



# Sistemas silvopastoriles

**Carlos González Esquivel**  
**Laboratorio de Agroecología**  
**IIES-UNAM**



# 1. Cercos vivos y barreras rompevientos



## 2. Bancos forrajeros



# 3. Regeneración natural en potreros, podas selectivas



## 4. Arboles y arbustos en franjas a alta densidad (SSP intensivos)



Photo - Bruce Cook  
© DPI & F





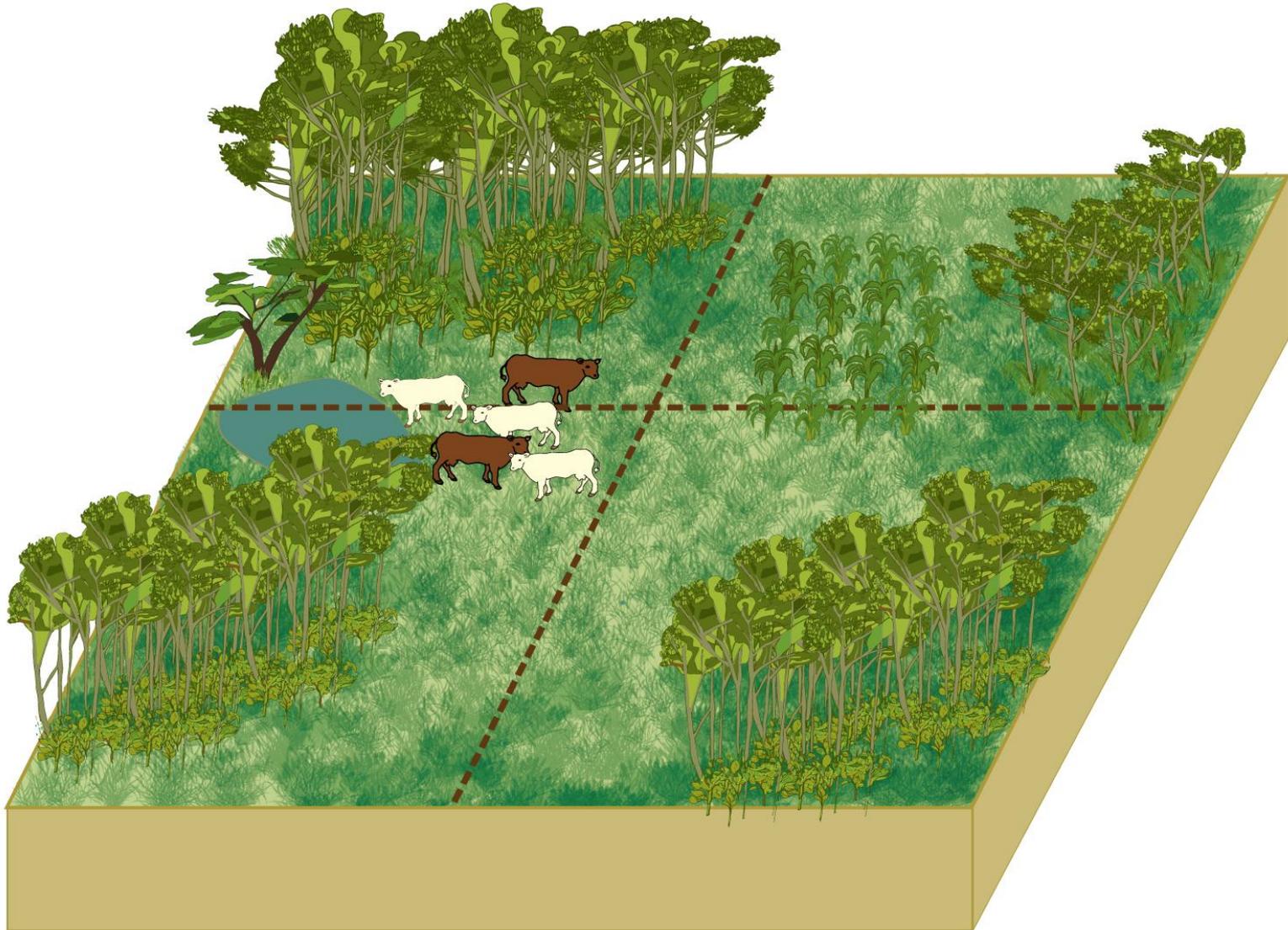


# 5. Frutales, maderables, medicinales, apicultura, etc.

---



# 6. Sistemas agrosilvopastoriles





# 7. Pastoreo en bosques o matorrales





# Beneficios de los sistemas silvopastoriles

- Forraje de alta calidad
- Fijación de nitrógeno
- Mejoramiento del suelo
- Control de erosión, mantenimiento de la humedad
- Sombra, postes, otros usos de árboles
- Mejor control de parásitos, mejor calidad de canal (Murgueitio 2011)

# **Evaluación de la sustentabilidad del Rancho Universitario (RU) de la Unidad Académica Profesional Temascaltepec de la UAEM (1800 msnm, subtrópico semiárido)**

Se encontró al Rancho en un avanzado grado de deterioro de los recursos naturales y carente de información sistematizada sobre su manejo.

Se establecieron técnicas agropecuarias alternativas para ser comparadas con las prácticas convencionales, que incluyeron:

- Evaluación comparativa de parcelas para producción de forrajes en monocultivo y asociación
- Islas de árboles multipropósito
- Lotes de contención de erosión con técnicas vegetativas. Las prácticas fueron monitoreadas durante tres años.

