



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

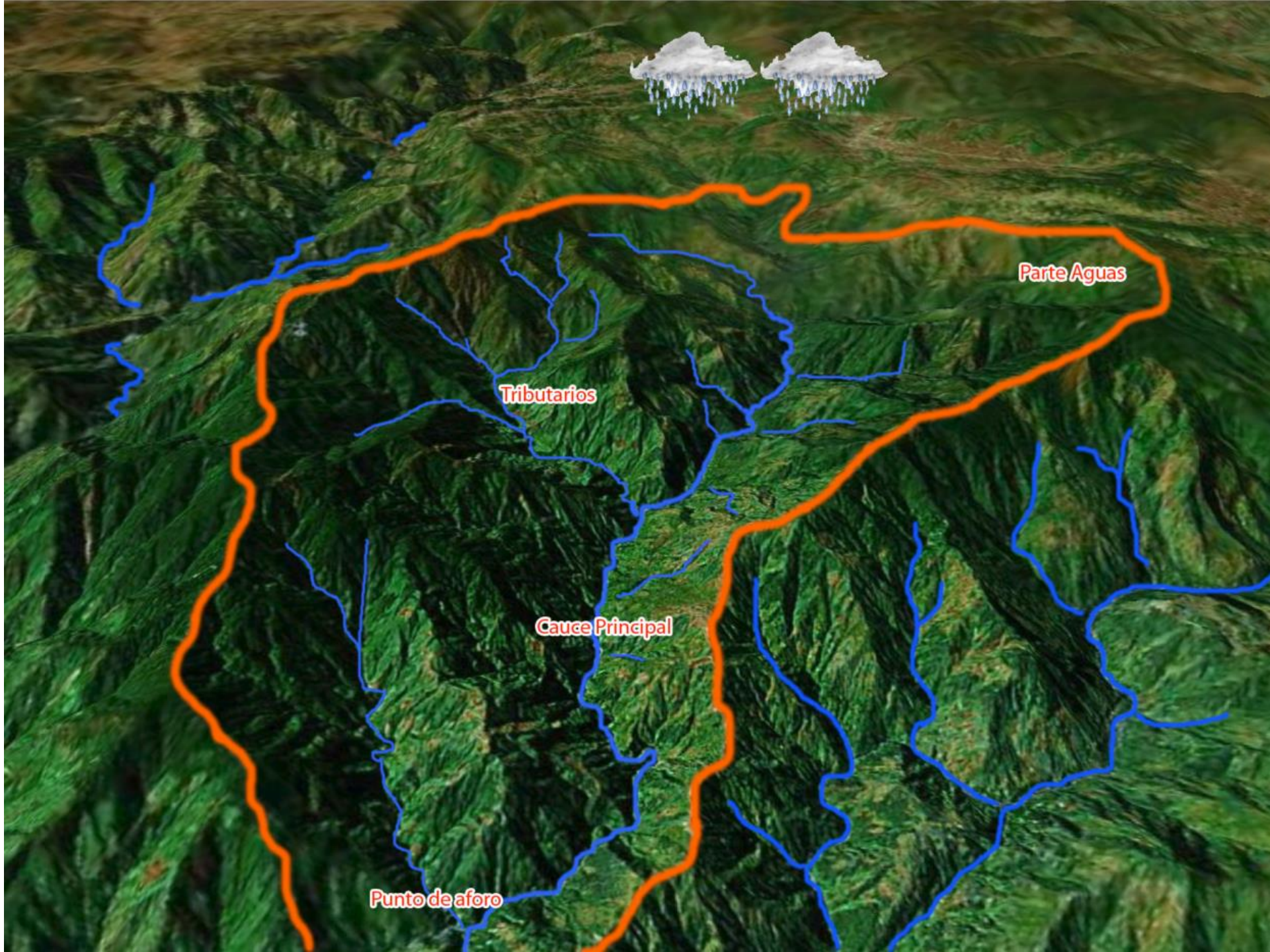


INSTITUTO DE GEOLOGIA

Conceptos para el manejo integral de cuencas

OSCAR ESCOLERO

Mexico, D. F. 121/11/2015



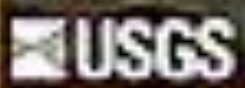
Parte Aguas

Tributarios

Cauce Principal

Punto de aforo

El Ciclo del Agua

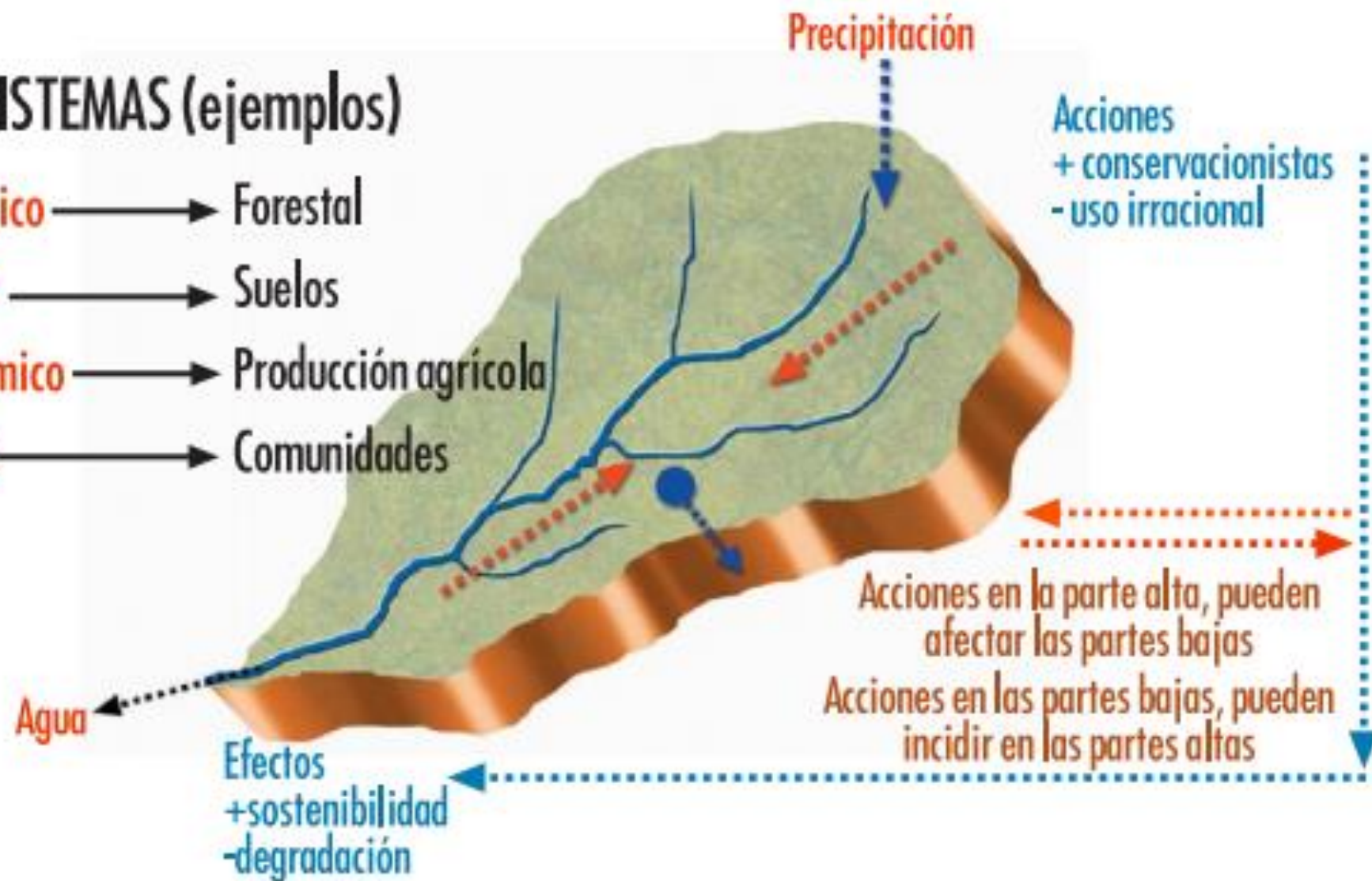


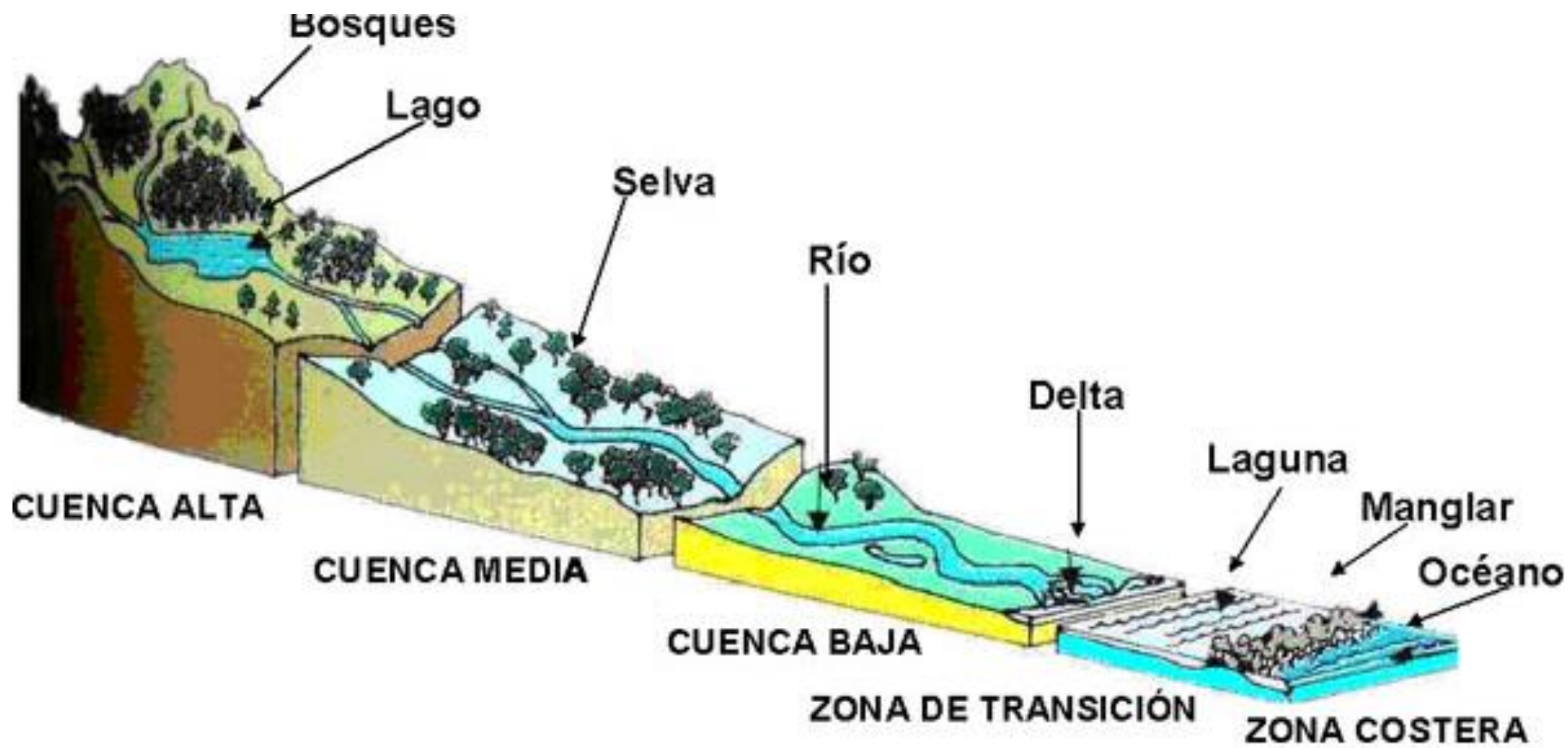
U.S. Department of the Interior
U.S. Geological Survey
http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycle.html

Fig.2, La Cuenca como sistema

SUBSISTEMAS (ejemplos)

- Biológico → Forestal
- Físico → Suelos
- Económico → Producción agrícola
- Social → Comunidades







CUADRO I. TAMAÑO Y NÚMERO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE MÉXICO.

