



Interacciones entre el manejo forestal y los servicios ecosistémicos

Gustavo Perez Verdin
Profesor Investigador
Instituto Politécnico Nacional
CIIDIR Dgo

Contenido

- ❑ Manejo forestal tradicional
- ❑ Interacciones entre SE
- ❑ Parcelas experimentales y SE evaluados
 - ❑ Participación de productores
- ❑ Resultados – Diseño de escenarios preferidos
- ❑ Conclusiones

Manejo Forestal Tradicional

- Manejo con un solo objetivo (recurso)

Tratamientos: selección, aclareos

- Producción de madera: Principal Fuente de ingresos

- Manejo de multirecursos

Producción de madera sigue siendo la base de planeación



Near El Salto, P.N. Dgo. Courtesy: Juan Manuel Cassian

Manejo forestal uni vs. multi-objetivo

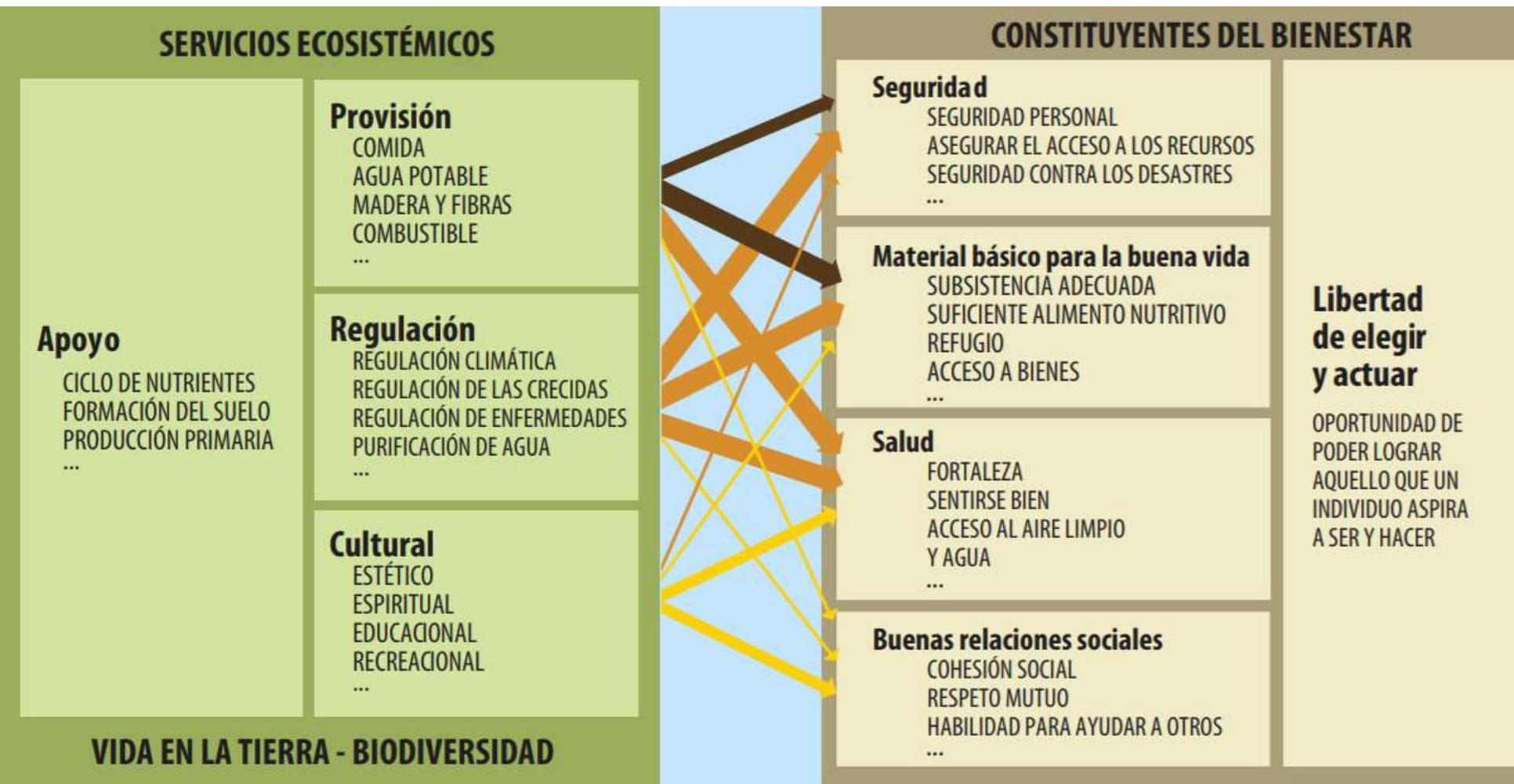
Manejo uni-objetivo

- Solo se considera un solo recurso
- Enfoque tradicional, basado en la Economía neo-clásica
- Por lo general, se beneficia un solo sector de la sociedad
- Sustentabilidad débil, y su meta principal:
 - Maximizar ingresos económicos
- El proceso de planeación es mas simple

Multi-objetivo

- 2+ recursos
- Moderno, holístico; considera la complejidad de los ecosistemas
- Se benefician mas sectores de la sociedad
- Sustentabilidad fuerte:
 - busca la complementariedad (mas que la sustitución)
- El proceso de planeación es mas **complejo**

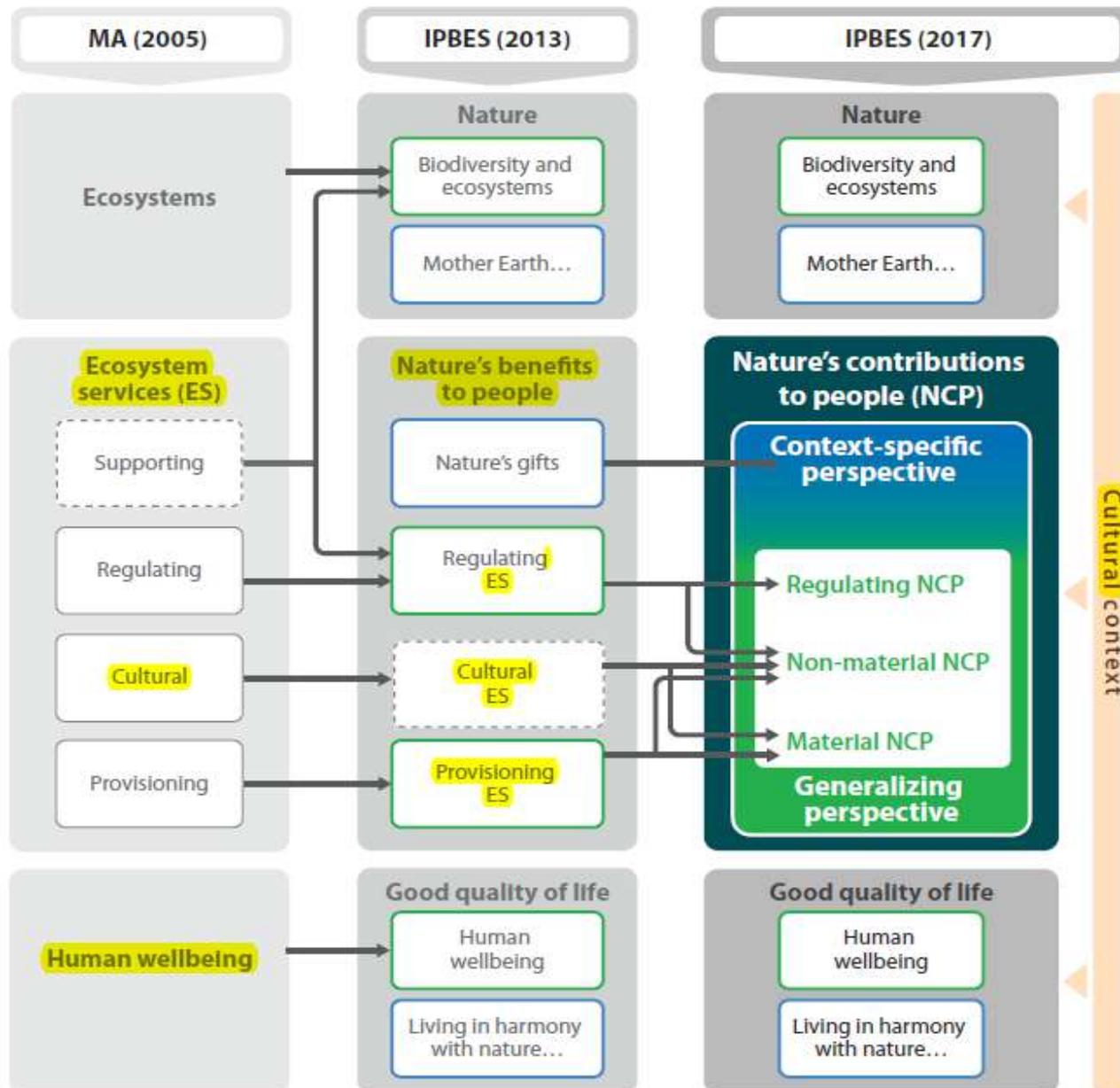
La propuesta de Millenium Ecosystem Assessment (MEA)