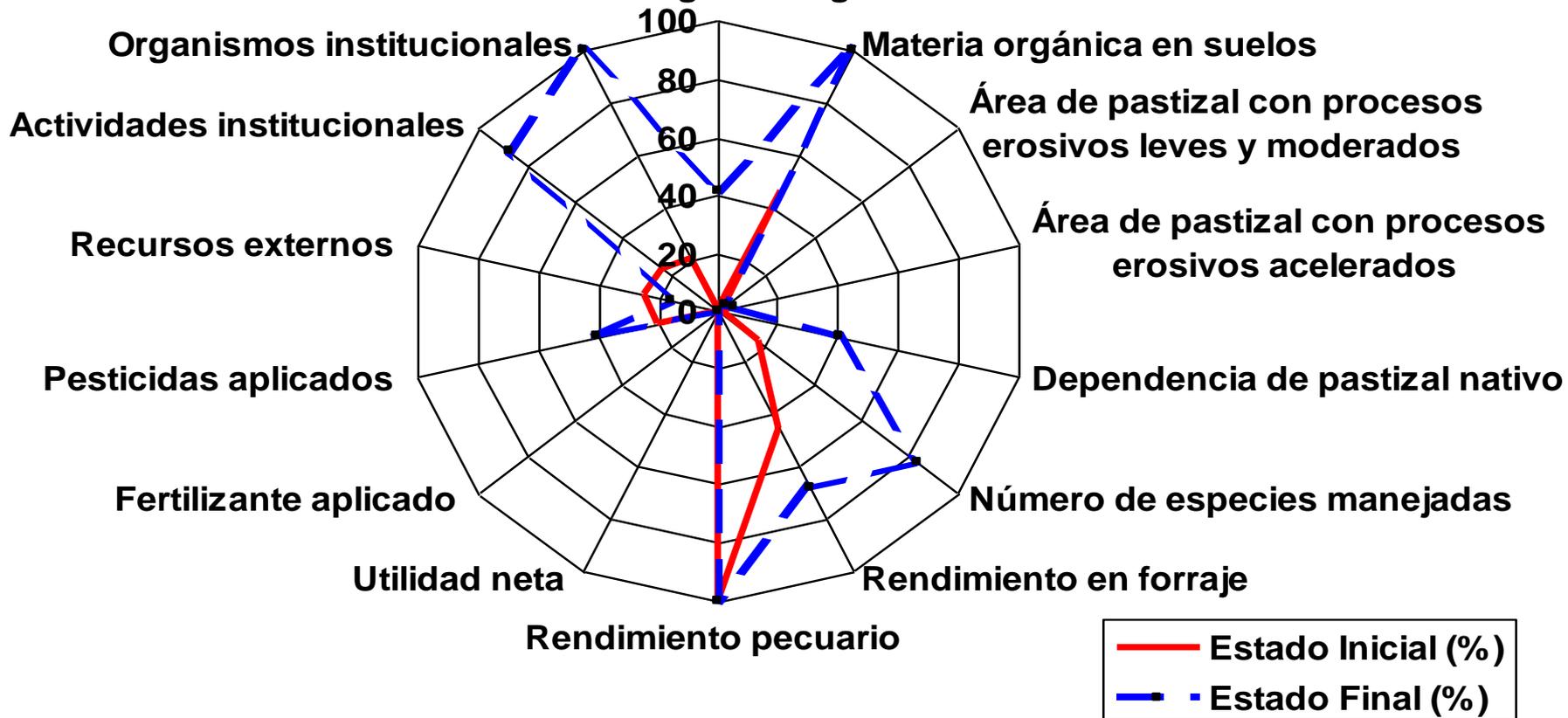






| <b>Indicador</b>   | <b>Estado Inicial</b> | <b>Estado Final</b> | <b>Valor Óptimo</b> |
|--|-----------------------|---------------------|---------------------|
| Área agrícola y de pastizal con técnicas agroecológicas (%)  | 1                     | 41                  | 100                 |
| Materia orgánica en suelos (%)   | 1.6                   | 3.6                 | 3.5                 |
| Área de pastizal con procesos erosivos leves y moderados (%)   | 38.8                  | 38.8                | 1                   |
| Área de pastizal con procesos erosivos acelerados (%)  | 19                    | 19                  | 1                   |
| Dependencia de pastizal nativo (%)   | 55.5                  | 2.5                 | 1                   |
| Número de especies manejadas   | 5                     | 25                  | 30                  |
| Rendimiento en forraje (ton/ha)  | 2.7                   | 4.1                 | 6                   |
| Rendimiento pecuario (cabezas/año)   | 132                   | 132                 | 119                 |
| Utilidad neta (\$/año)   | -127250               | -203992             | 100000              |
| Fertilizante aplicado (kg/ha)  | 450                   | 337.5               | 1                   |
| Pesticidas aplicados (l/ha)  | 5                     | 2.5                 | 1                   |
| Recursos externos (%)  | 40.6                  | 61.0                | 10                  |
| Actividades institucionales en el RU (cursos, tesis, proyectos)  | 7                     | 26                  | 30                  |
| Organismos institucionales dedicados al RU (comisiones, comités, cuerpos académicos, equipos de investigación) | 1                     | 7                   | 5                   |