Rangos (km ²)	Número de cuencas	% Superficie ocupada
< 50	807	0.76
51 - 100	181	0.65
101 - 500	229	2.74
501 - 1000	71	2.51
1001 - 2000	65	4.86

Rangos (km ²)	Número de cuencas	% Superficie ocupada
2001 - 5000	54	8.76
5001 - 10000	29	10.64
1001 - 20000	19	13.02
20001 - 100,000	14	38.79
>100,001	2	17.26
Total	1471	100

MÉXICO: división hidrológica administrativa por Regiones (13 Regiones)



- I Península de Baja California
- II Noroeste
- III Pacífico Norte
- IV Balsas
- V Pacífico Sur
- VI Río Bravo
- VII Cuencas Centrales del Norte
- VIII Lerma Santiago Pacífico
- IX Golfo Norte
- X Golfo Centro
- XI Frontera Sur
- XII Península de Yucatán
- XIII Aguas del Valle de México

PRIMERAS CIVILIZACIONES:

Transformar la naturaleza para contar con recursos para sobrevivir.



© André Bärtschi / WWF - Canon

INDUSTRIALIZACIÓN:

Desarrollan mejores tecnologías para abastecerse de mejores recursos y transformarlos para cubrir necesidades.



© Dado Galdieri / WWF-Canon

© Dado Galdieri / WWF-Canon



SEGUNDA MITAD S.XX:

Cambios en los ecosistemas despiertan preocupación.

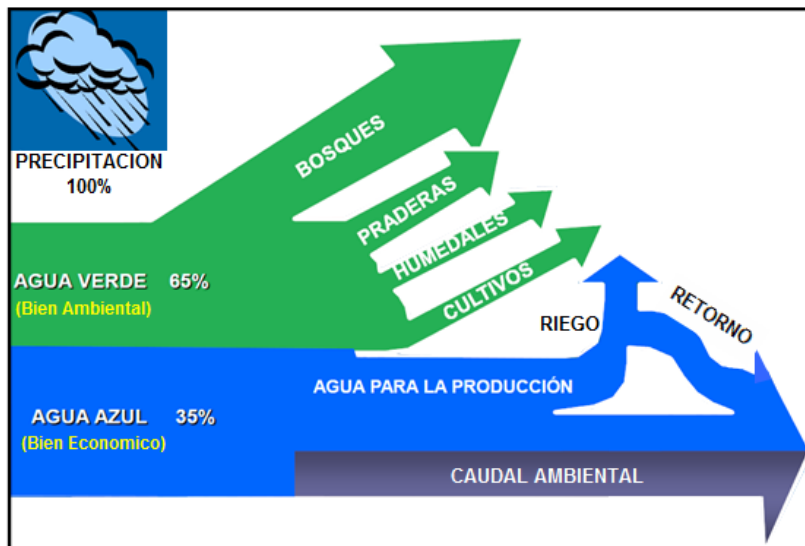
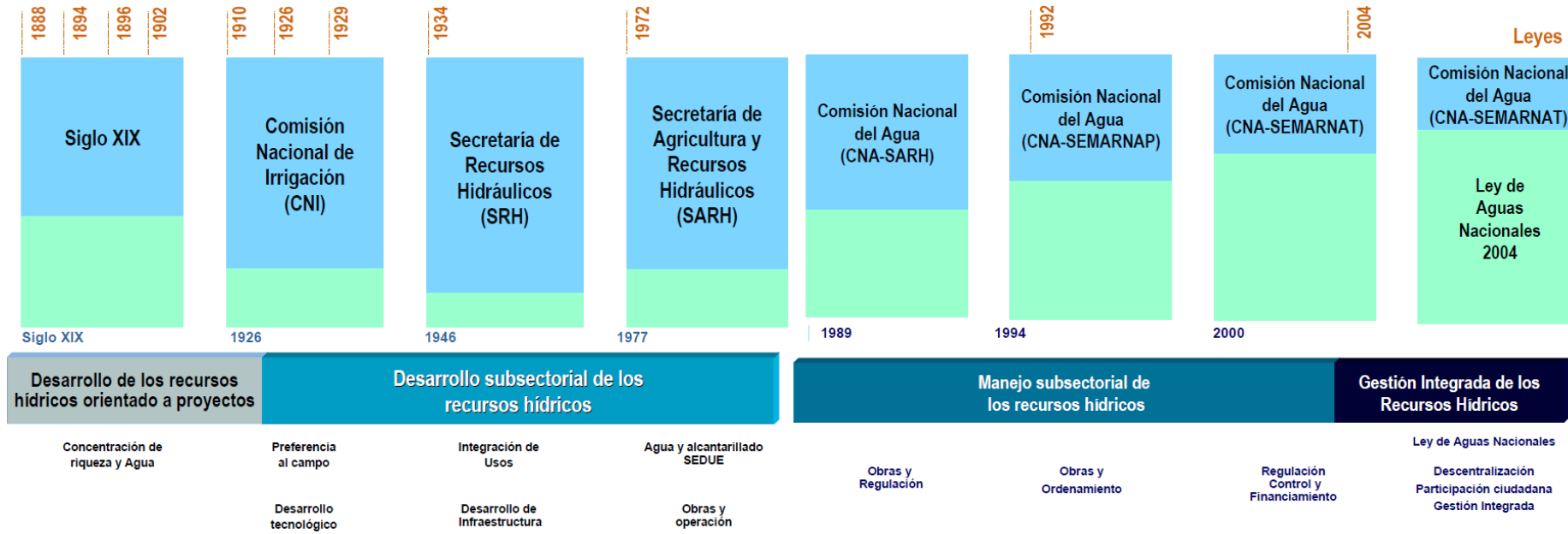
Entre los cambios más notorios están: cambios en el uso del suelo para agricultura, reducción de reservas y flujo de agua, calentamiento global por reducción de bosques y reducción de biodiversidad.

Evolución histórica del pensamiento... (Antecedentes)

- 1987, Comisión Mundial de Desarrollo y Medio Ambiente, presenta su informe Brundtland (se utiliza por primera vez el término desarrollo sostenible).
- **1992**, Conferencia Internacional sobre Agua y Medio Ambiente, Dublín.
- **1992**, Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, Río de Janeiro (reconocido como concepto **GIRH** en la Agenda 21).
- 1996, Se establece la Asociación Mundial del Agua.
- 1997, Primer Foro Mundial del Agua, en Marruecos.
- **1998**, Se desarrolla el concepto **Evaluación del Milenio**.
- 2000, Segundo Foro Mundial del Agua, en La Haya.
- **2000**, Se fijan los **Objetivos de Desarrollo del Milenio**, en la ONU.
- 2002, La Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible, en Johannesburgo.
- 2003, Tercer Foro Mundial del Agua, en Kyoto.
- **2001-2005**, se lleva a cabo la **Evaluación de los Ecosistemas del Milenio**, coordinado por la ONU.
- **2005**, Se define el **Enfoque Ecosistémico para la Salud** (PNUMA y el Convenio sobre Diversidad Biológica).
- 2006, Se consolida la GIRH durante el Cuarto Foro Mundial del Agua, en México.
- **2008**, Parkes *et al.* (2008) plantean **El Prisma de la Gobernanza en cuencas hidrográficas**.
(Montes y Sala, 2007; Sayenije y Van der Zaag, 2008; y propia).

Introducción...

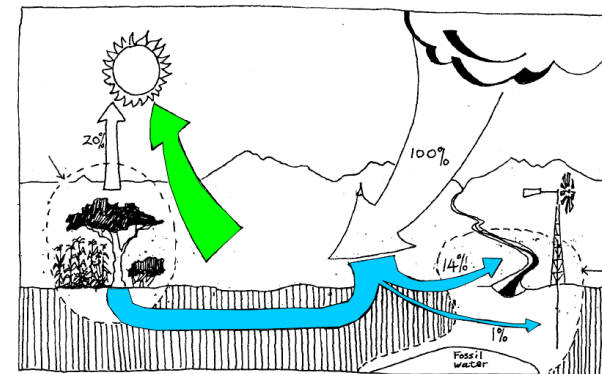
(Conagua, 2006).



(Tomada de Escolero, 2009).

El enfoque ecosistémico *sensu* CBD aún no se ha puesto en práctica formalmente en México, existen casos de manejo integrado de la biodiversidad que cumplen con los objetivos de este enfoque, como el manejo sustentable de algunos bosques y de pesca

(INE, 2007).



(Savenije, 2000a; Savenije y Van der Zaag, 2008).

La salud del ecosistema y de los recursos hídricos = La salud del ser humano

Fig.9, Agua Recurso Integrador y Estratégico



Cuadro 1. Servicios ecosistémicos, beneficios que brindan a las poblaciones humanas y procesos ecosistémicos asociados a estos servicios

SERVICIO	Importancia para el bienestar humano	Tipo de ecosistema que brinda el servicio
Alimentos derivados de la agricultura	Sustento básico y recursos económicos	Campo agrícola
Alimentos derivados de la ganadería		Pastizal, encierros, campo agrícola (complementos alimenticios), matorrales, selvas y bosques
Alimentos derivados de la pesca		Océanos, ecosistemas costeros (e.g. lagunas) y ecosistemas acuáticos continentales
Alimentos derivados de la acuicultura		Cuerpos de agua naturales y artificiales
Madera	Material de construcción y bienestar económico	Bosques y selvas
Leña	Fuente de energía	Bosques, selvas, matorrales, manglares, desiertos
Recursos diversos	Usos múltiples (e.g. alimentos, medicinas, materiales de construcción), recursos económicos, importancia cultural (presente o futura)	Todos los ecosistemas del país
Agua (cantidad)	Sustento básico, actividades productivas (agricultura, industria), funcionamiento de los ecosistemas	Ecosistemas terrestres y acuáticos, continentales, océanos y atmósfera

SERVICIO	Importancia para el bienestar humano	Tipo de ecosistema que brinda el servicio
Agua (calidad)	Regulación de concentraciones de contaminantes y organismos nocivos para la salud humana y la del ecosistema	Ecosistemas terrestres y acuáticos, continentales, océanos y atmósfera
Regulación de la biodiversidad	Regulación de casi todos los servicios ecosistémicos	Todos los ecosistemas del país
Regulación de plagas, de vectores de enfermedades y de la polinización	Regulación de los polinizadores: producción de algunos cultivos comerciales; regulación de plagas y vectores de enfermedades: control biológico de organismos nocivos	Todos los ecosistemas del país
Regulación de la erosión	Mantenimiento del suelo y sus servicios de moderación del ciclo hidrológico, soporte físico para las plantas, retención y disponibilidad de nutrientes, procesamiento de desechos y materia orgánica muerta, mantenimiento de la fertilidad del suelo y regulación de los ciclos de nutrientes	Ecosistemas terrestres del país
Regulación del clima	Mantenimiento de condiciones climáticas adecuadas para la vida humana, sus actividades productivas y la vida en general	Atmósfera y todos los ecosistemas terrestres, acuáticos y marinos
Regulación de la calidad del aire	Regulación de concentraciones de contaminantes nocivos para la salud y para la visibilidad	Atmósfera y todos los ecosistemas terrestres, acuáticos y marinos
Regulación de la respuesta a eventos naturales extremos	Regulación de la respuesta de los sistemas naturales al embate de eventos naturales extremos y sus consecuencias sobre la población humana	Atmósfera y todos los ecosistemas terrestres
Servicios culturales	Seguridad, belleza, espiritualidad, recreación cultural y social para las poblaciones	Todos los ecosistemas del país