*1,360 expertos de 95 países

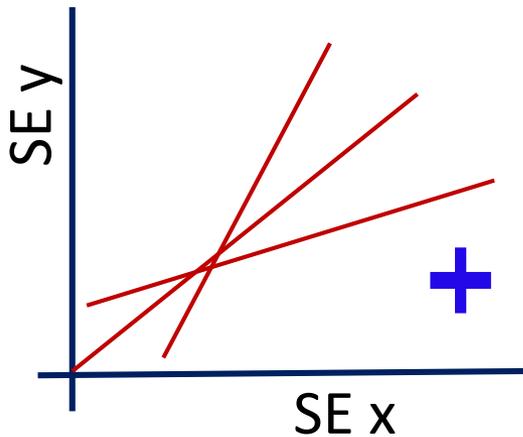
(MEA, 2005)

La propuesta de IPBES



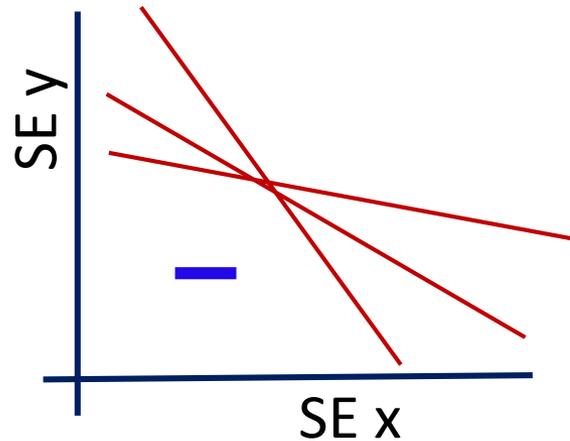
Tipo de interacciones entre los SE

Sinergia



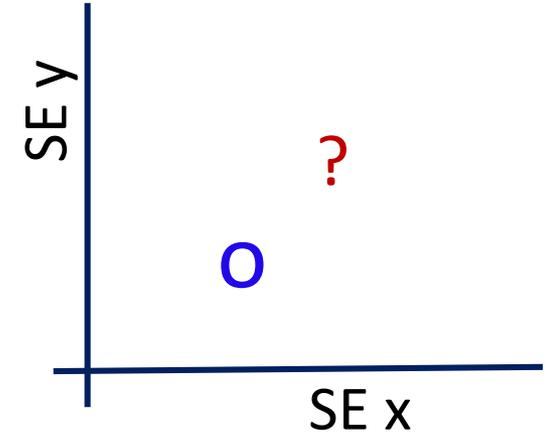
Regulación y Culturales
Entre SE provisión (biomass y CO2)

Compensación



Regulación y Provisión
Escurrimiento superficial y madera

Nulidad



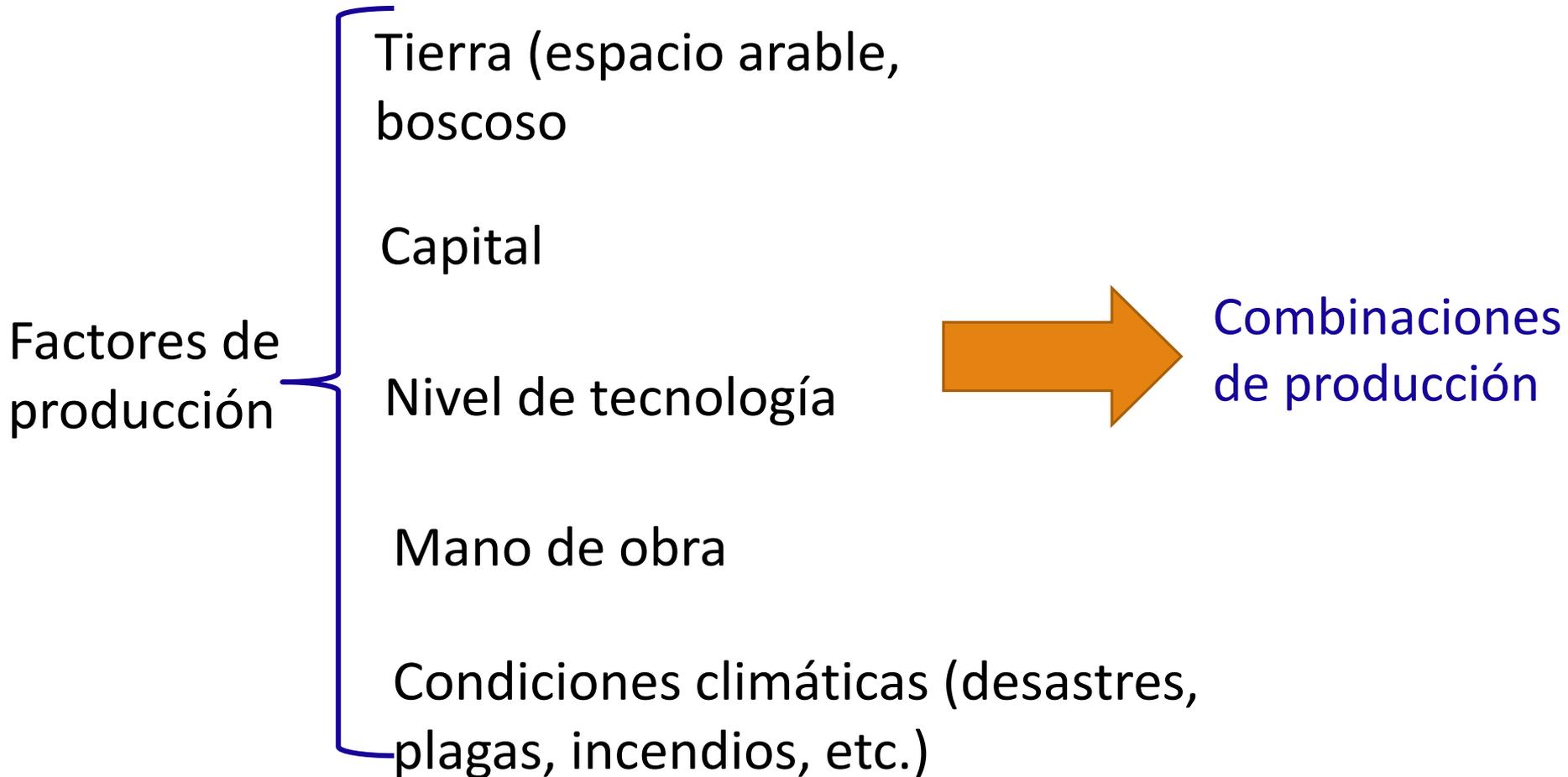
Diversidad y
escurrimiento superficial

Interacciones entre algunos SE*

SE1	SE2	Relación	Nivel de acuerdo
Plantas silvestres, algas y sus productos	Uso experiencial y aprendizaje de plantas y animales	NO EFECTO	0.6
Uso de agua para consumo	Uso experiencial y aprendizaje de plantas y animales	NO EFECTO	1
Bioenergía	Uso experiencial y aprendizaje de plantas y animales	SINERGIA	1
Uso de agua para consumo	Uso científico de ecosistemas	NO EFECTO	0.75
Regulación clima mundial	Usos religiosos y culturales	SINERGIA	0.67
Regulación clima mundial	Fibras, madera	COMPENSACION	0.7
Polinización y dispersión de semillas	Fibras, madera	COMPENSACION	0.6
Secuestro, almacenamiento y acumulación por los ecosistemas	Regulación clima mundial	SINERGIA	0.75
Control erosión del suelo y estabilización de masas	Regulación clima mundial	SINERGIA	0.6
Regulación clima mundial	Protección contra inundaciones	SINERGIA	0.71
Formación suelo y composición química	Protección contra inundaciones	NO EFECTO	0.67

