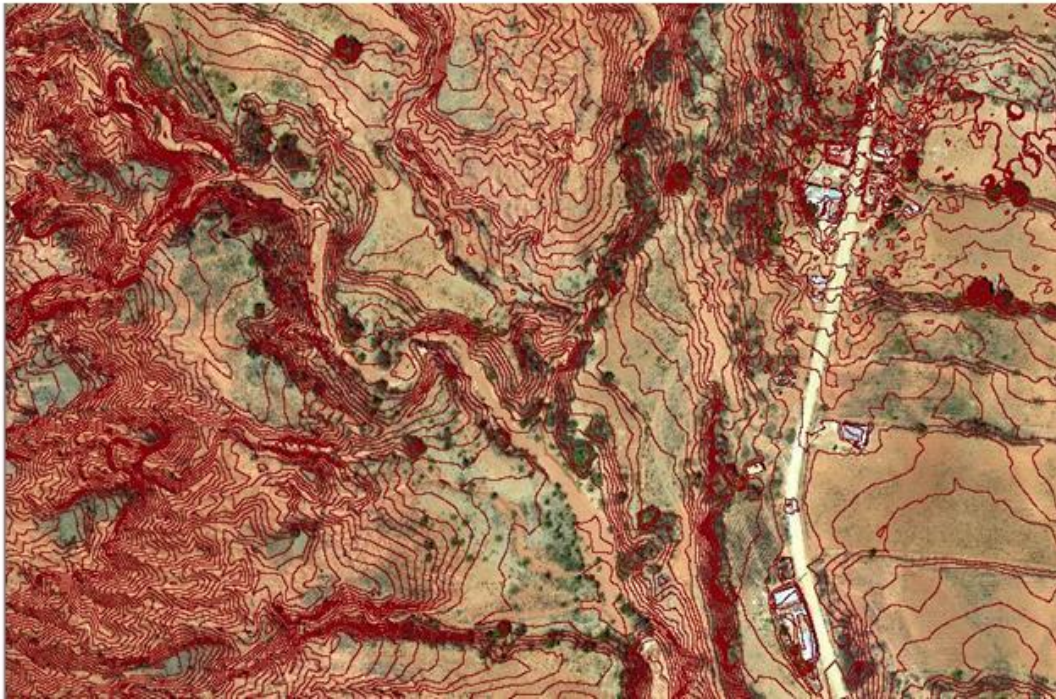
EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN



Sistema	Productor	Localidad	Rendimiento (t/ha)	PMR (\$/t)	Valor prod. (\$/ha)	Costo de prod (\$/ha)	Utilidad (\$/ha)
Lama-bordo	Juan Lara Cruz	Tiltepec	1.55	\$5,000.00	\$7,750.00	\$4,954.00	\$2,796.00
	Ezequiel Rodríguez	Tiltepec	0.92	\$4,500.00	\$4,140.00	\$7,900.00	-\$3,760.00
	Rosendo Mendoza	Teotongo	3.46	\$5,000.00	\$17,300.00	\$6,411.50	\$10,888.50
Convencional	Esteban Santiago	Tiltepec	2.13		\$0.00	\$0.00	\$0.00
	Rosendo García	Teotongo	8.46	\$4,200.00	\$35,532.00	\$10,473.00	\$25,059.00