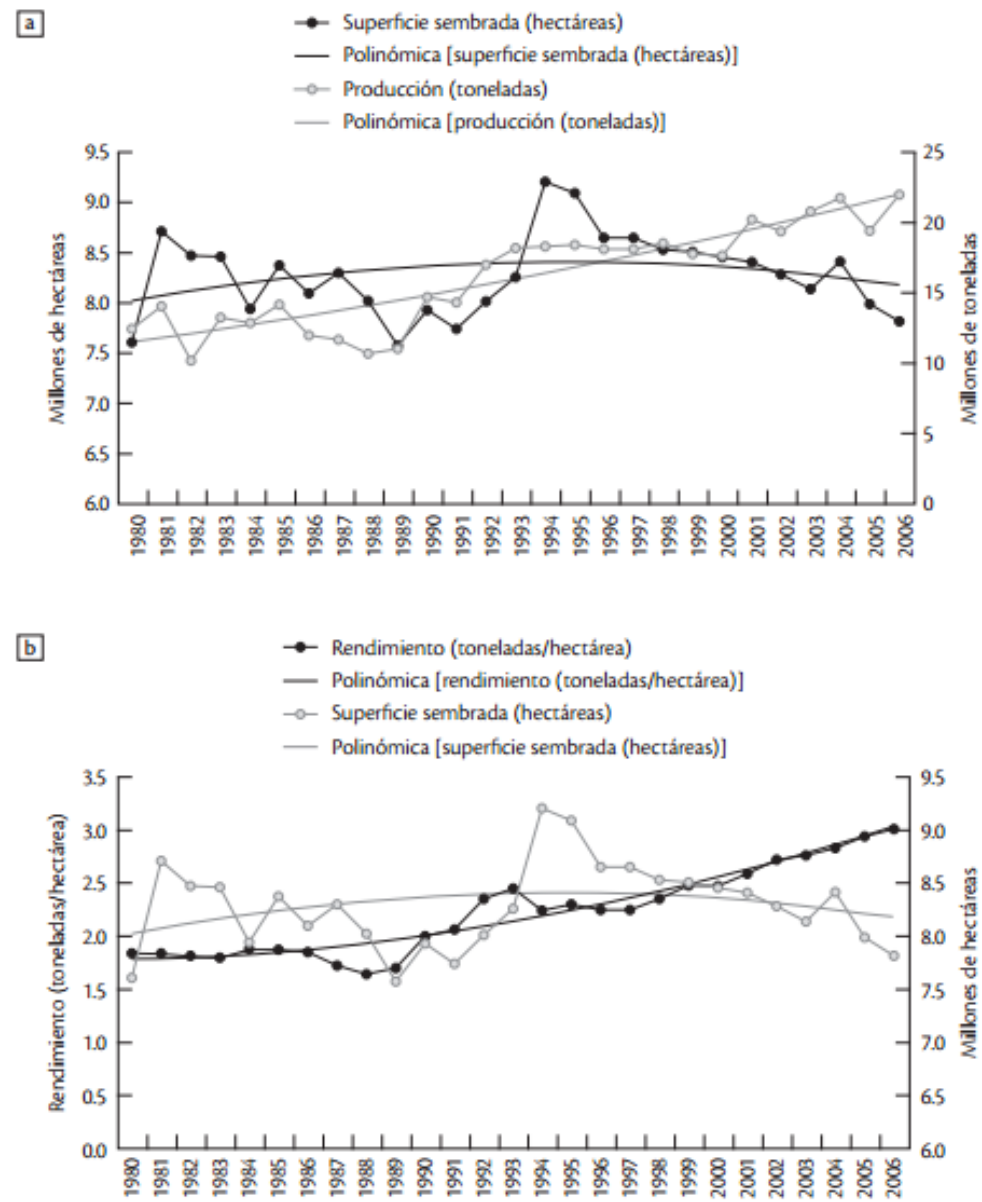
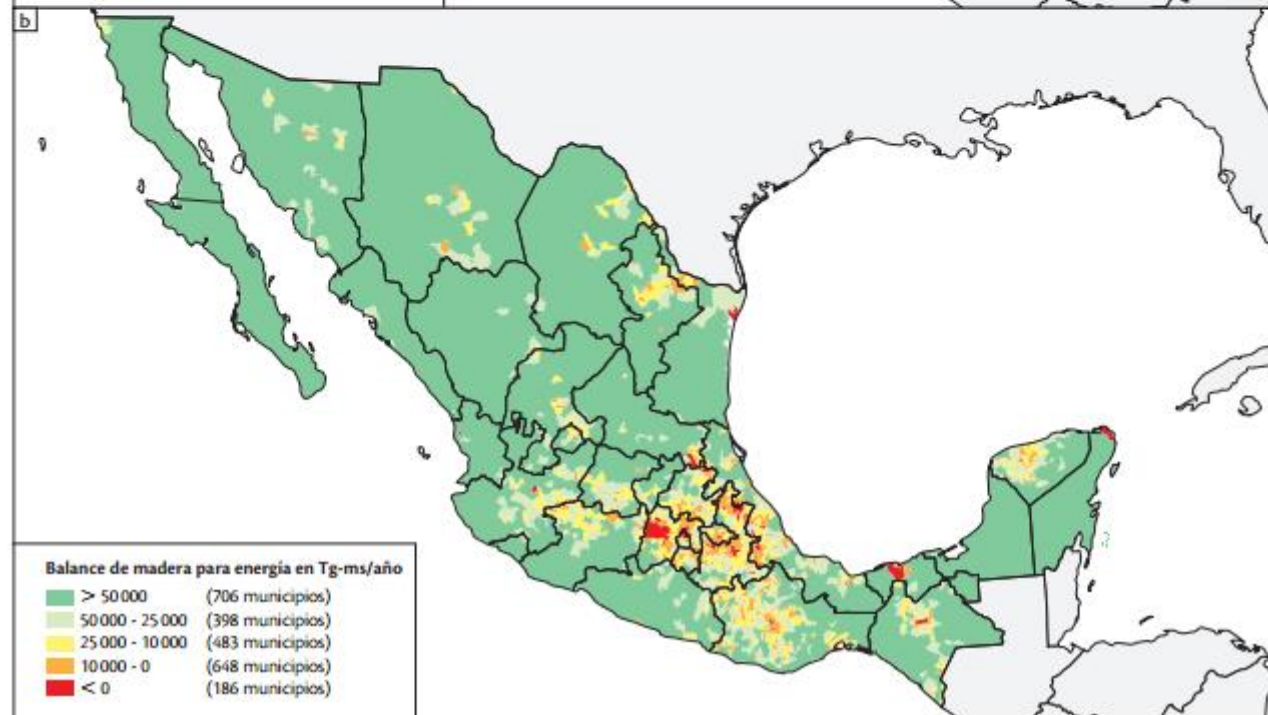
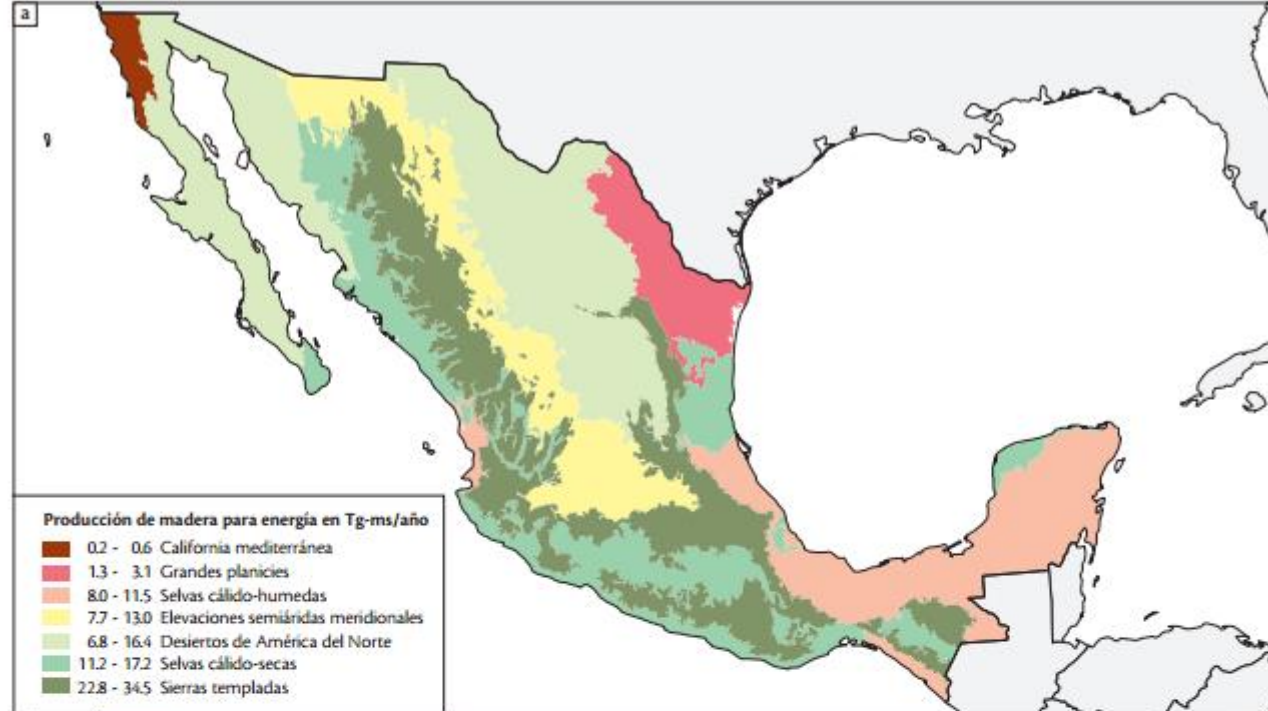


Figura 4.1 Tendencias temporales de la producción de alimentos derivados de la agricultura en México entre 1980 y 2006: **(a)** expansión de la frontera extensiva: superficie sembrada y producción (maíz, frijol y sorgo), así como un resumen de la tendencia polinómica, y **(b)** expansión de las fronteras extensiva e intensiva: rendimientos y superficie sembrada.
Fuente: Siacon (2005).



Contenido de Agua Virtual de productos comunes

Producto	Mililitros o Gramos	Agua Virtual (litros)
Playera de algodón	250 g	2,000
Hoja de papel A4	80g/m ²	10
Microchip	2g	32
Par de zapatos	piel bovina	8,000
Taza de café	125 ml	140
Vaso de jugo de naranja	200 ml	170
Vaso de leche	200 ml	200
Huevo	40 g	135
Copa de vino	125 ml	120
Vaso de cerveza	250 ml	75
Jitomate	70 g	13
Hamburguesa	150 g	2,400



Fuente: Hoekstra, A. y Chapagain, 2008.