*Lee & Lautenbach (2016). Material suplementario

Restricciones en el manejo de SE

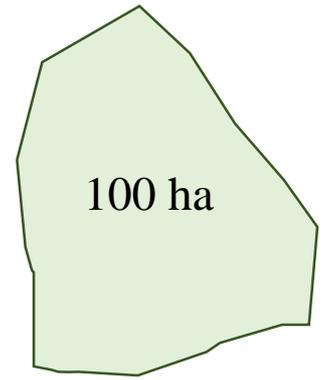
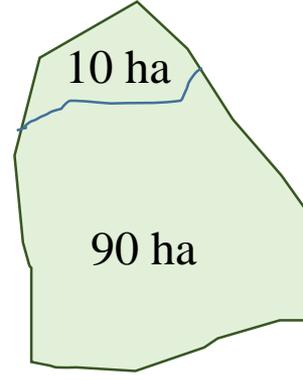
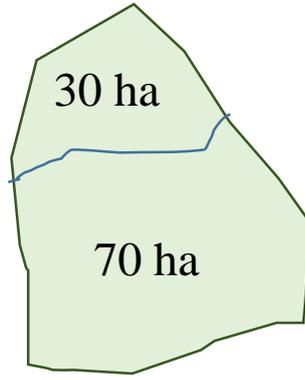
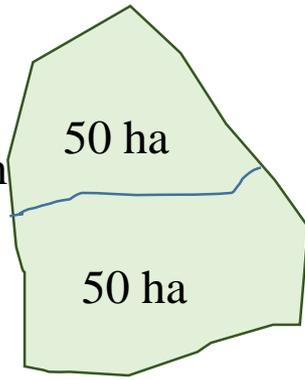


Relación entre **DOS** objetivos

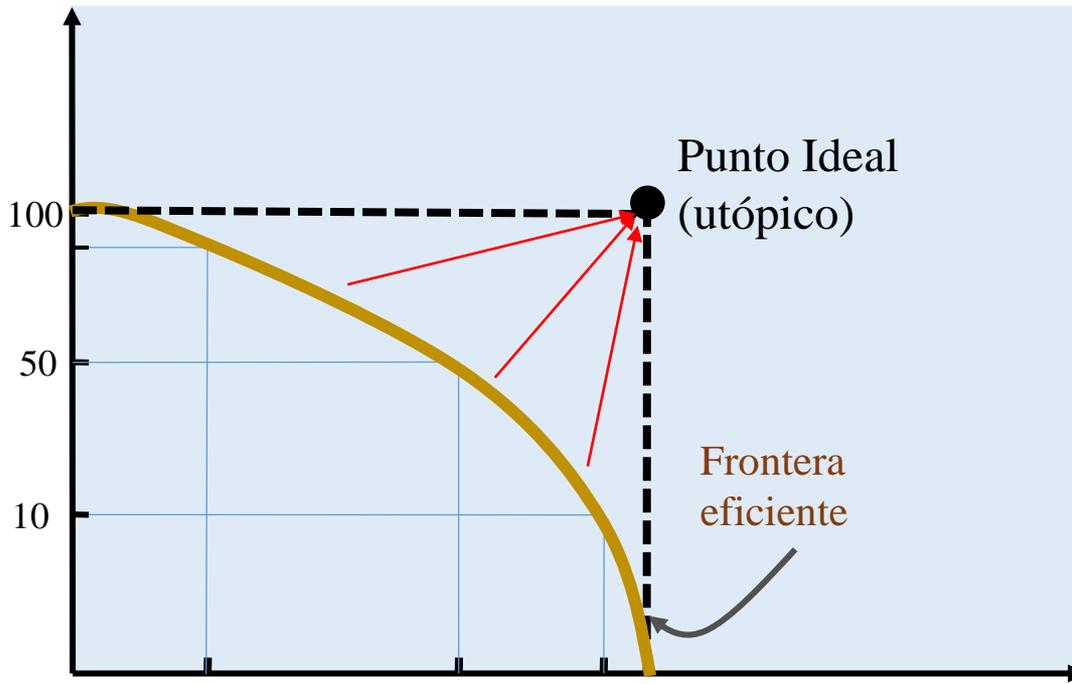
Área: 100 ha

Pastizal
(alimentación
ganado)

Madera

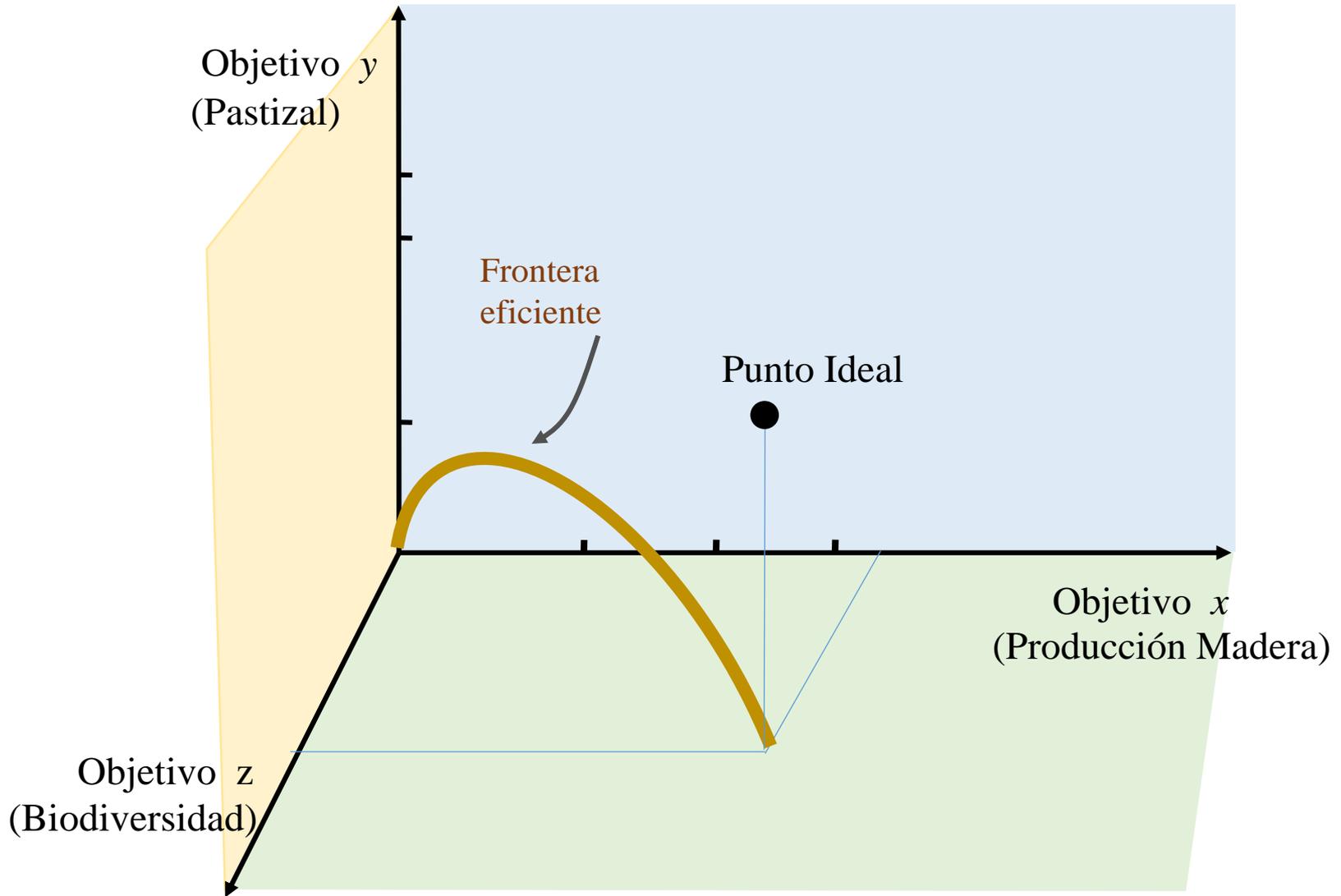


Objetivo y
(Pastizal)