### Área agrícola y de pastizal con técnicas agroecológicas



COMPOSICIÓN QUÍMICA Y DIGESTIBILIDAD *IN VITRO* DE ARBÓREAS CONSUMIDAS POR CAPRINOS EN LA MIXTECA BAJA OAXAQUEÑA, MÉXICO

L. Arias<sup>a</sup>, R. Soriano<sup>a</sup>, C. E. González<sup>b</sup>, E. Sánchez<sup>b</sup>

| Nombre científico                     | Nombre común        | Época de verano <sup>1</sup> | Época de invierno <sup>2</sup> | Consumo  |
|---------------------------------------|---------------------|------------------------------|--------------------------------|----------|
| <i>Pithecollobium acatlense</i> Benth | Barba de Chivo      | X                            | X                              | Muy alto |
| <i>Acacia cymbispina</i> Sprague      | Cubata              | X                            |                                | Muy alto |
| <i>Prosopis laevigata</i>             | Mezquite            | X                            | X                              | Muy alto |
| <i>Acacia farnesiana</i>              | Huizache            | X                            | X                              | Muy alto |
| <i>Lysiloma divaricatum</i>           | Tlahuitol           | X                            | X                              | Alto     |
| <i>Mimosa sp.</i>                     | Uña de gato         | X                            | X                              | Alto     |
| <i>Mimosa Púdica</i>                  | Vergonzosa          | X                            |                                | Alto     |
| <i>Quercus sp.</i>                    | Encino              | X                            | X                              | Alto     |
| <i>Cassia pringlei</i> Rose           | Rompebotas          | X                            | X                              | Alto     |
| N.I                                   | Caguasanche         | X                            |                                | Bajo     |
| <i>Liquidambar styraciflua.</i>       | Estoraque           | X                            | X                              | Bajo     |
| <i>Bunchosia sp</i>                   | Nanche              | X                            | X                              | Bajo     |
| <i>Arctostaphylos sp.</i>             | Manzanita           | X                            | X                              | Bajo     |
| <i>Mimosa fasciculata</i>             | Palo de Herrero     | X                            | X                              | Bajo     |
| <i>Wigandia caracasana</i>            | San Pablito         | X                            | X                              | Bajo     |
| <i>Prophylium sp.</i>                 | Pápalo de venado    | X                            |                                | Bajo     |
| <i>Hymenqea coubaril</i>              | Silvato             | X                            | X                              | Bajo     |
| <i>Acacia couteri</i> Benth           | Palo Blanco         | X                            |                                | Bajo     |
| <i>Acacia milibekii</i>               | Tehuistle           | X                            | X                              | Bajo     |
| <i>Brickellia veronicaefolis</i>      | Orégano de Campo    | X                            | X                              | Bajo     |
| N.I                                   | Chilaco             | X                            | X                              | Bajo     |
| N:I                                   | Chintoto            | X                            | X                              | Bajo     |
| <i>Colubrina greggii</i>              | Hierba de Guajolote | X                            | X                              | Bajo     |
| <i>Pithecellobium dulce</i>           | Guamúchil           | X                            | X                              | Bajo     |
| <i>Eysenhartia polystachya</i>        | Palo Dulce          | X                            |                                | Bajo     |

# Vainas consumidas

| Nombre científico                     | Nombre común   | Consumo  |
|---------------------------------------|----------------|----------|
| <i>Acacia cymbispina</i> Sprague      | Cubata         | Muy alto |
| <i>Acacia farnesiana</i>              | Huizache       | Muy alto |
| <i>Pithecollobium acatlense</i> Benth | Barba de Chivo | Muy alto |
| <i>Cassia pringlei</i> Rose           | Rompebotas     | Muy alto |
| <i>Mimosa</i> sp.                     | Uña de gato    | Muy alto |
| <i>Mimosa fasciculata</i>             | Palo Herrero   | Muy alto |
| <i>Leucaena esculenta</i>             | Huaje          | Muy alto |
| <i>Pithecellobium dulce</i>           | Guamúchil      | Muy alto |
| <i>Prosopis pubescens</i>             | Mezquite       | Muy alto |

| Nombre Científico                     | MS    | PC    | FDN   | FDA   | LAD   | DIVFDN | MO    |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| <i>Pithecollobium acatlense</i> Benth | 605.1 | 169.1 | 432.8 | 335.5 | 90.7  | 404.0  | 878.1 |
| <i>Acacia cymbispina</i> Sprague      | 494.3 | 172.7 | 486.0 | 285.4 | 138.2 | 551.3  | 883.7 |
| <i>Prosopis laevigata</i>             | 435.9 | 216.6 | 548.6 | 361.5 | 172.9 | 390.2  | 936.6 |
| <i>Acacia farnesiana</i>              | 388.1 | 227.5 | 494.3 | 311.6 | 174.1 | 550.8  | 869.8 |
| <i>Lysiloma divaricatum</i>           | 608.3 | 148.2 | 379.6 | 236.7 | 99.2  | 372.5  | 930.4 |
| <i>Quercus sp.</i>                    | 498.3 | 107.6 | 498.4 | 367.1 | 148.2 | 378.5  | 953.2 |
| <i>Cassia pringlei</i> Rose           | 495.7 | 150.6 | 466.0 | 260.4 | 90.3  | 626.2  | 904.0 |
| <i>Mimosa sp.</i>                     | 408.6 | 243.8 | 406.9 | 228.5 | 65.1  | 578.1  | 920.1 |
| <i>Mimosa fasciculata</i>             | 545.4 | 167.5 | 536.9 | 431.9 | 226.1 | 478.6  | 941.7 |
| <i>Acacia couteri</i> Benth           | 558.1 | 215.8 | 387.2 | 226.7 | 100.0 | 452.0  | 924.7 |
| <i>Acacia milibekii</i>               | 524.1 | 133.1 | 596.1 | 373.7 | 211.8 | 339.7  | 913.6 |
| <i>Prosopis juliflora</i> L.          | 607.5 | 221.4 | 486.1 | 359.2 | 74.2  | 529.4  | 927.2 |