Huella hídrica total de un consumidor en el Reino Unido



- ▶ Alrededor del 3% de su huella hídrica ocurre en casa.
150 litros/día



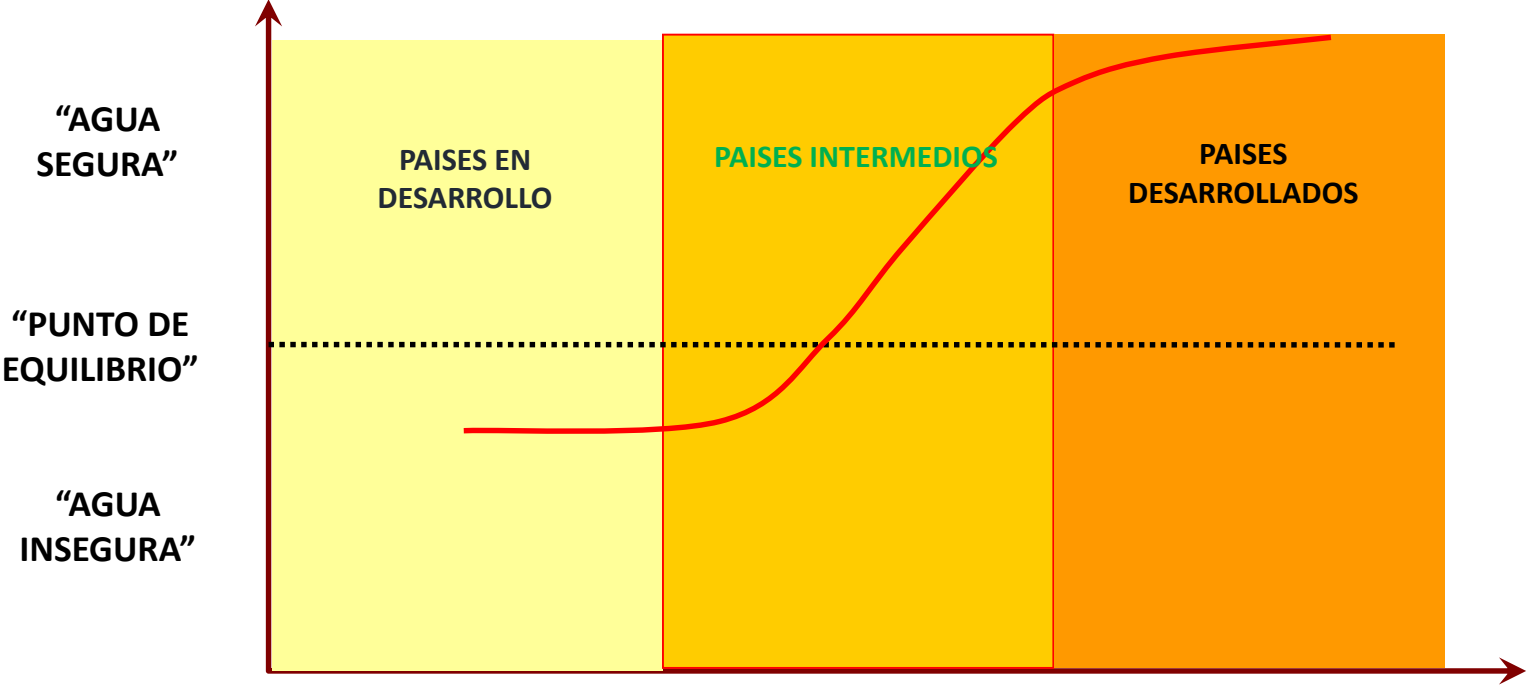
- ▶ Alrededor del 97% es “invisible”, ya que está relacionada con productos que compra en el supermercado.
3400 litros/día por productos agrícolas
1100 litros/día por productos industriales
- ▶ Alrededor del 60 al 65% de su huella hídrica recae fuera de su país.

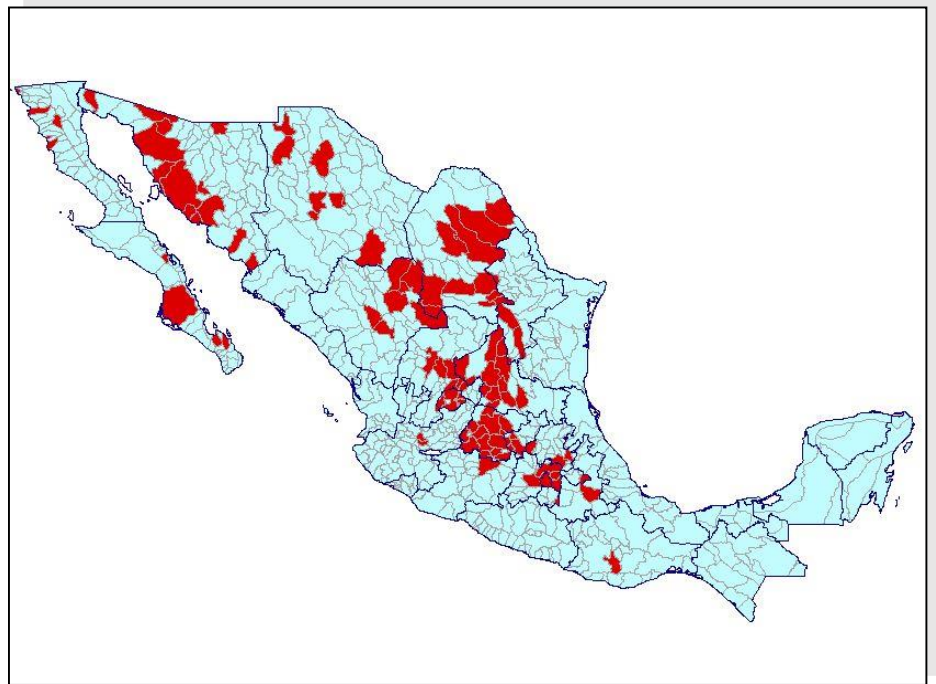
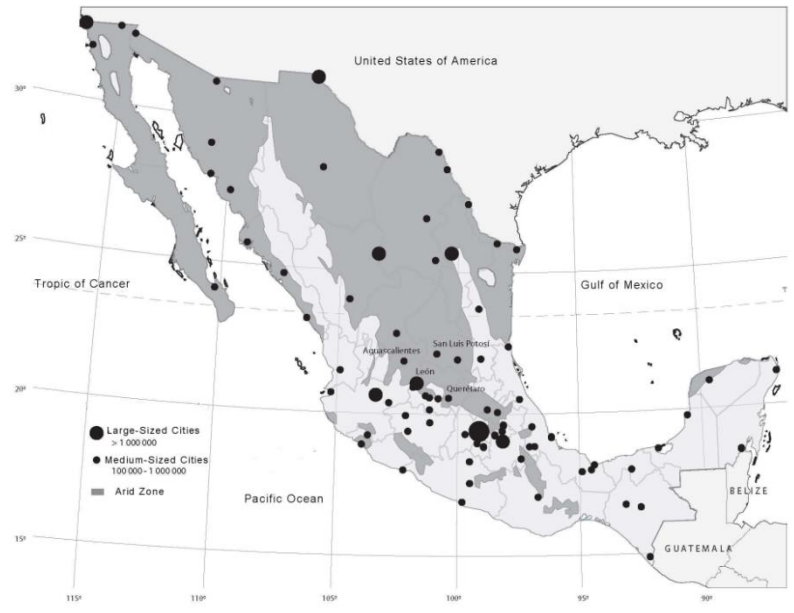
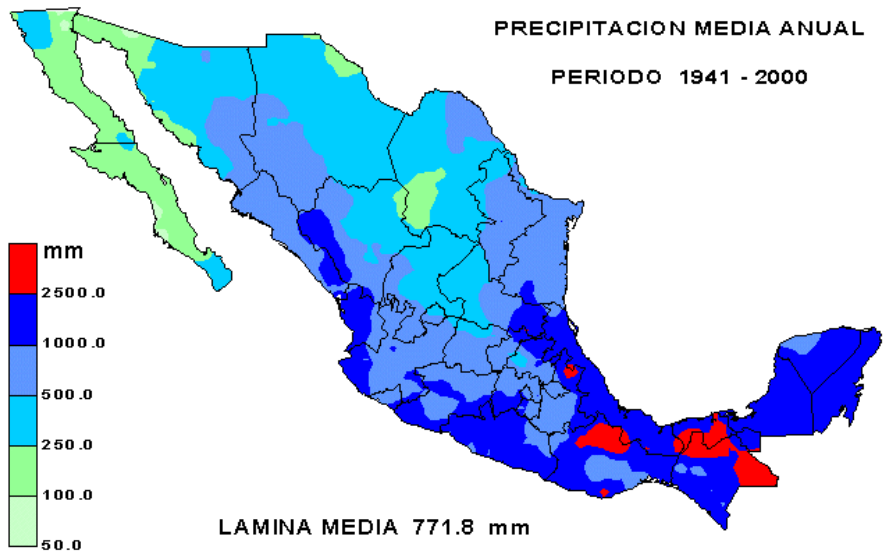
La dieta suele ser el mayor componente de la huella hídrica de un consumidor