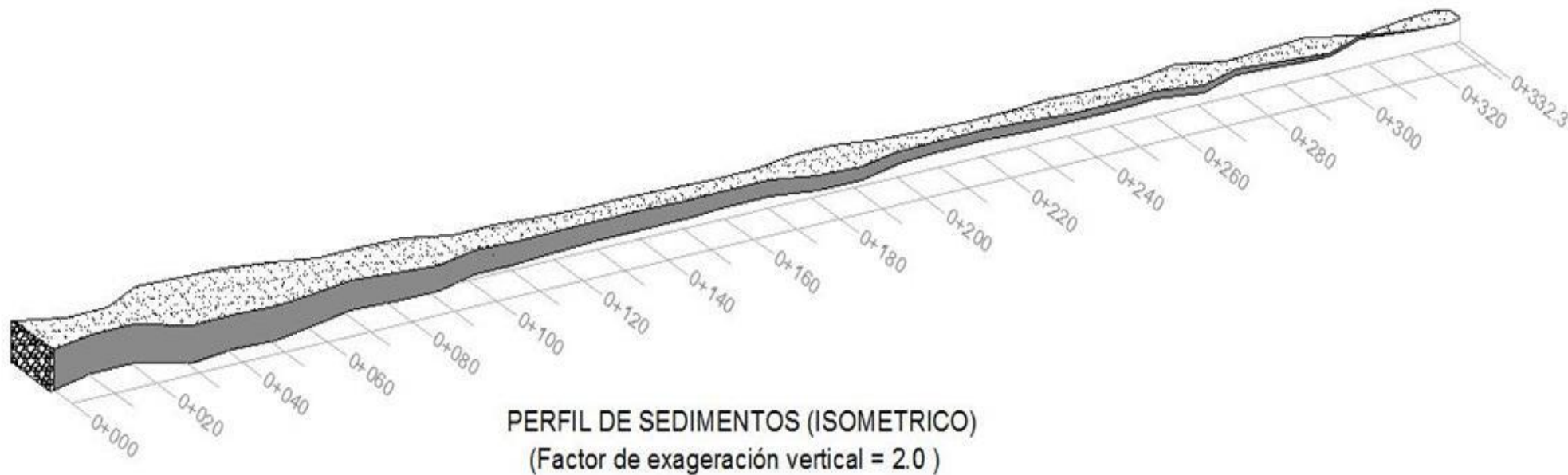
RECUPERACIÓN DE ZONAS CARCAVEADAS



Parámetros morfométricos	
Área (ha)	37
Desnivel (m)	160
Longitud de la cárcava principal (m)	1,232
Pendiente de la microcuencas (%)	13
Longitud total de las cárcavas (m)	21,680
Densidad de drenaje (m/ha)	586
Densidad hidrográfica(Cárcavas /ha)	1,918

No. de Orden	No. Corrientes
1	554
2	119
3	26
4	9
5	2
6	1
Total	711

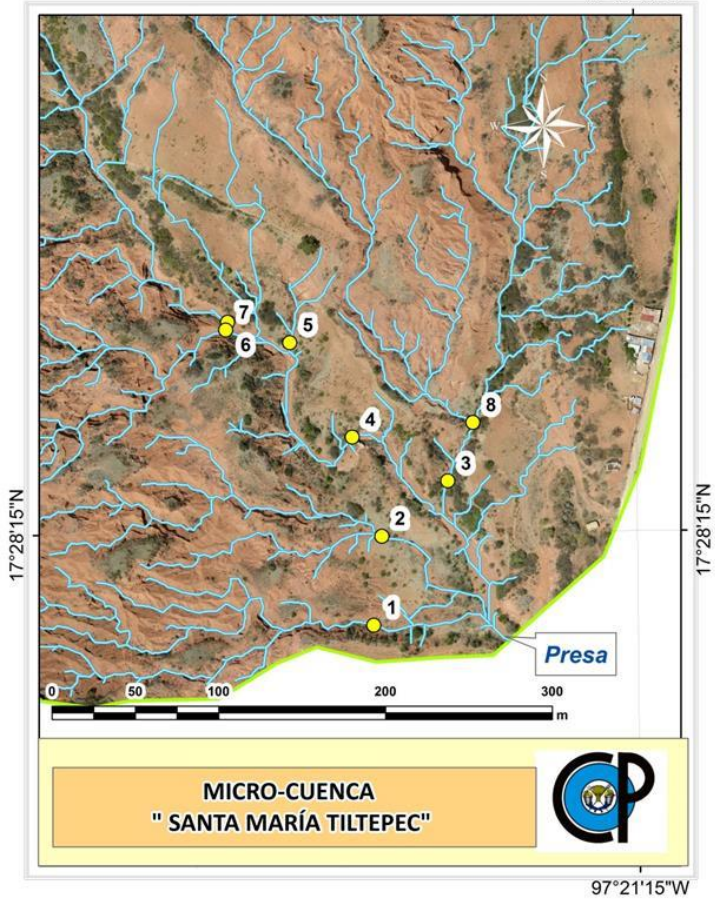
CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE SEDIMENTOS