| Nombre Científico                     | MS    | PC    | FDN   | FDA   | LAD   | DIVFDN | MO    |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| <i>Pithecollobium acatlense</i> Benth | 926.6 | 150.5 | 644.0 | 471.2 | 193.4 | 432.7  | 949.8 |
| <i>Acacia cymbispina</i> Sprague      | 897.6 | 120.7 | 591.0 | 440.0 | 203.1 | 456.2  | 932.0 |
| <i>Prosopis laevigata</i>             | 888.8 | 119.7 | 414.0 | 284.0 | 73.1  | 669.6  | 940.5 |
| <i>Acacia farnesiana</i>              | 801.5 | 153.2 | 376.0 | 226.5 | 68.5  | 608.5  | 906.6 |
| <i>Cassia pringlei</i> Rose           | 872.8 | 141.1 | 619.0 | 470.8 | 131.2 | 343.1  | 909.2 |
| <i>Mimosa</i> sp.                     | 913.8 | 207.0 | 558.0 | 414.4 | 131.6 | 369.6  | 951.2 |
| <i>Mimosa fasciculata</i>             | 859.3 | 145.4 | 653.0 | 456.4 | 164.9 | 481.2  | 934.7 |
| <i>Acacia couteri</i> Benth           | 896.6 | 204.4 | 644.0 | 451.3 | 149.9 | 391.8  | 933.2 |
| <i>Leucaena esculenta</i>             | 915.0 | 205.5 | 435.0 | 304.4 | 123.8 | 346.2  | 932.2 |
| <i>Pithecellobium dulce</i>           | 782.1 | 139.5 | 536.0 | 253.1 | 72.4  | 642.8  | 920.5 |

# Diseño de sistemas silvopastoriles diversificados en ejidos aledaños a la Reserva de la Biósfera Chamela- Cuixmala, Jalisco

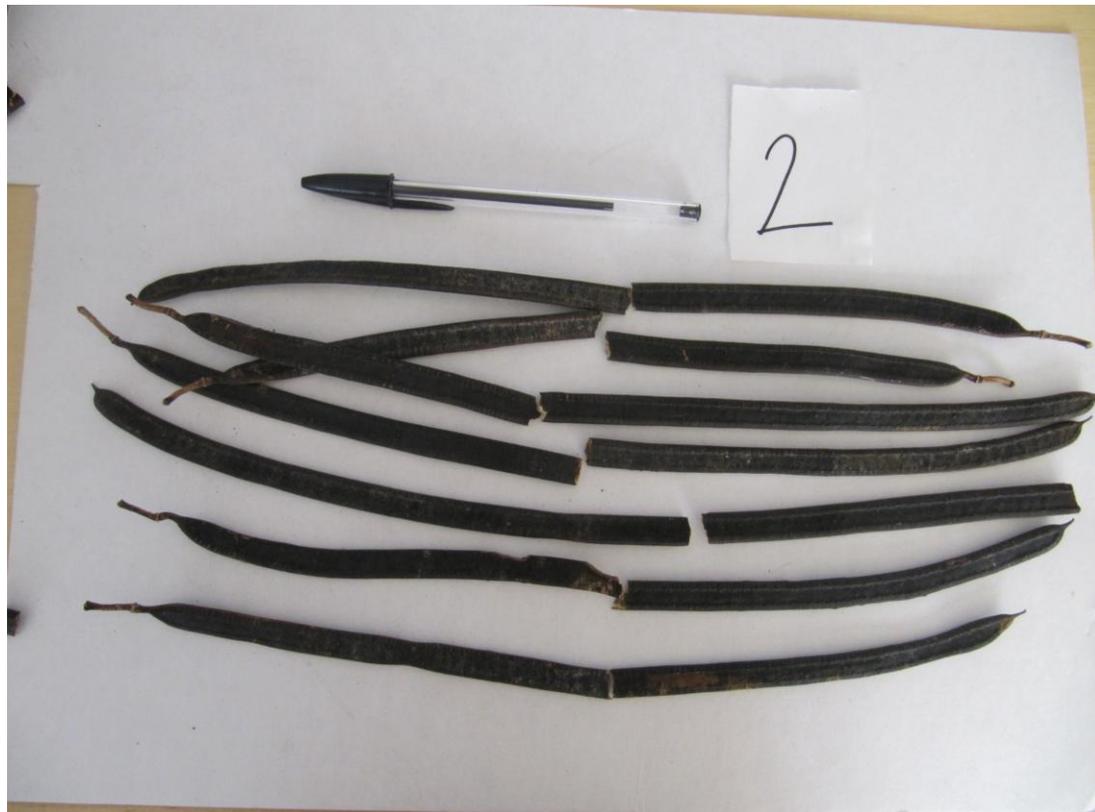


©Roberto Salazar Aragón





# Colectas y muestreos de árboles locales











3



4

| Nombre                | Fracción | Localidad | Grasa | Fibra | Proteína | Minerales | Carbohidratos |
|-----------------------|----------|-----------|-------|-------|----------|-----------|---------------|
| Cascalote             | Hoja     | Ranchitos | 0.97  | 15.86 | 8.62     | 12.92     | 61.64         |
| Cascalote             | Vaina    | San Mateo | 1.94  | 17.1  | 17.93    | 8.44      | 54.89         |
| Senna sp              | Hoja     | Ranchitos | 0.99  | 16.97 | 8.84     | 13.61     | 59.59         |
| Senna sp              | Hoja     | Ranchitos | 1.08  | 18.37 | 24.11    | 7.91      | 48.54         |
| Brongniartia pacifica | Vaina    | San Mateo | 1.52  | 16.67 | 14.74    | 9.46      | 57.61         |
| Senna sp              | Vaina    | Ranchitos | 4.87  | 16.35 | 19.34    | 12.72     | 46.72         |
| Ebano                 | Vaina    | San Mateo | 1.18  | 21.25 | 10.81    | 6.48      | 60.28         |
| Guacima               | Hoja     | Ranchitos | 0.87  | 20.25 | 23.14    | 6.46      | 49.28         |
| Guacima               | Semilla  | San Mateo | 6.44  | 17.87 | 21.48    | 11.17     | 43.04         |
| Guajillo              | Hoja     | Ranchitos | 0.62  | 21.24 | 13.08    | 9.17      | 55.9          |
| Guajillo              | Vaina    | San Mateo | 0.98  | 21.11 | 23.71    | 7.59      | 46.6          |
| Guinea                | Hoja     | San Mateo | 1.38  | 16.87 | 14.53    | 12.16     | 55.07         |
| Iguanero              | Hoja     | San Mateo | 4.18  | 18.42 | 14.57    | 6.45      | 56.39         |
| Tepemezquite          | Vaina    | San Mateo | 1.92  | 19.09 | 16.49    | 5.02      | 57.47         |