ESCENARIOS DE SEGURIDAD DEL AGUA

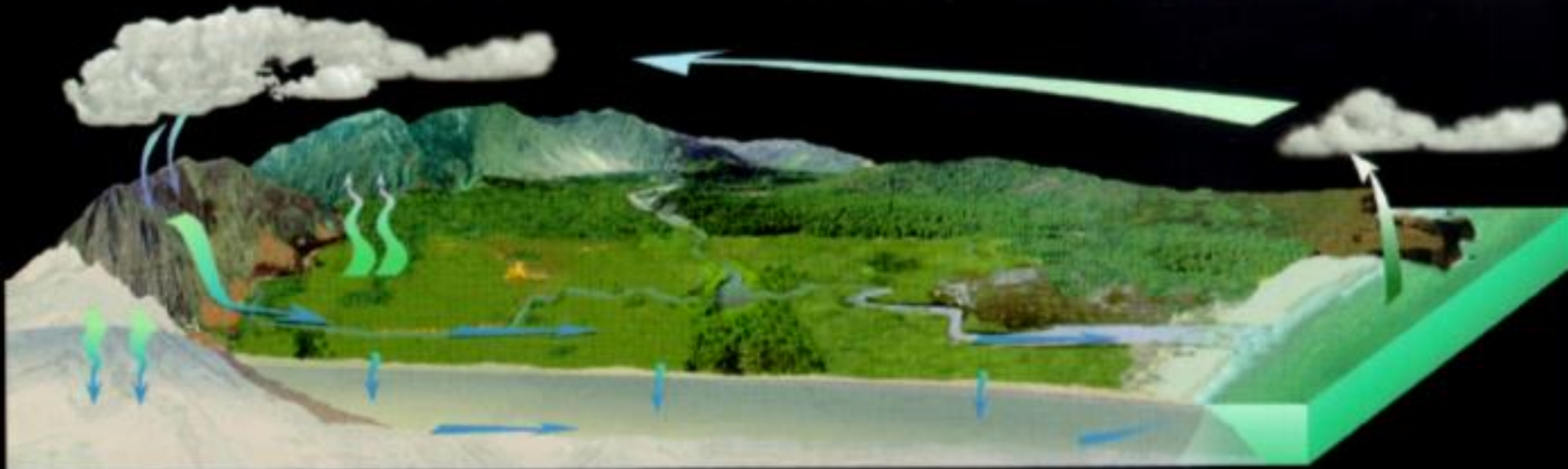
CONTRIBUCIÓN DEL
AGUA AL DESARROLLO

CURVA DE AGUA Y
DESARROLLO





CICLO HIDROLÓGICO EN ESTADO NATURAL



CICLO HIDROLÓGICO AFECTADO POR EL HOMBRE

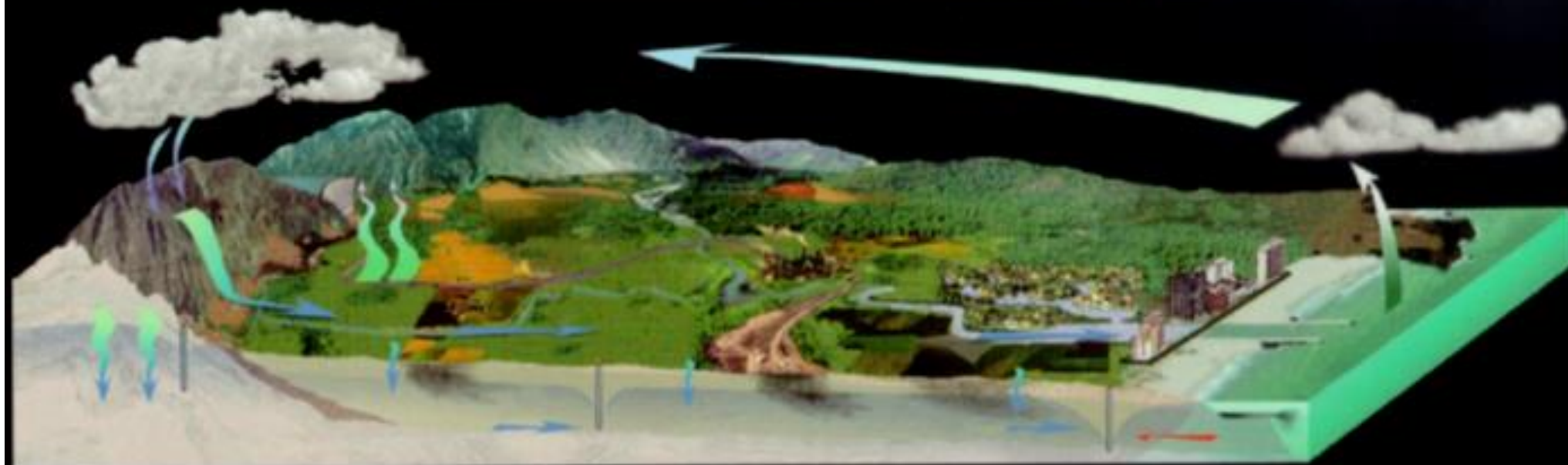


FIGURA 2. IMPACTOS ACUMULADOS DE LAS ACTIVIDADES HUMANAS EN UNA CUENCA HIDROGRÁFICA ^{7,8}



Campaña de muestreo de fuentes superficiales y subterráneas (lluvias)



		Cambio de hábitat	Cambio climático	Especies invasoras	Explotación excesiva	Contaminación (nitrógeno, fósforo)
Bosques	Boreales	↗	↑	↗	→	↑
	Templados	↘	↑	↑	→	↑
	Tropicales	↑	↑	↑	↗	↑
Tierras secas	Pastizales templados	↗	↑	→	→	↑
	Mediterráneas	↗	↑	↑	→	↑
	Pastizales tropicales y sabanas	↗	↑	↑	→	↑
	Desiertos	→	↑	→	→	↑
Aguas continentales		↑	↑	↑	→	↑
Costas		↗	↑	↗	↗	↑
Medio marino		↑	↑	→	↗	↑
Islas		→	↑	→	→	↑
Montañas		→	↑	→	→	↑
Regiones polares		↗	↑	→	↗	↑

Impactos de los generadores durante el último siglo

- Bajo
- Moderado
- Alto
- Muy alto

Tendencias actuales de los generadores

- Impacto a la baja ↘
- El impacto continúa →
- El impacto aumenta ↗
- Aumento muy rápido del impacto ↑

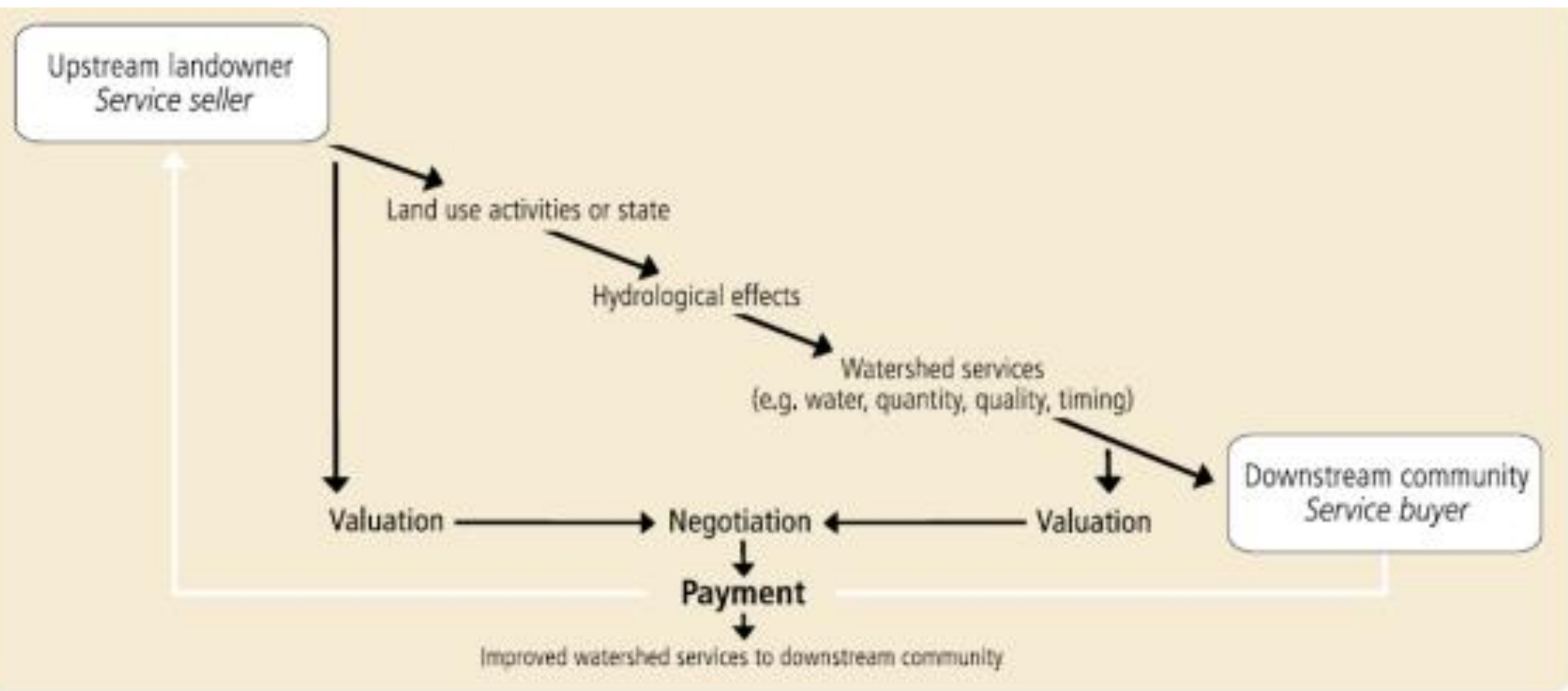


Figura 1. El pago vincula las partes interesadas en los servicios de las cuencas fluviales aguas arriba y aguas abajo.

Fuente: Smith et al. (2006)

Cuadro N°4 Algunas prioridades de los pobladores de las cuencas o micro cuencas

Prioridades	Interesados
Mejorar la producción	Agricultores
Aumentar los ingresos	Agricultores, ganaderos
Disponibilidad de agua	Agricultores, ganaderos, población urbana, regantes, piscicultores
Mejoramiento de caminos	Agricultores, ganaderos
Mejoramiento de carreteras	Población en general, comerciantes, empresarios de transportes
Disponibilidad de semillas	Agricultores
Pastos permanentes	Ganaderos
Educación para sus hijos	Población en general
Capacitación	Agricultores, ganaderos, reforestadores
Tener viveros forestales	Reforestadores
Crédito	Agricultores, reforestadores
Mercado seguro	Agricultores, ganaderos
Controlar la erosión	Agricultores, hidroenergía
Mejorar la calidad del agua	Población urbana, piscicultores, regantes
Energía o luz eléctrica	Población rural
Mejora de caminos	Población rural, agricultores.

Actores	¿Por qué actúan del modo en que lo hacen?		Nivel de poder	Nivel de influencia	Relaciones entre actores	
	posición	Intereses/necesidades			Posibles alianzas	Posibles conflictos
<ul style="list-style-type: none"> Unidad de Desarrollo 	<ul style="list-style-type: none"> Progreso y crecimiento económico 	<ul style="list-style-type: none"> Mantener/fortalecer poder político Impuestos 	<ul style="list-style-type: none"> M 	<ul style="list-style-type: none"> M 	<ul style="list-style-type: none"> Unidad de Desarrollo Agrícola Pueblos indígenas 	<ul style="list-style-type: none"> Unidad de Medio Ambiente ONG ambientalista Empresas de biocombustibles y madereras
<ul style="list-style-type: none"> Unidad de Medio Ambiente 	<ul style="list-style-type: none"> La conservación de ecosistemas es una prioridad 	<ul style="list-style-type: none"> Fortalecer poder político Mejorar legislación medioambiental e implementación Satisfacer lobby 	<ul style="list-style-type: none"> M 	<ul style="list-style-type: none"> B 	<ul style="list-style-type: none"> Habitantes urbanos ONG ambientalista Pueblos indígenas 	<ul style="list-style-type: none"> Unidad de desarrollo Unidad de desarrollo agrícola Empresas de biocombustibles y madereras
<ul style="list-style-type: none"> Unidad de Desarrollo Agrícola 	<ul style="list-style-type: none"> La agricultura es clave para el desarrollo 	<ul style="list-style-type: none"> Mantener/fortalecer poder político Satisfacer lobby 	<ul style="list-style-type: none"> M 	<ul style="list-style-type: none"> M 	<ul style="list-style-type: none"> Unidad de Desarrollo Pequeños productores rurales Empresas de biocombustibles y madereras 	<ul style="list-style-type: none"> Unidad de medio ambiente Pueblos indígenas
<ul style="list-style-type: none"> Habitantes de la ciudad 	<ul style="list-style-type: none"> Progreso y mejores servicios públicos 	<ul style="list-style-type: none"> Bajos precios de alimentos Buena calidad del agua Oportunidades de recreación Calidad de vida Buena gobernanza 	<ul style="list-style-type: none"> B 	<ul style="list-style-type: none"> M 	<ul style="list-style-type: none"> ONG ambientalista 	
<ul style="list-style-type: none"> Pequeños productores rurales 	<ul style="list-style-type: none"> Gobierno no ayuda a los sectores rurales 	<ul style="list-style-type: none"> Precios justos de los alimentos Infraestructura de mercado Precios bajos de insumos Ayuda técnica 	<ul style="list-style-type: none"> B 	<ul style="list-style-type: none"> B 	<ul style="list-style-type: none"> Unidad de desarrollo agrícola Empresas de biocombustibles y madereras 	<ul style="list-style-type: none"> Unidad de medio ambiente ONG ambientalista Empresas de biocombustibles y madereras
<ul style="list-style-type: none"> Pueblos indígenas 	<ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento de medios de vida tradicionales y protección de sitios espirituales 	<ul style="list-style-type: none"> Derechos reconocidos a la tierra del bosque y los recursos Medios de vida seguros Protección de patrimonio y prácticas culturales 	<ul style="list-style-type: none"> B 	<ul style="list-style-type: none"> B 	<ul style="list-style-type: none"> ONG ambientalista 	<ul style="list-style-type: none"> Unidad de desarrollo Unidad de desarrollo agrícola Pequeños productores rurales
<ul style="list-style-type: none"> Empresas de biocombustibles y madereras 	<ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento de ganancias y minimización de costos 	<ul style="list-style-type: none"> Derechos de uso sobre tierras y recursos clave Maximización de ganancias y crecimiento del negocio Acceso a nuevos mercados domésticos e internacionales 	<ul style="list-style-type: none"> M 	<ul style="list-style-type: none"> A 	<ul style="list-style-type: none"> Unidad de desarrollo Unidad de desarrollo agrícola Pequeños productores rurales 	<ul style="list-style-type: none"> Pueblos indígenas Pequeños productores rurales
<ul style="list-style-type: none"> ONG ambientalista 	<ul style="list-style-type: none"> Gobierno debe fortalecer al sector medioambiental 	<ul style="list-style-type: none"> Lobby y financiamiento Fortalecer a un sector débil y a los intereses públicos 	<ul style="list-style-type: none"> B-M 	<ul style="list-style-type: none"> B-A 	<ul style="list-style-type: none"> Unidad de medio ambiente Empresas de biocombustibles y madereras 	<ul style="list-style-type: none"> Unidad de desarrollo Unidad de desarrollo agrícola Pequeños productores rurales Pueblos indígenas