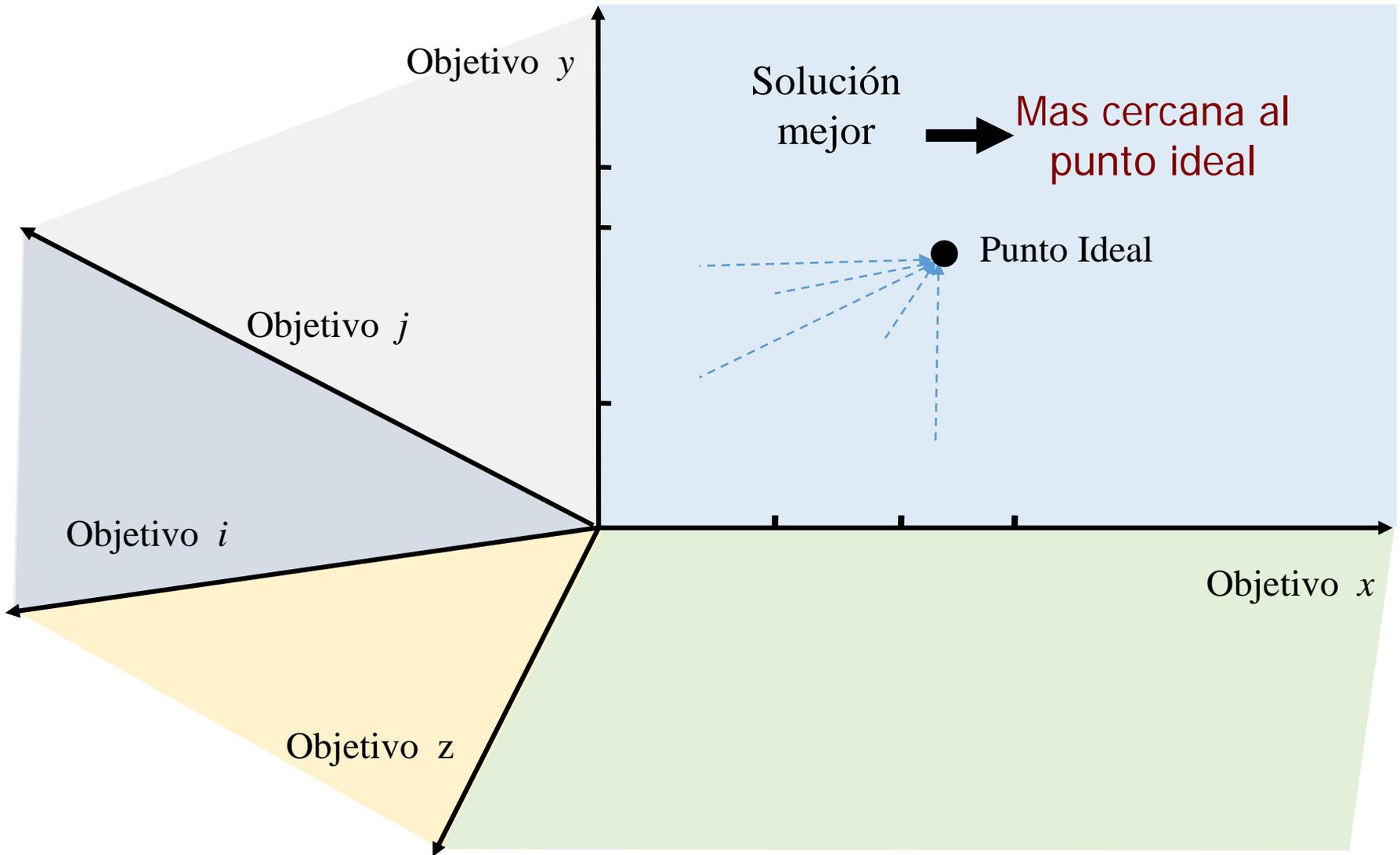


Objetivo x (Producción Madera)

Relación entre **TRES** objetivos



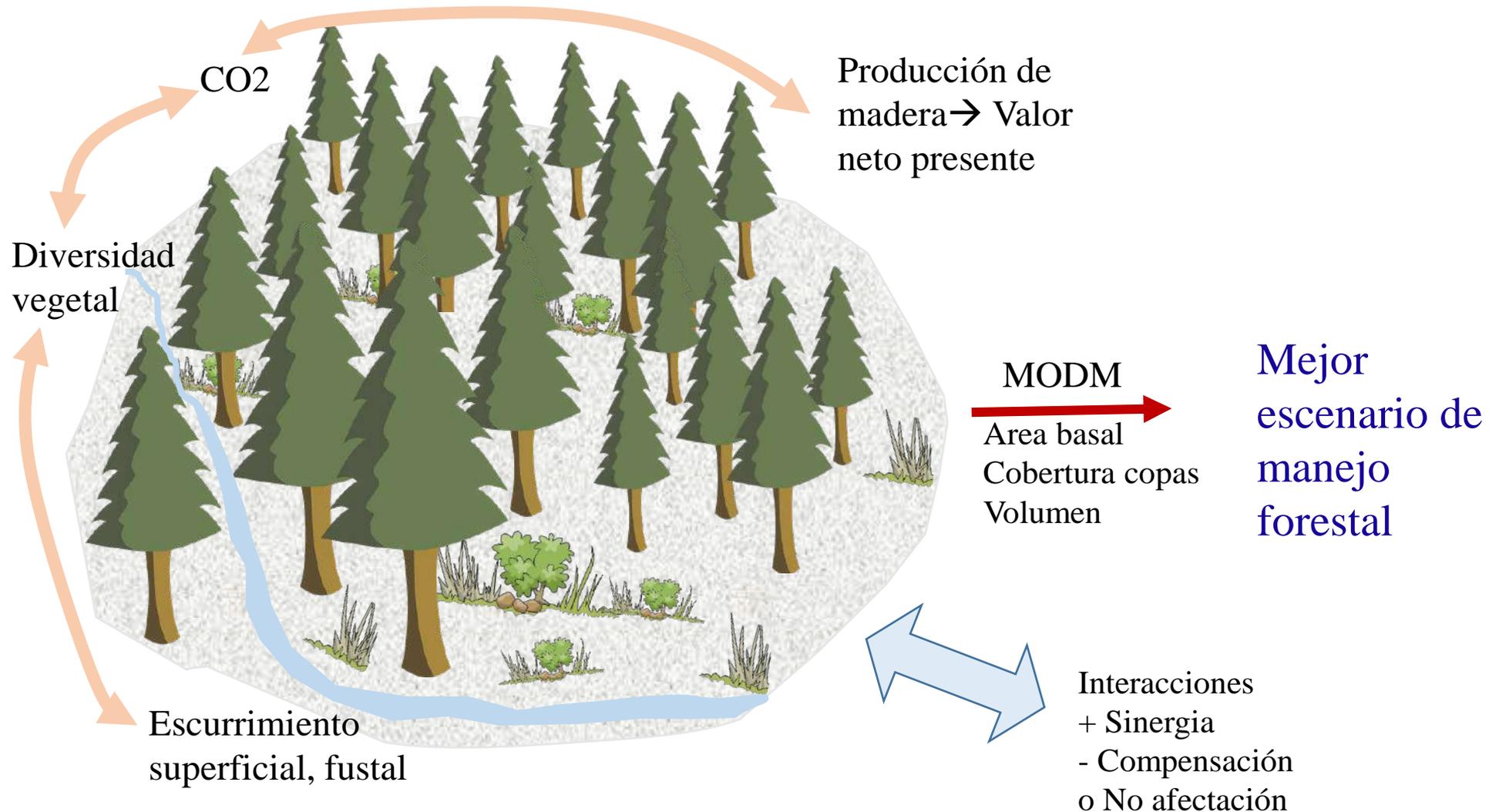
Relación entre **TRES** o más objetivos



Programación por Compromisos

- Es una técnica multi-objetivo para la toma de decisiones basada en el calculo de distancias a un punto ideal
- No necesariamente busca soluciones optimas
 - Se respetan los factores de la producción (tierra, capital, mano de obra, tecnología, etc.)
- Permite integrar las opiniones de grupos interesados
- Permite hacer análisis de sensibilidad