# Parcelas experimentales con productores participantes: ¿Qué árboles queremos?

- Calidad nutritiva
- Rendimiento
- Adaptación al manejo extensivo
- Época de producción de semilla
- Facilidad de manejo (siembra directa, podas)

# Especies seleccionadas al inicio por los productores

| Nombre    | Producción de semilla | Tiempo de maduración |
|-----------|-----------------------|----------------------|
| Guaje     | Marzo-mayo            | 2 años               |
| Guácima   | Septiembre-abril      | 2-3 años             |
| Guamúchil | Abril-mayo            | 5 años               |
| Moringa   | Septiembre-Nov        | 2-3 años             |
| Cascalote | Marzo-mayo            | 10 años              |

# Especies descartadas (por ahora)

Cacahuananche

Habillo

Huizache blanco

Iguanero

Parota

# Visita a sitios experimentales, Tecomán, Universidad de Colima



Diseño participativo:

Densidades de siembra

Distancia entre surcos

Obtención de semilla

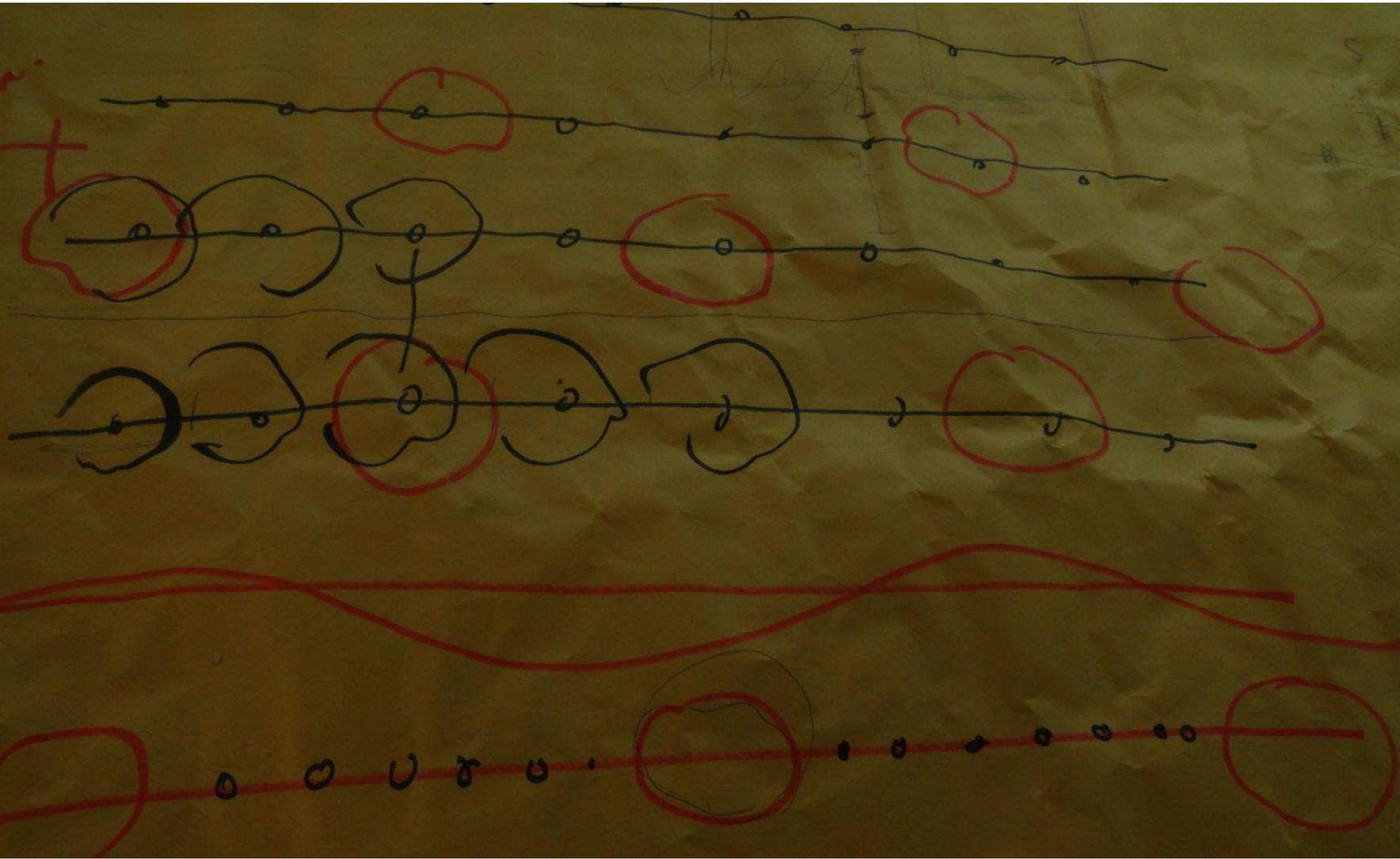
Preparación de parcelas, etc.