Fig. 10 Factores que influyen en la formación de entidades y organismos de cuencas

BASES FISICAS Y TERRITORIALES

- Tamaño de la cuenca
- Ubicación, geomorfología y clima
- Recursos disponibles
- Grados de desarrollo
- Plan de manejo
- Complejidad en límites

FACTORES GENERALES

- Características de la cuenca
- Inventarios de recursos y actividades
- Organizaciones, antecedentes
- Actores endógenos y exógenos
- Situación legal
- Administración, actuación pública y privada
- Usuarios y valor económico de RR.NN





CLAVE	CUENCA	ESTADO
37A05	Presa San Marcos	Aguascalientes
12E01	Río Santiago	Aguascalientes
01B14	Arroyo San Antonio de Murillos	Baja California
01A01	Río Tijuana	Baja California
01B01	Arroyo El Descanso	Baja California
01B02	Arroyo Guadalupe	Baja California
01B03	Arroyo San Antonio	Baja California
01B04	Punta Ensenada	Baja California
01B05	Río Maneadero	Baja California
01B08	Arroyo El Zorrillo	Baja California

ir al mapa

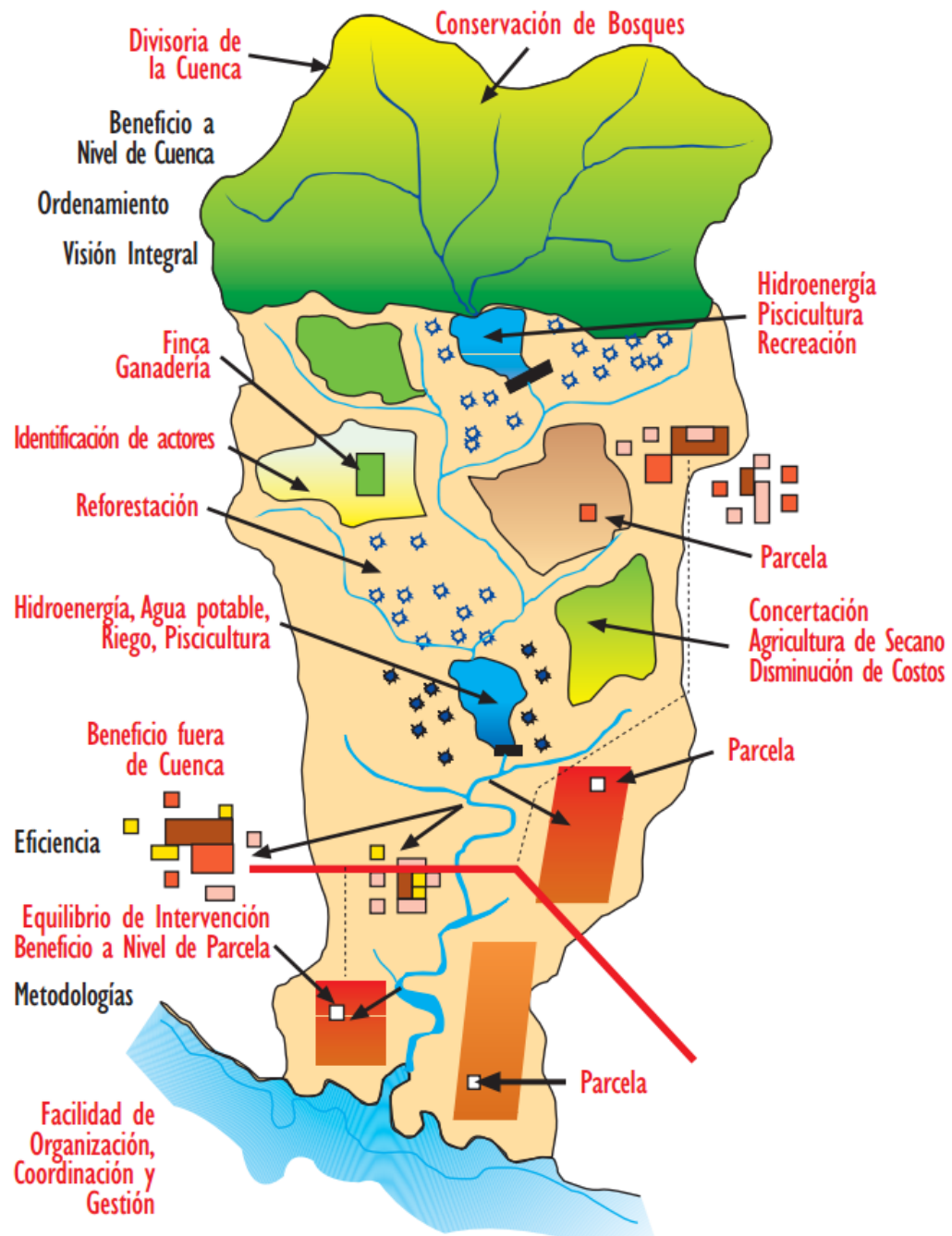
- Ciudades
- Carreteras
- Ríos
- Estados
- Regiones Hidrológicas
- Subregiones Hidrológicas



México: división para la participación social por Consejos de Cuenca (26 Consejos)



Fig. 13 Beneficio y ventajas del manejo de cuencas



CUADRO I. RELACION ENTRE CRITERIOS, SITUACIONES Y ENFOQUES DE MANEJO DE CUENCAS

CRITERIOS	SITUACIONES	ENFOQUES
Ecológico	Deforestación	<ul style="list-style-type: none"> • Agua • Suelo • Forestal • Recursos naturales • Conservación • Sostenibilidad • Ambiental • Uso múltiple • Manejo integral
	Inundaciones	
	Quemas	
	Contaminación	
	Salinización	
	Erosión	
	Acidificación	
	Compactación	
	Baja fertilidad del suelo	
	Sequía y aridificación	
Social	Pobreza	<ul style="list-style-type: none"> • Educación ambiental • Transferencia de tecnología • Extensión • Sectorial • Desarrollo rural • Manejo integral • Incidencia • Asociatividad
	Baja calidad de vida	
	Falta de organización	
	Inseguridad	
	Procesos sin participación	
	Falta de asistencia técnica	
	Ausencia de leyes	
	Falta de voluntad política	
	Tenencia de la tierra	
Económico	Baja productividad	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo rural • Desarrollo económico • Agronegocios • Sectorial • Manejo integral
	Baja rentabilidad	
	Acceso al crédito	
	Falta de incentivos	
	Valor agregado incipiente	
	Mercado	

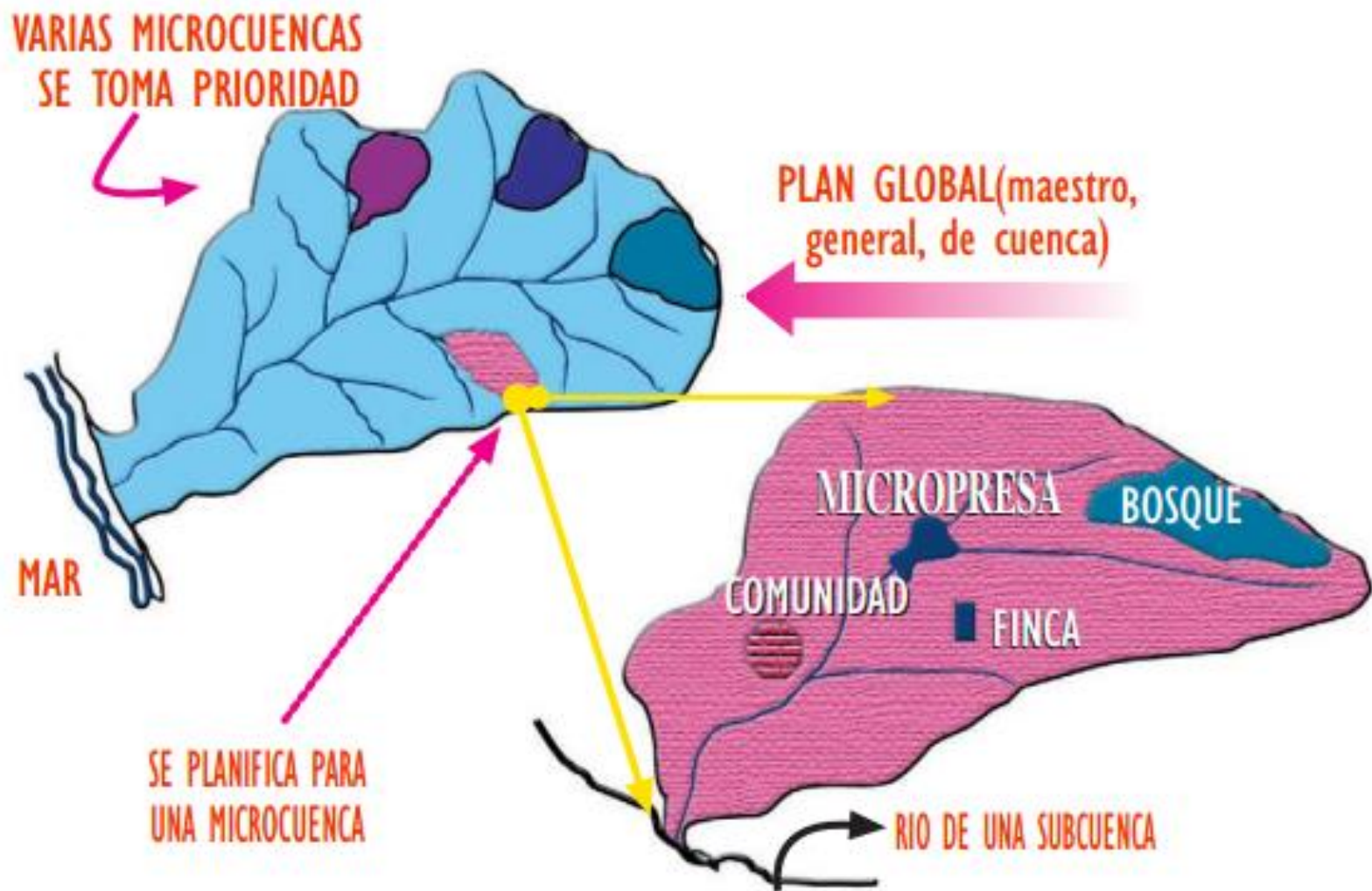
Fig.4, Division de una Cuenca Hidrográfica