Cadenamiento	Área (m ²)	Volumen Acumulado (m ³)	Sedimentos* (t)
0+000	40.58	-	-
0+050	44.69	1,869.26	2,990.82
0+100	12.57	3,210.43	5,136.69
0+150	7.35	3,695.26	5,912.41
0+200	5.35	4,081.56	6,530.50
0+250	3.61	4,273.40	6,837.43
0+300	2.16	4,413.17	7,061.07
0+330	0.09	4,428.25	7,085.20



SISTEMAS BIOINGENIERIA



Presas	Volumen (m ³)	Volumen (t)	% respecto al total
Piedra*	1,304.0	2,086.4	84.0
1	31.0	49.6	2.0
2	69.7	111.5	4.5
3	78.8	126.1	5.1
5	11.8	18.9	0.8
7	25.8	41.3	1.7
8	31.0	49.6	2.0
Total		2,483.4	





Leña



Maguey

Cuenca	Rancho Dolores	Teotongo	Tiltepec	
Localidad	Dolores	Teotongo	Santa María Tiltepec	San Pedro Añañe
Población (2030)	323	569	270	211
Clima	Semicálido	Semicálido	Templado	Templado
Consumo de agua per cápita	130	130	100	100
Volumen de agua diario (m ³)	15,326	26,999	9,855	7,701
Gasto medio diario (l/s)	0.49	0.86	0.31	0.24
Gasto máximo diario (l/s)	0.68	1.20	0.44	0.35
Gasto máximo horario (l/s)	1.05	1.86	0.68	0.55

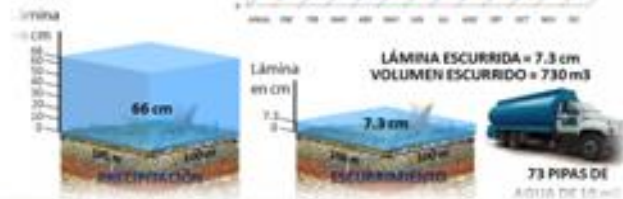
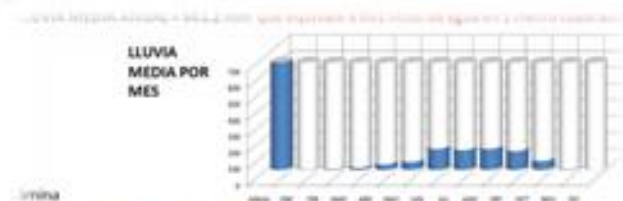
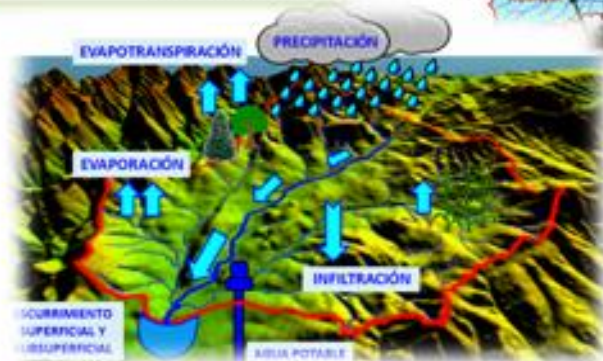
Agua