# Especies evaluadas

- *Leucaena leucocephala* (Guaje)
- *Gliricidia sepium* (Cachuananche)
- *Guazuma ulmifolia* (Guácima)
- *Moringa oleifera* (Moringa)

2 densidades de siembra: 20 mil y 40 mil plantas/ha

30



# Siembra



# Establecimiento













# Efecto de sequía y defoliación en especies leñosas forrajeras del trópico seco



## **OBJETIVOS:**

### **General**

- Evaluar el potencial forrajero de cuatro especies de plantas leñosas en función del Riego y la defoliación que contribuya con información básica en la búsqueda de sistemas silvopastoriles sustentables para los trópicos secos de México.

### **Particulares**

- Evaluar los efectos del Riego y la defoliación sobre el crecimiento y la producción de biomasa en cuatro especies con potencial forrajero.
- Determinar los efectos acumulativos del Riego y la defoliación, e identificar el mejor tratamiento para las especies seleccionadas.

## MÉTODOS → SITIO DE ESTUDIO

**Ubicación: kilómetro 17.5, Carretera Apatzingan-Cuatro caminos**



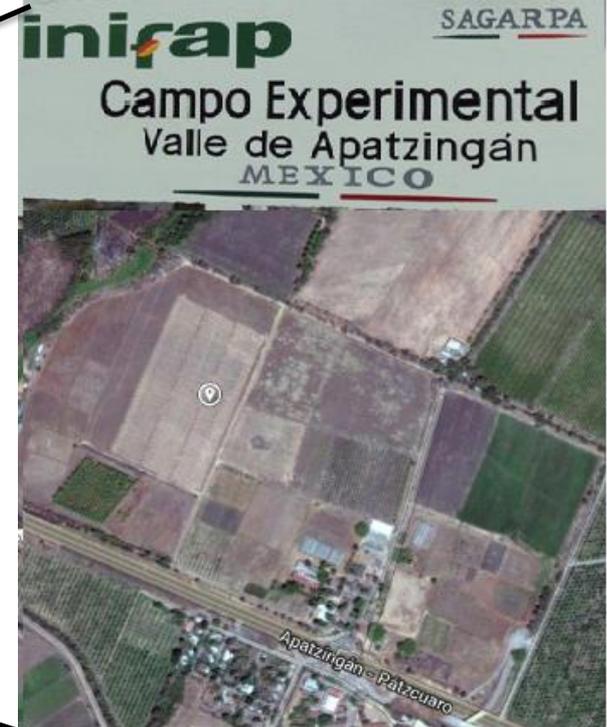
**LAT: 19° 36' 00" N**

**LONG: 101° 12' 00" O**

**Superficie: 53 Hectáreas**

**Temperatura media anual: 28 °C**

**Precipitación media : 700 mm**



❖ **Actividades:** desarrollo de tecnología para producción en cítricos y frutas tropicales Para el estado de Michoacán.

# DISEÑO EXPERIMENTAL

## FACTORES

**R:**

Temporal  
Medio  
Alto



**D:**

25%, 50% y 75%  
Hojas y tallos tiernos

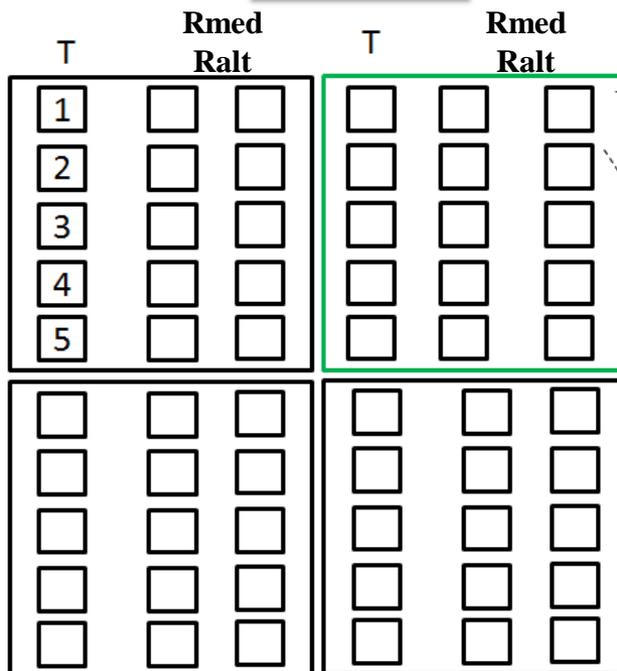
**Especies:**

- 1) *Leucaena leucocephala*
- 2) *Gliricidia sepium*
- 3) *Guazuma ulmifolia*
- 4) *Moringa oleifera*
- 5) *Panicum máximum*: Pasto

## ARREGLO ESPACIAL EN BLOQUES

4 repeticiones

Estrés hídrico (EH)



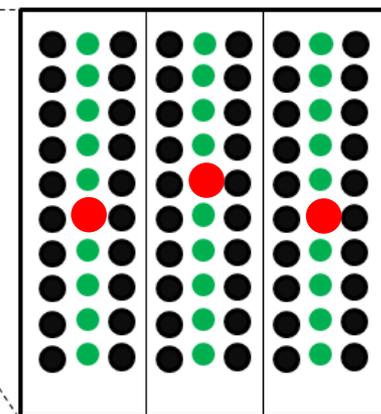
1. *Leucaena leucocephala*
2. *Gliricidia sepium*
3. *Guazuma ulmifolia*
4. *Moringa oleifera*
5. Testigo (pasto)

Área de la parcela  
 $97 \times 30 = 2,910 \text{ m}^2$

Unidad experimental (UE)

DEFOLIACION (D)

25% 50% 75%



•Densidad de siembra: 40,000 p/Ha

\*Dentro de cada unidad experimental (UE) se tiene la interacción de un nivel de estrés hídrico, los tres niveles de defoliación y una especie