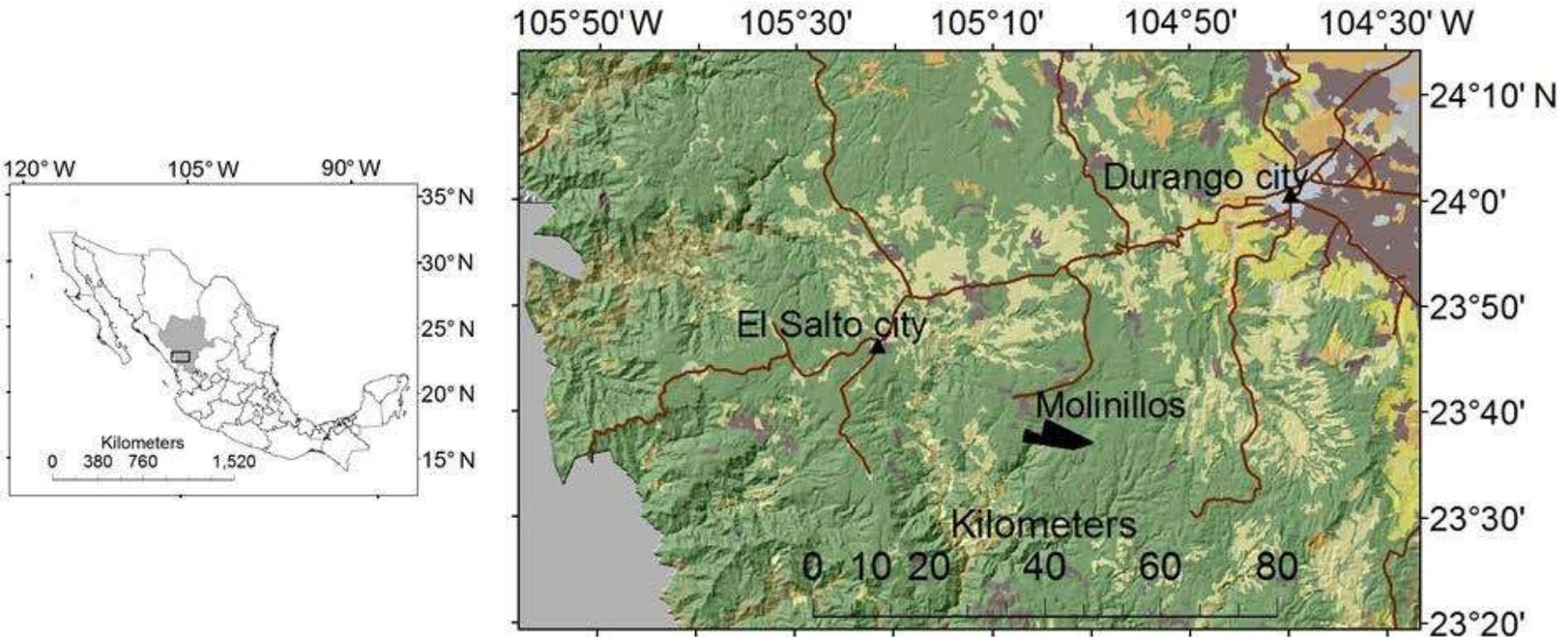
Objetivos de este trabajo





Area de estudio, tratamientos

- 4 Tratamientos silvícolas: Ligero, intensivo(2) y de control
- 4 Replicaciones
- 16 1000-m² parcelas circulares*
- 3 Años de colecta de datos



* A la fecha ya existen 100+ parcelas: Santiago Papasquiario, Topia, San Isidro, Centenario, Joyanca

Agradecimientos

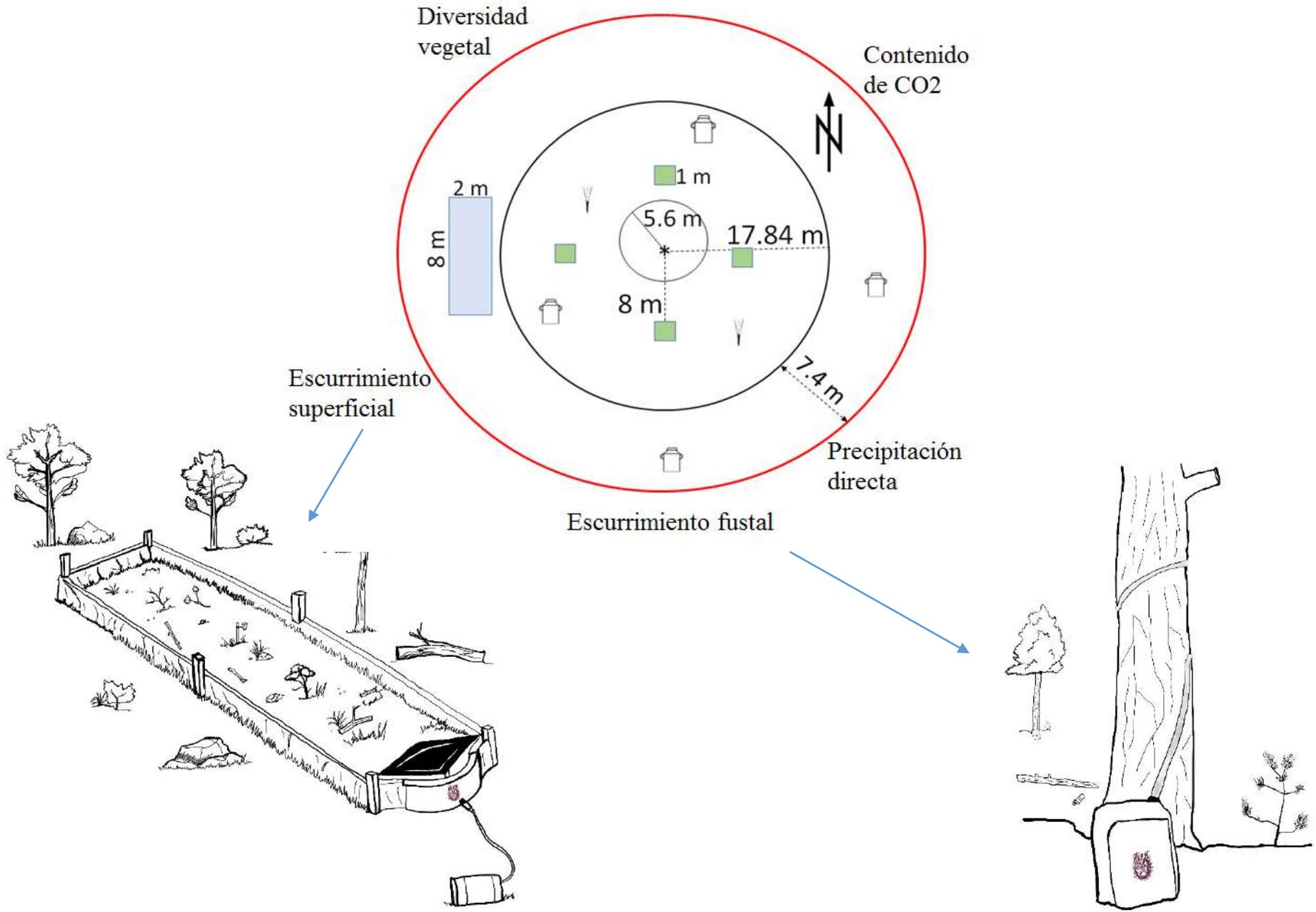
Propietarios y Tecnicos del Rancho Molinillos



Productores, investigadores y técnicos forestales

- Productores de la Region de Santiago Papasquiaro, Centenario, San Isidro, La Joyanca
- Ings. Fernando Salazar Jimenez, Roberto Trujillo, Marco A. Barbosa
- Drs. Carlos Monarrez, Christian Wehenkel, Francisco Cruz.
- IPN, COCYTED, CONAFOR

Parcelas experimentales





Medición de la
condición original:
diámetro, altura, área
basal, cobertura de copas,
etc.