FIGURAS 4A. EJEMPLO PARA LA CUENCA LERMA-CHAPALA,
SUBCUENCA ALTA DEL RÍO LAJA, SUBCUENCA TÁMBULA-
PICACHOS Y MICROCUENCA PUERTO DE NIETO ¹⁰



Fig. 12 Plan global y plan de microcuenca



3. Visión del agua y papel del estado, sociedad civil y ciudadanía

Visión economicista

- Agua = recurso económico
- Rol central del mercado
- Estado = garantizar libre operación mercado
- Sociedad civil = individuos racionales que actúan en el mercado
- Ciudadanía = protección de derecho a la propiedad privada

Visión pluralista

- Agua = bien común
- Papel restringido mercado
- Estado = corregir fallas del mercado y actuar como orientador
- Sociedad civil = acción voluntaria, reciproca, solidaria
- Ciudadanía = protección de derecho a la propiedad privada complementada con derechos sociales

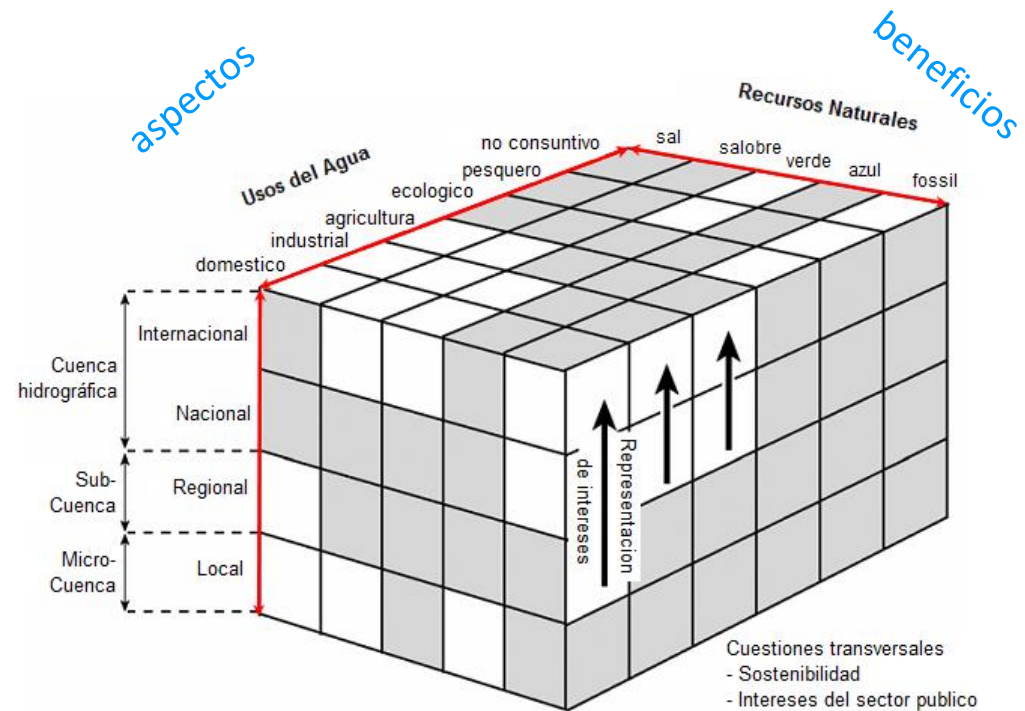
Enfoque ecosistémico para reintegrar la gestión de los recursos hídricos con la salud y el bienestar

>> La **Gestión Integrada de Recursos Hídricos** (GIRH) es un proceso que promueve el desarrollo coordinado y la gestión de **agua**, **suelo** y recursos relacionados para maximizar el resultado económico y el bienestar social de una manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de ecosistemas vitales

(GWP, 2000).



(Dyson et al., 2003).



(Savenije, 2000a; Savenije y Van der Zaag, 2008).

La salud del ecosistema y de los recursos hídricos = La salud del ser humano

Enfoque ecosistémico para reintegrar la gestión de los recursos hídricos con la salud y el bienestar

- >> El *Enfoque Ecosistémico* es una estrategia para la gestión integral del **suelo**, **agua** y **recursos vivos** que promueve la conservación y el uso sostenible en una manera equitativa, colocando a la gente que vive en los ecosistemas y a sus medios de vida en el centro de las decisiones sobre la gestión y la protección (UICN, 2006).



(Dyson et al., 2003).



(Dyson et al., 2003).

- >> El *enfoque ecosistémico* para la **gestión del agua** complementa el pensamiento actual sobre la GIRH, y los dos conjuntos de principios son consistentes entre sí.

(UICN, 2006; Parkes et al., 2008).

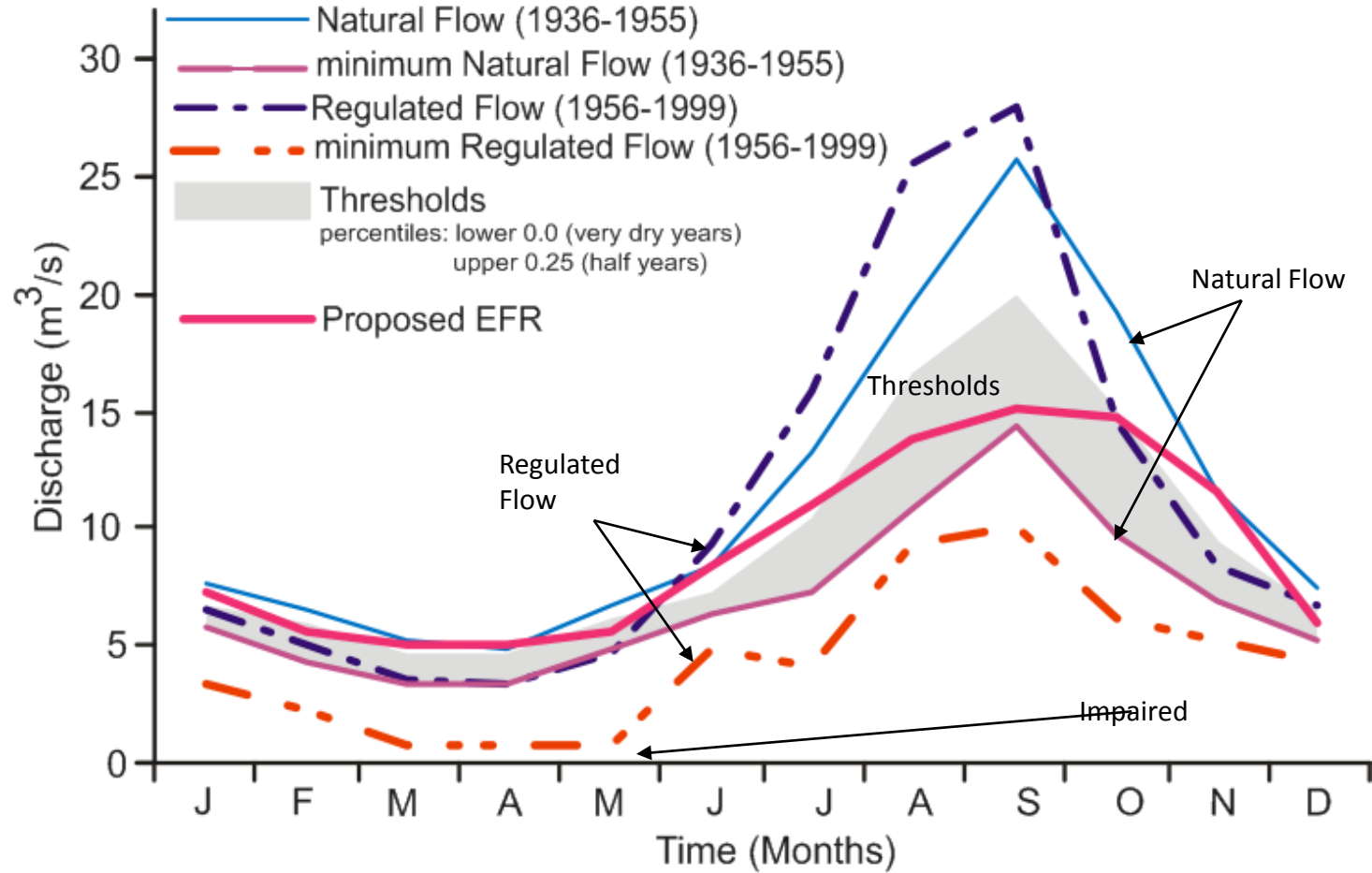
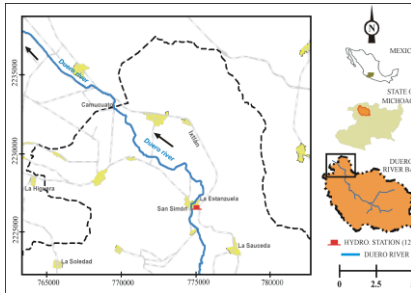
- >> Los principios del *enfoque ecosistémico* tienen el potencial de complementar y enriquecer la práctica de la GIRH, ambos son conceptos holísticos.

(UICN, 2006; Parkes et al., 2008).

- >> El *enfoque ecosistémico* no pretende reemplazar sino complementar y, si es posible, potenciar los ya convencionales

(Kosten y Guerrero, 2005).

Proposed environmental flow regime in the DRB.



Threatened	Threatened	Moderately Tolerant	Tolerant	Tolerant
<i>A. robustus</i>	<i>A. sallaei</i>	<i>A. tincella</i>	<i>G. atripinnis</i>	<i>C. jordani</i>

Gobernanza del agua

D1: Se refiere al rango de sistemas políticos, sociales, económicos y administrativos que se usan para desarrollar y gestionar los recursos hídricos y proveer los servicios de agua a diferentes niveles de la sociedad (GWP, 2002)

D2: La forma y mecanismos mediante los cuales los actores interesados (stakeholders) toman decisiones en relación con la provisión de servicios agua y saneamiento. Sistema con el que se “gobierna” el agua y saneamiento por parte de los actores.