# SIEMBRA – ESTABLECIMIENTO – APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS – MEDICIONES MENSUALES



**3 DEFOLIACIONES FEB 2015 – AGO 2015 – NOV 2015**



0 – 150 días  
periodo de **Establecimiento**

180 – 450 días  
**Aplicación de tratamientos**

Comparación entre especies

Efectos acumulativos

- Crecimiento en altura
- Crecimiento en diámetro

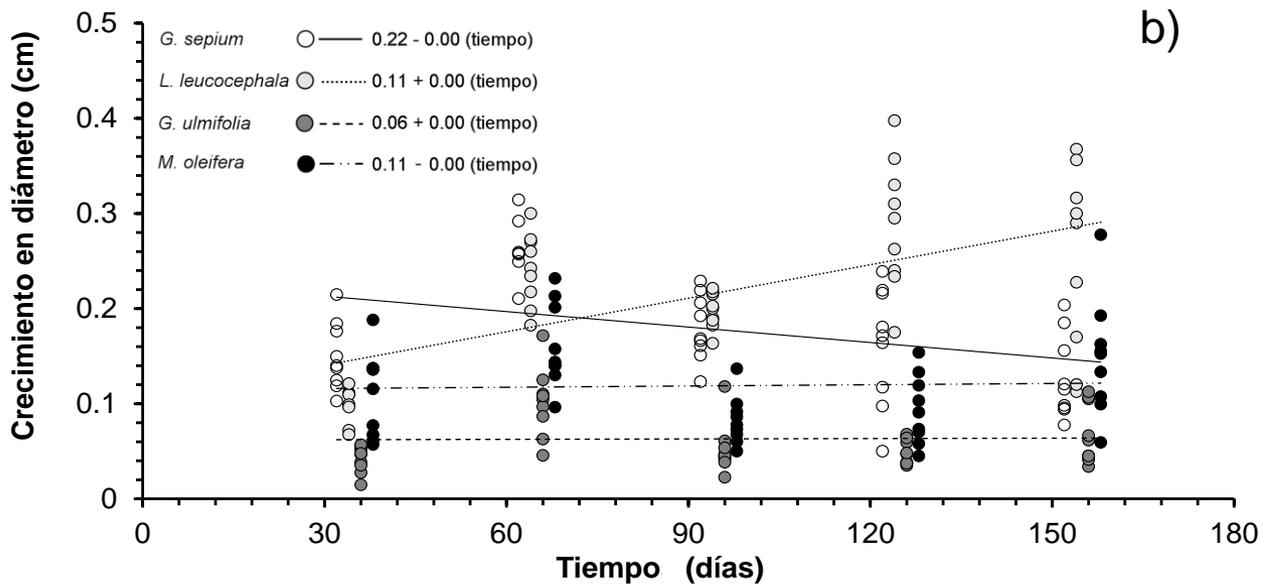
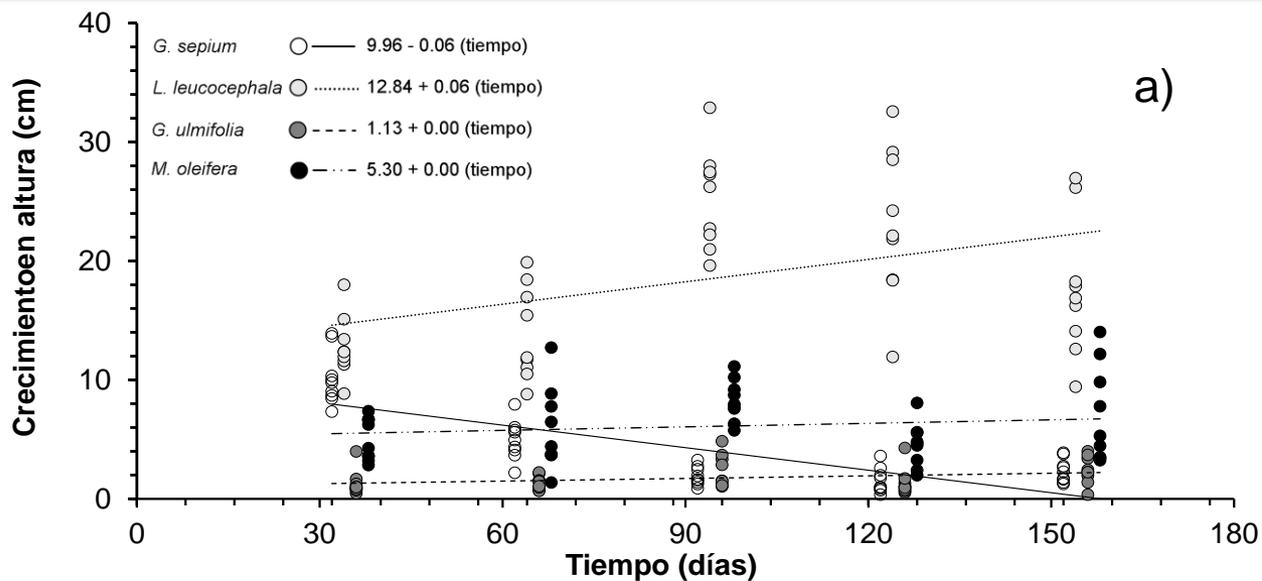
- Crecimiento en altura
- Crecimiento en diámetro
- Crecimiento en copa
- Producción de biomasa

**Análisis estadísticos:** Modelos lineales mixtos (MLM) → Toman en cuenta la estructura agregada o Jerárquica de los datos y pueden combinar los efectos fijos o aleatorios. Se utilizaron los paquetes Lme4 y lmerTest para R