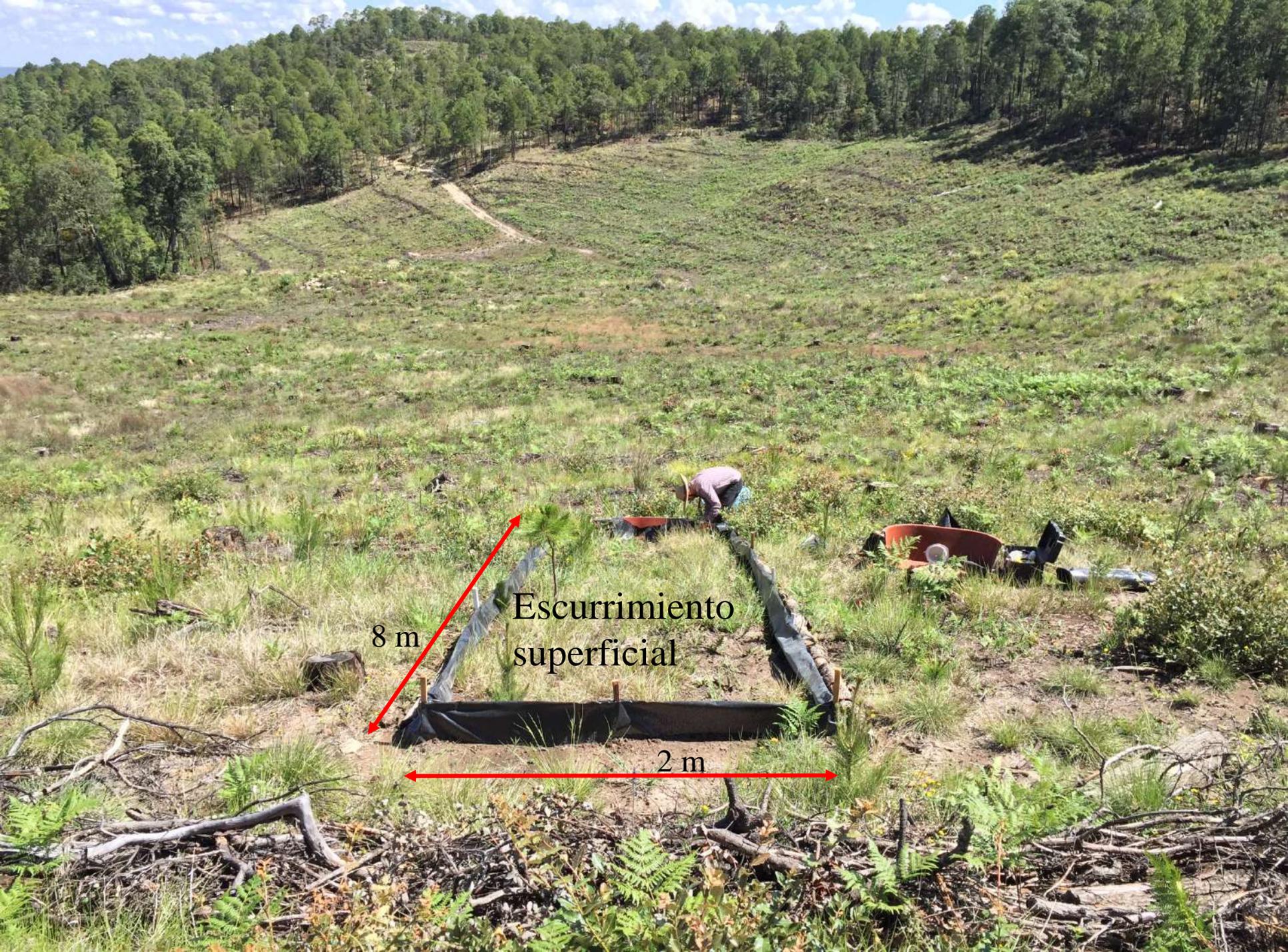
Aplicación de
tratamientos
silvícolas



Flujos del agua en los bosques







8 m

Escurrimiento
superficial

2 m

Medición del escurrimiento fustal y precipitación directa



Análisis, procesamiento de datos

Construcción de funciones de respuesta

Objetivos

Diversidad vegetal (TD)
Contenido de Carbono (CO₂)
Escurrimiento superficial
(SWR)
Valor neto presente (NPV)

= *f*

Variables de decisión

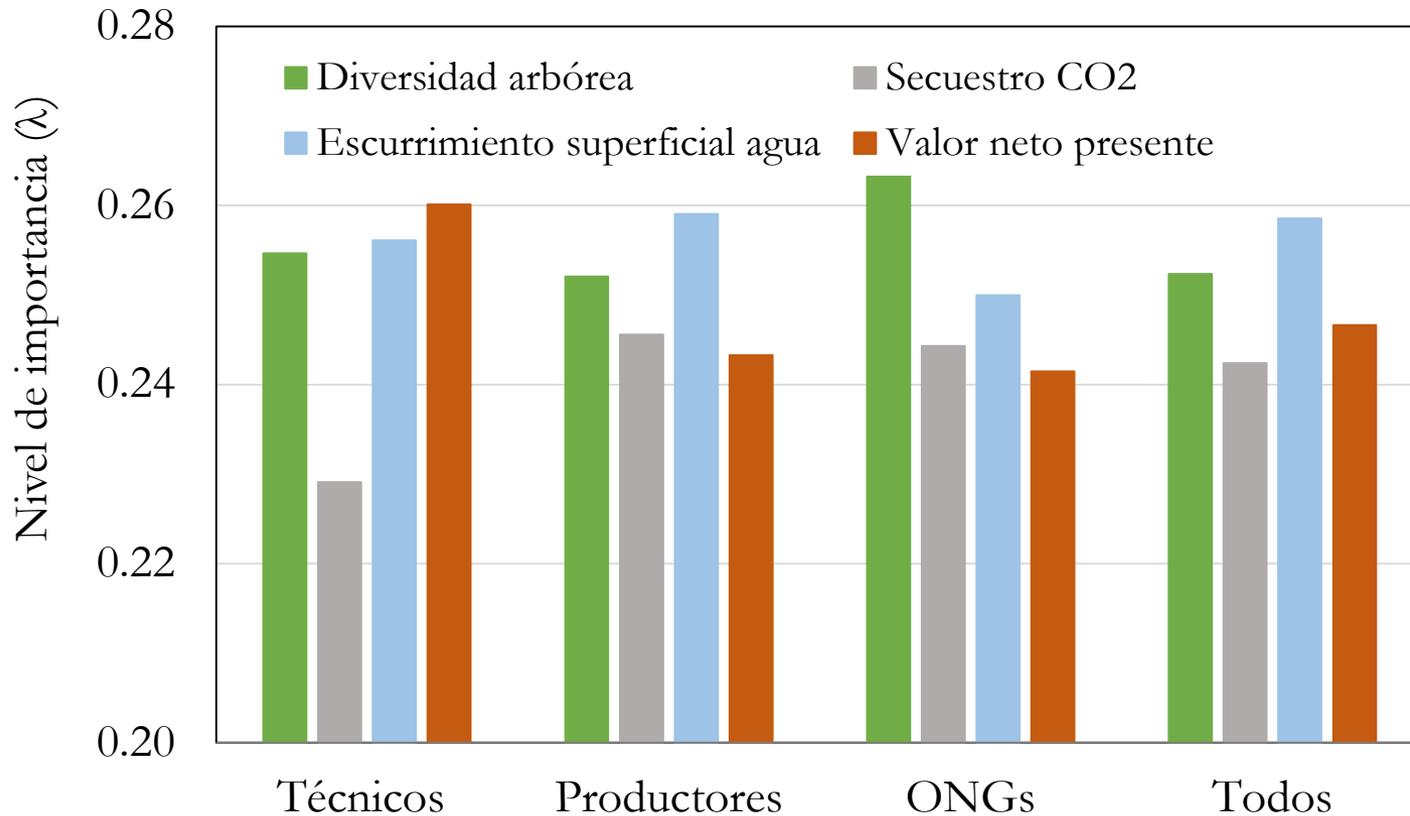
Area basal (ba)*
Diámetro cuadrático
medio (qmd)
Cobertura de copas
(%)