No existe consenso sobre estas definiciones

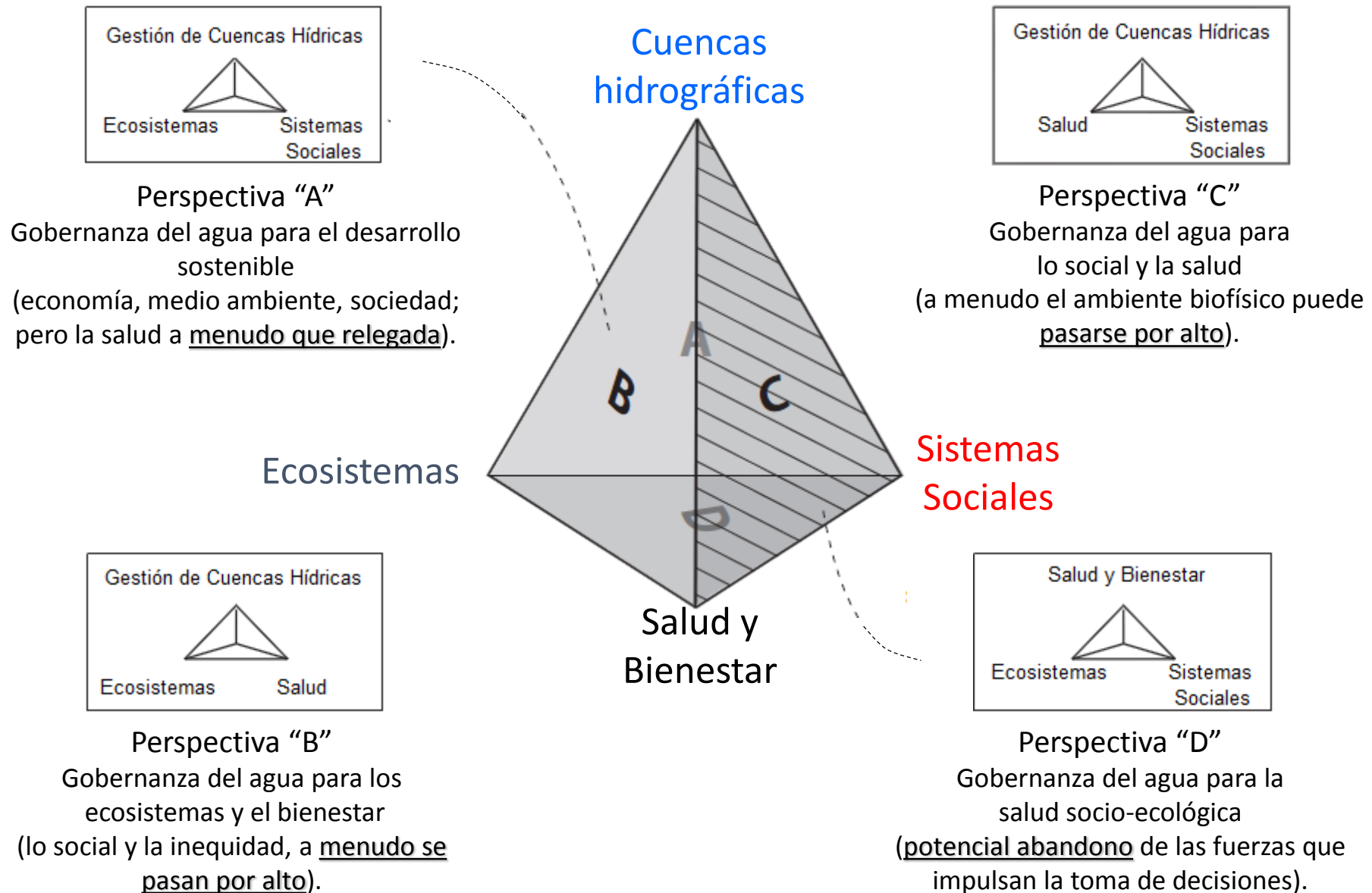
Contexto global para el surgimiento del concepto de gobernanza del agua

- Empeoramiento de la situación ambiental global, incluyendo el agua
- Conflictos por el acceso inequitativo al agua para los usos humanos esenciales
- Ineficacia, ineffectividad e ineficiencia características de la gestión del agua en muchas regiones del mundo
- Lanzamiento de diversas iniciativas de política a nivel internacional

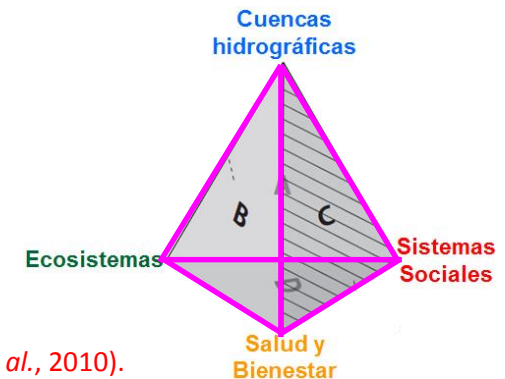
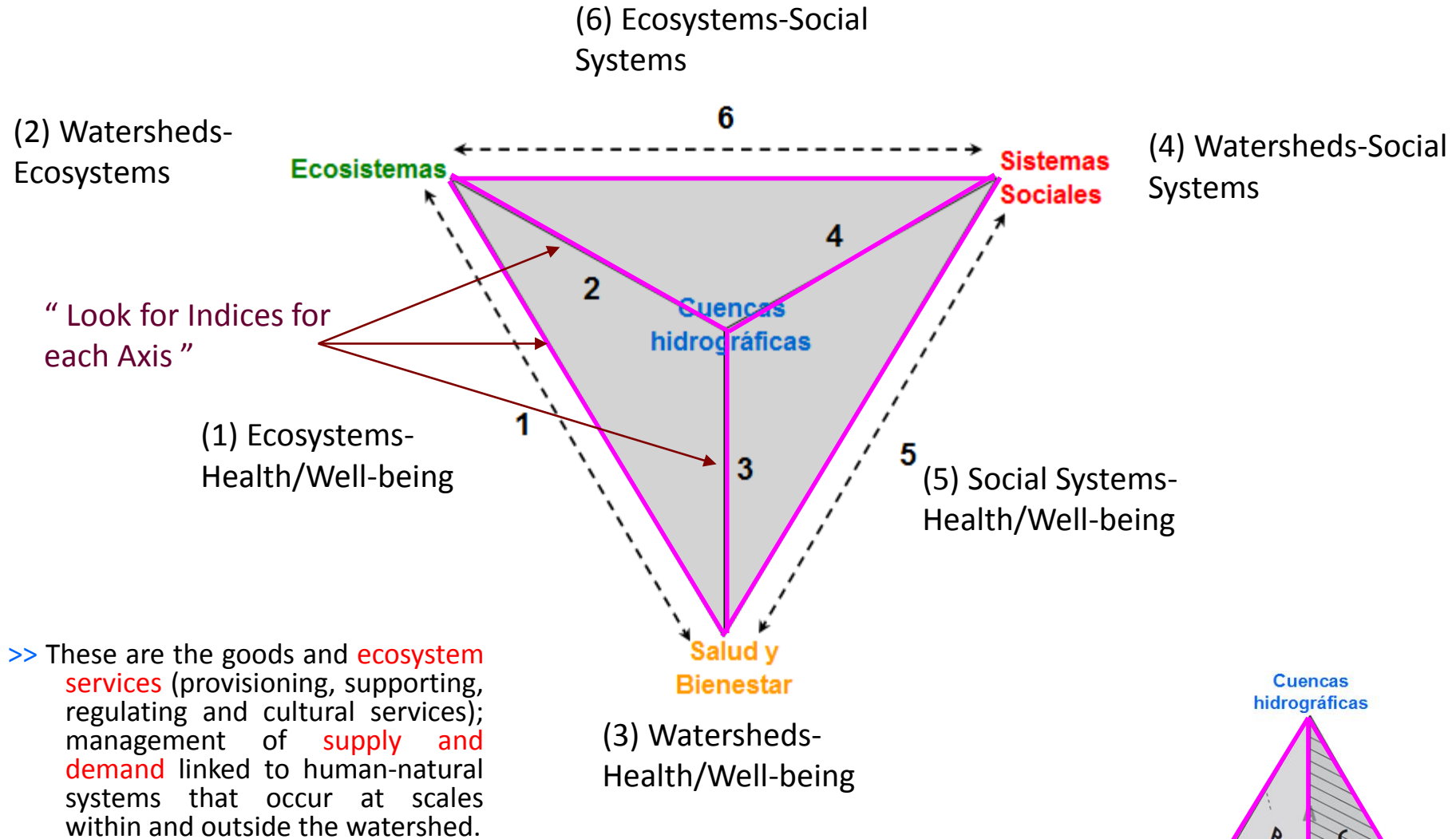
Década de los 70s

Se entendió que la crisis del agua va más allá de lo técnico: crisis de gobernanza

Perspectivas del Prisma de la Gobernanza en cuencas hidrográficas.



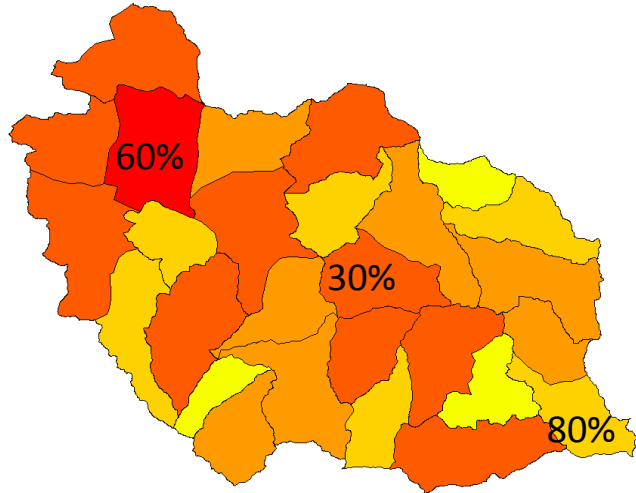
Concept: The watershed governance prism



(Parkes et al., 2010).

Final Product

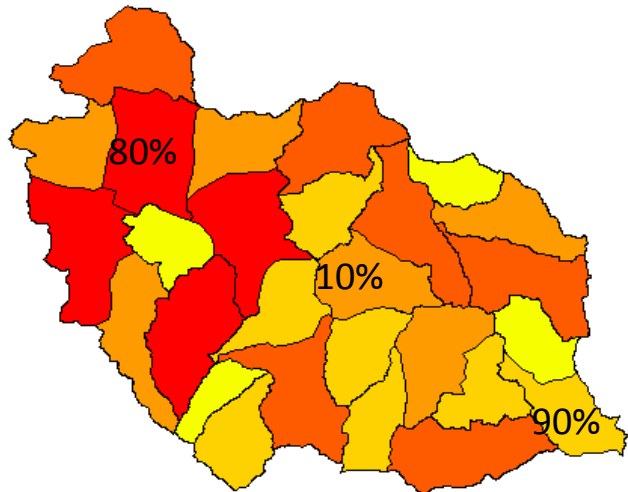
The following guidelines are a recommendation score for the decision maker:



“Baseline Scenario”

Vs.

“Future water demands”



- 90-100 : Excellent (small improvements are needed)
- 80-89 : Acceptable (recommends improvements)
- 70-79 : Marginal (significant improvements are needed in many areas)
- 60-69 : Inadequate (many areas of improvement are needed)
- 59 : Lower (is an unacceptable situation)

(Shelton, 2010).

Cuadro 8 Servicios ecosistémicos y bienestar humano



COLOR DE LAS FLECHAS

Potencial para que medienfactores socioeconómicos

- Bajo
- Medio
- Alto

GROSOR DE LAS FLECHAS

Intensidad de las conexiones entre servicios de los ecosistemas y bienestar humano

- Bajo
- Medio
- Alto



**GRACIAS POR SU
ATENCIÓN**

OSCAR ESCOLERO
escolero@geologia.unam.mx