BIENES DE INTERES PARA LAS
COMUNIDADES



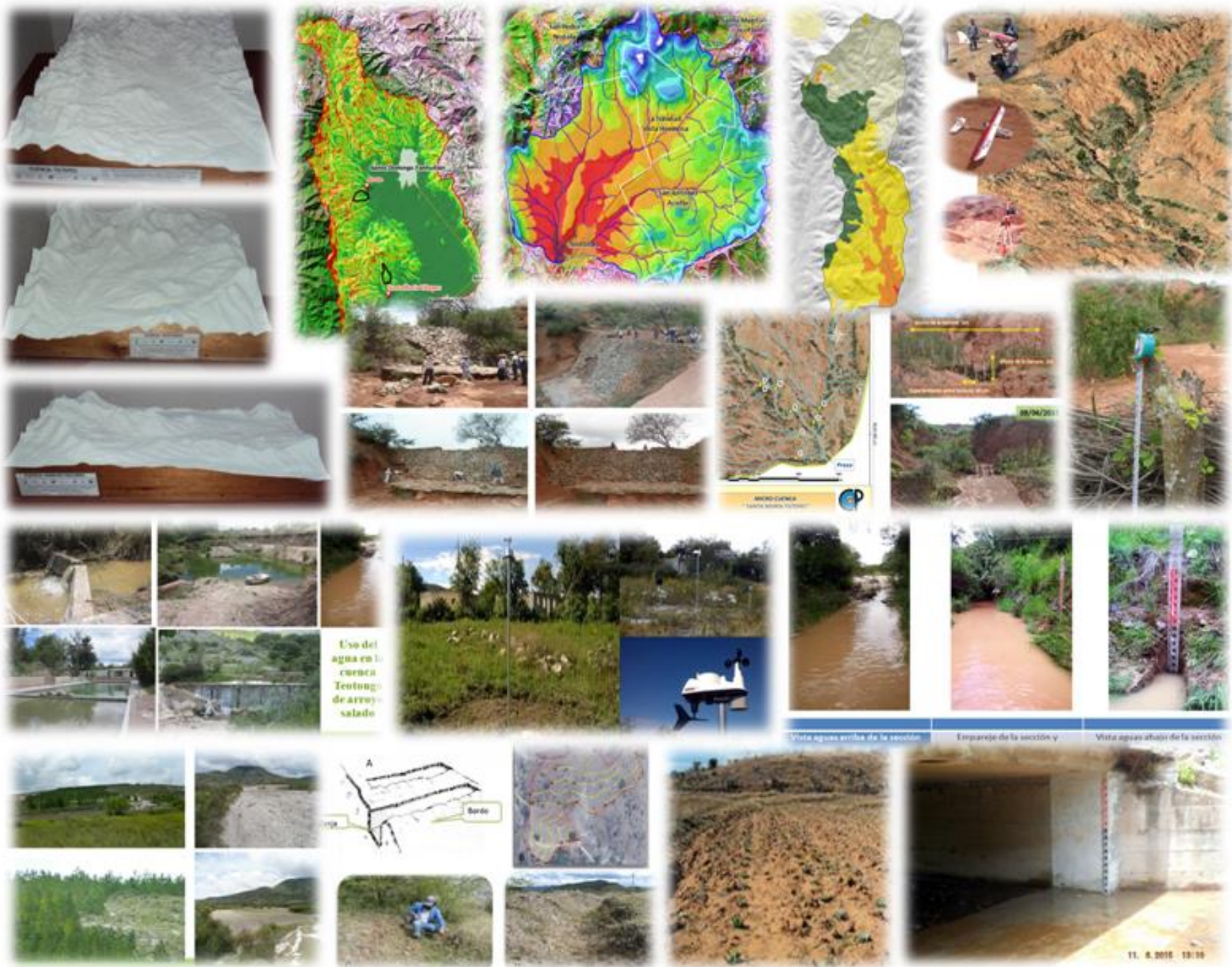
CAPACITACIÓN A LOS PRODUCTORES







RESULTADOS ALCANZADOS





TECNOLOGIAS DISPONIBLES

Obras de corrección



Bordera confinada con presa filtrante de piedra acomodada



Presas de costales, con madera y vegetación



Plantación

Módulo MIAF



Maíz intercalado con árboles frutales (MIAF)

PASTO MORADO



- La mariposa llega a crecer más de 3 metros de altura.
- Es altamente digestible para el ganado ya que contiene hasta 12% de carbohidratos.
- Bajo requerimiento de agua.
- Tiempo promedio de corte cada 2 meses dependiendo de la estación del año.
- Rendimiento de hasta 284 toneladas por hectárea.

Captación de lluvia del techo de la casa



Silos en bolsas



El compostaje de estiércol de ganado vacuno reduce los niveles de antibióticos y patógenos hasta en un 90 %

Preparación de compostas



Estufa solar



Caldo sulfocalcico

Insecticida, fungicida y fertilizante foliar

Materiales:

- Un kilogramo de cal
- Un kilogramo de azufre
- Quince litros de agua
- Aceite para cocinar



Producción de biogas



¡Gracias por su atención!