Los Coeficientes de correlación evaluaron las relaciones de sinergia, compensación y nulificación

* Mejores resultados (Teclé, 1998)

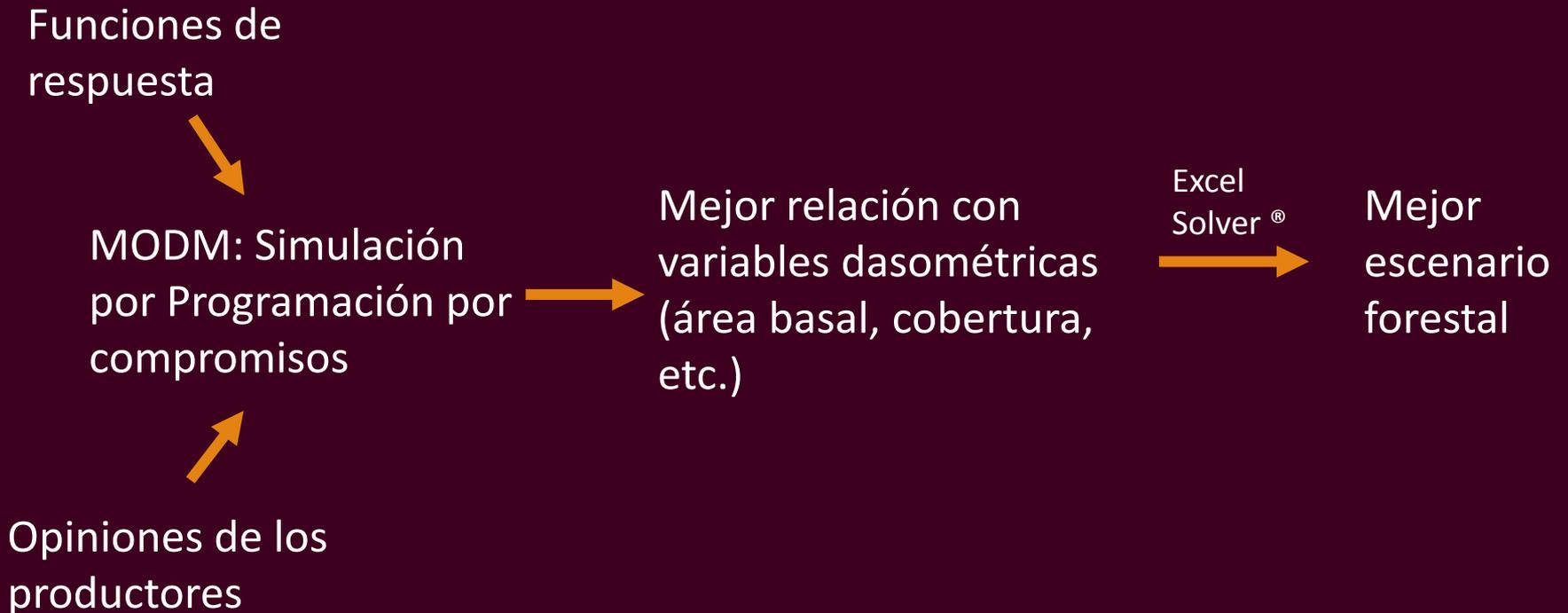


Nivel de importancia de los servicios ecosistémicos de los sectores forestales



Análisis, procesamiento de datos

Simulación de escenarios



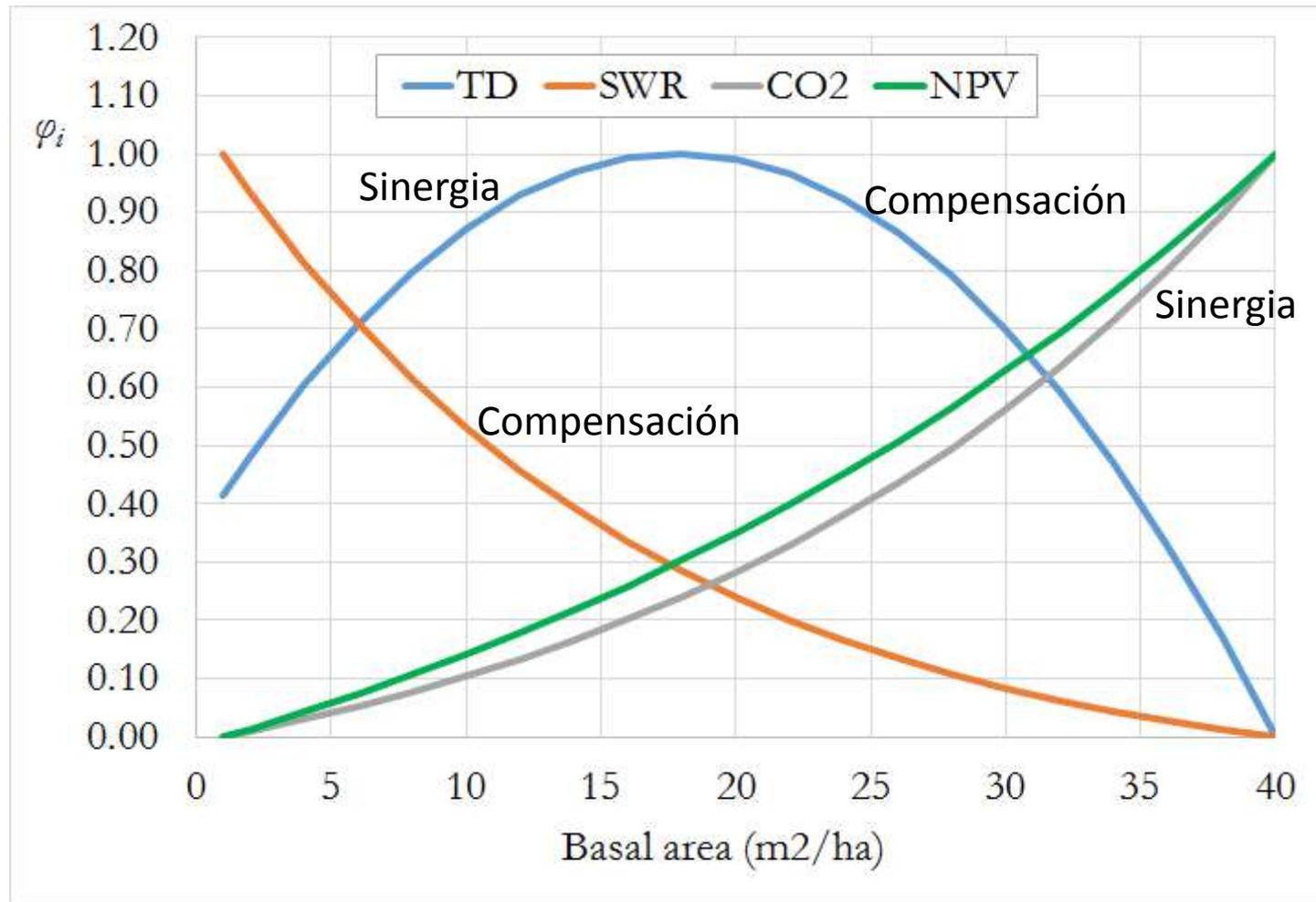
Resultados

Funciones de respuesta para cada objetivo

Objective	Model*	Model Sig.	Adj. r ²	Coefficients (Std. error)	Coef. Sig.
Diversidad arborea (Shannon Index)	$f_{TD} = b_0 + b_1AB + b_2AB^2 + \varepsilon$ (Tobit Model)	<0.001	0.48	$b_0=0.339$ (0.179)	0.07
				$b_1=0.154$ (0.026)	<0.01
				$b_2=-0.0043$ (0.0008)	<0.01
Ecurrimiento superficial (L/ha)	$f_{SWR} = b_0 \exp(b_1 * AB) + \varepsilon$	<0.01	0.57	$b_1=-0.062$ (0.013)	<0.01
				$b_0=6130$ (688.7)	<0.01
Contenido CO2 (ton/ha)	$f_{CO_2} = b_0 \exp(b_1 * AB) + \varepsilon$	<0.01	0.94	$b_1=0.045$ (0.005)	<0.01
				$b_0=58.91$ (7.41)	<0.01
Valor neto presente (\$/ha)	$f_{NPV} = b_0 \exp(b_1 * AB) + \varepsilon$	<0.01	0.84	$b_0=25630$ (6615)	0.003
				$b_1=0.029$ (0.012)	0.036

→ Inconmensurabilidad: Normalización de unidades de medida

Tipo de relación entre los servicios ecosistémicos



$$\text{Normalized coefficient} = \varphi_i = \frac{\text{max} - \text{observed}}{\text{max} - \text{min}}$$

Simulación con distintos niveles de área basal

Solver Parameters

Set Target Cell: 

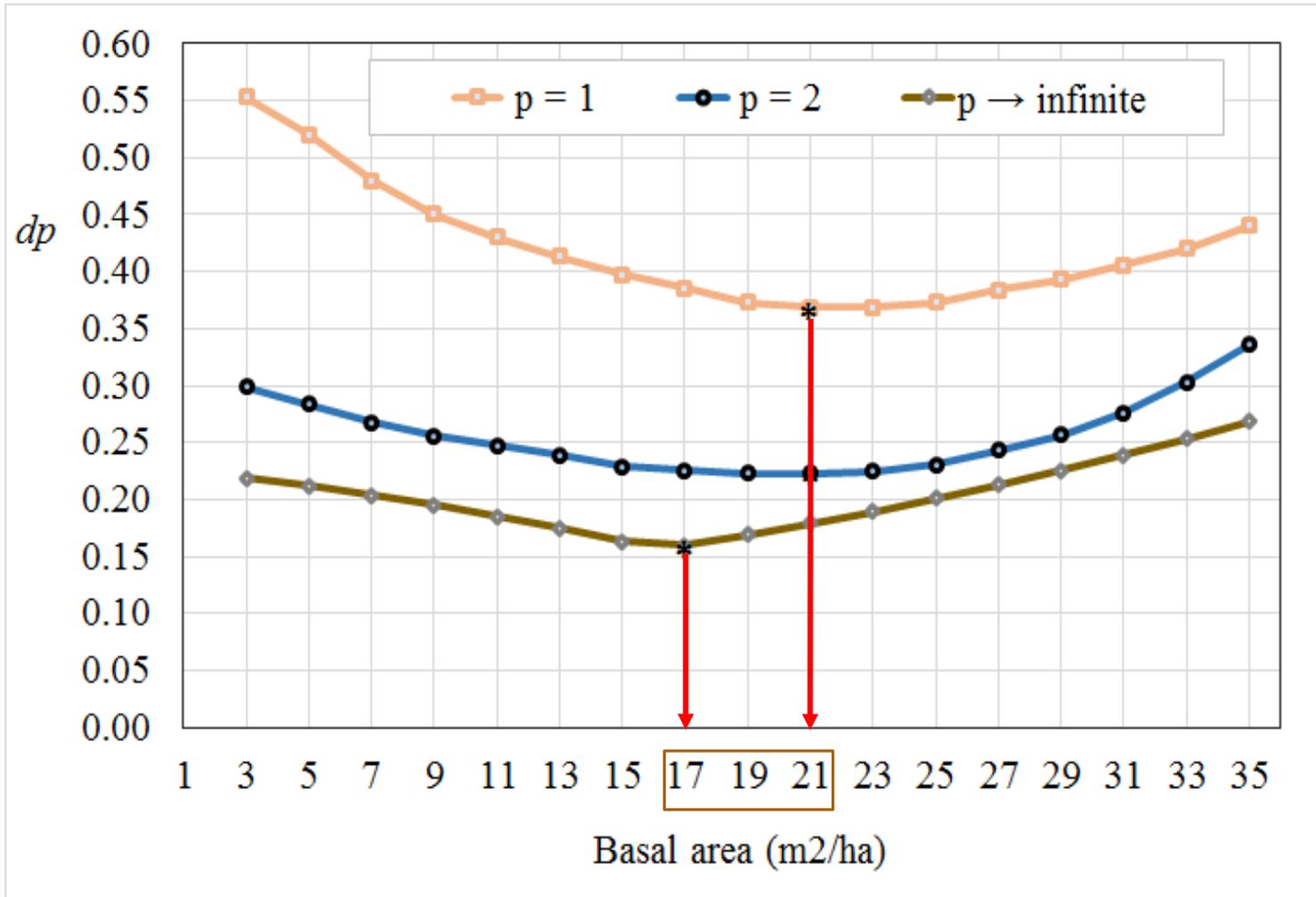
Equal To: Max Min Value of:

By Changing Cells: 

Subject to the Constraints:

\$C\$23 >= \$D\$23	<input type="button" value="Add"/>
\$C\$24 <= \$D\$24	<input type="button" value="Change"/>
\$C\$25 >= \$D\$25	<input type="button" value="Delete"/>
\$C\$26 <= \$D\$26	
\$C\$27 >= \$D\$27	
\$C\$28 <= \$D\$28	

Resultados de la técnica de Programación por Compromisos



La importancia de la opinion de los productores...

Combination	Importance of Management Objectives (λ)				Basal Area (m ² /ha)
	TD	CO ₂	SWR	NPV	
Original	0.25	0.24	0.26	0.25	20.3
1	 0.40	0.20	0.20	0.20	19.2
2	0.20	 0.40	0.20	0.20	28.3
3	0.20	0.20	 0.40	0.20	21.1
4	0.20	0.20	0.20	 0.40	8.8

TD: Diversidad arborea; CO₂: Almacenamiento de carbono; SWR: Escurrimiento superficial del agua; NPV: Valor neto presente (madera)

Conclusiones

- El conocimiento de la relación entre los servicios ecosistémicos ayuda a entender mejor los complejos procesos que ocurren en la naturaleza.
 - El manejo tradicional, uni-objetivo (producción de madera) debe considerar los efectos en otros recursos (→ manejo multi-objetivo)
 - Algunas relaciones de compensación (ej. escurrimiento superficial vs. Área basal) pueden reducirse si existe información específica de sus límites y capacidades.
- Existe una relación de compensación entre el escurrimiento superficial y el área basal y una relación de sinergia entre el valor neto presente y contenido de carbono ante cambios en el área basal.
- Las herramientas de planeación multiobjetivo permiten integrar (realmente) las opiniones de los productores en la toma de decisiones

Conclusiones...

- Los resultados de la simulación con la técnica de Programación por Compromisos indican que el mejor escenario forestal para manejar simultáneamente cuatro objetivos (servicios ecosistémicos) varía entre 17 y 21 m²/ha de área basal.