# RESULTADOS

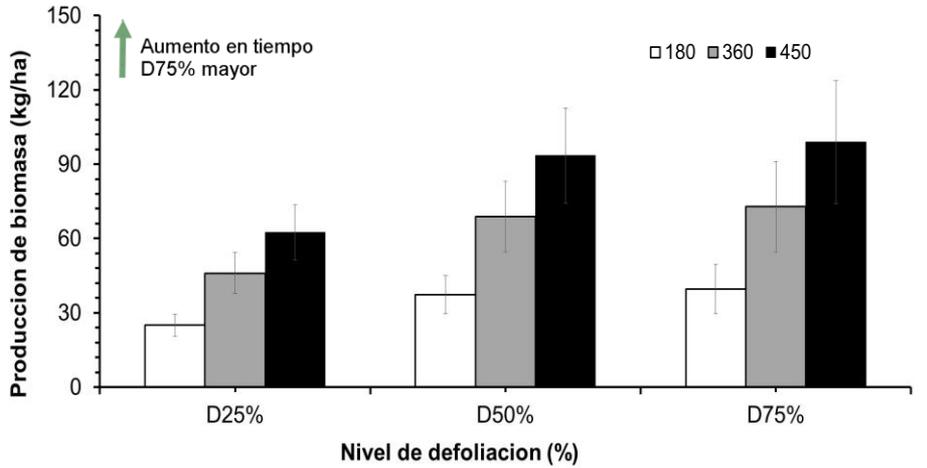
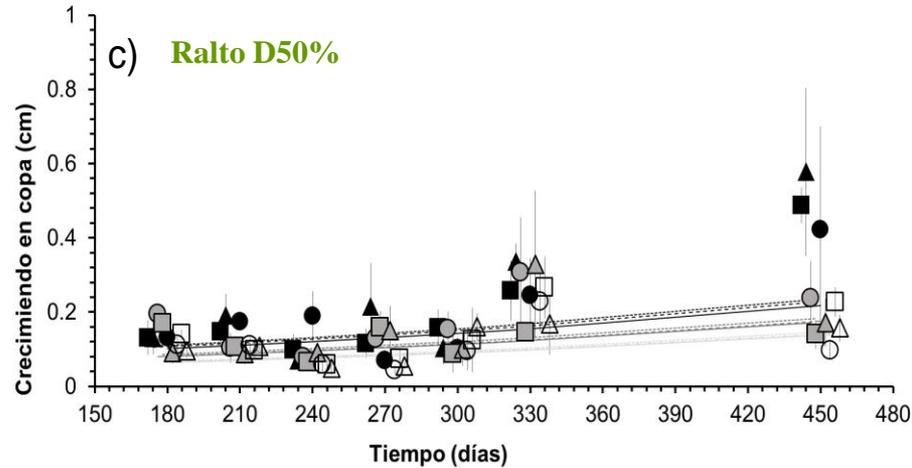
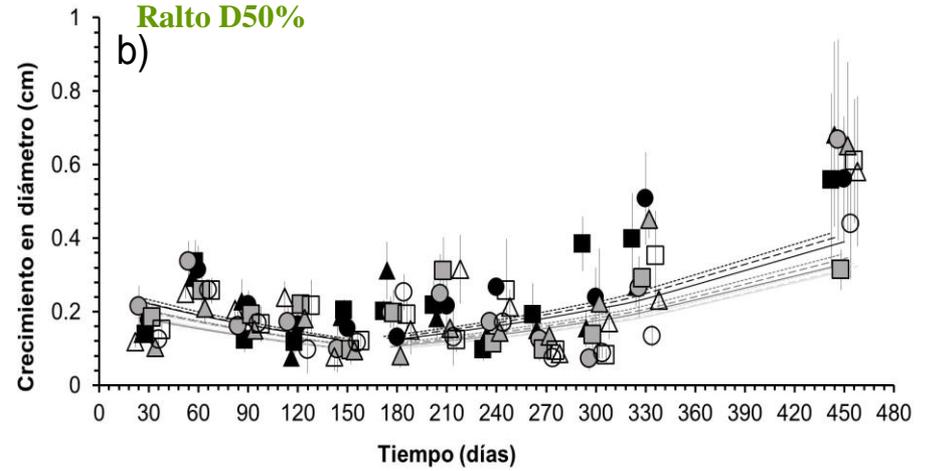
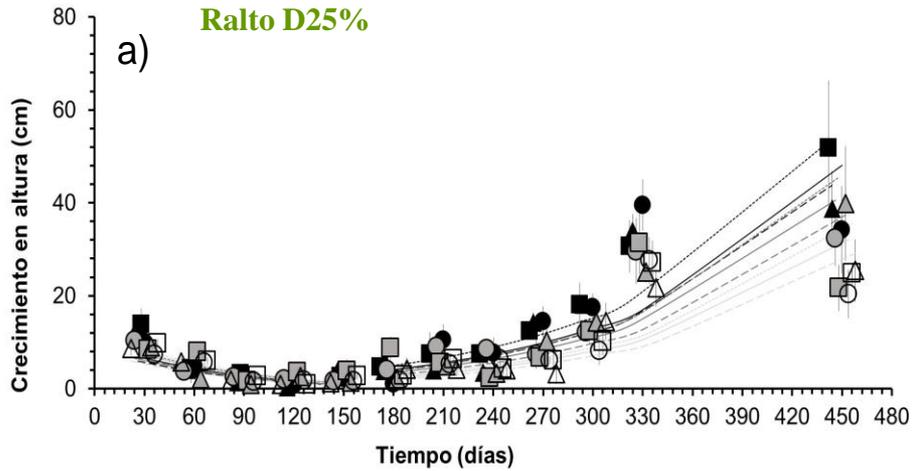


# PERIODO DE ESTABLECIMIENTO: *Comparación entre especies*



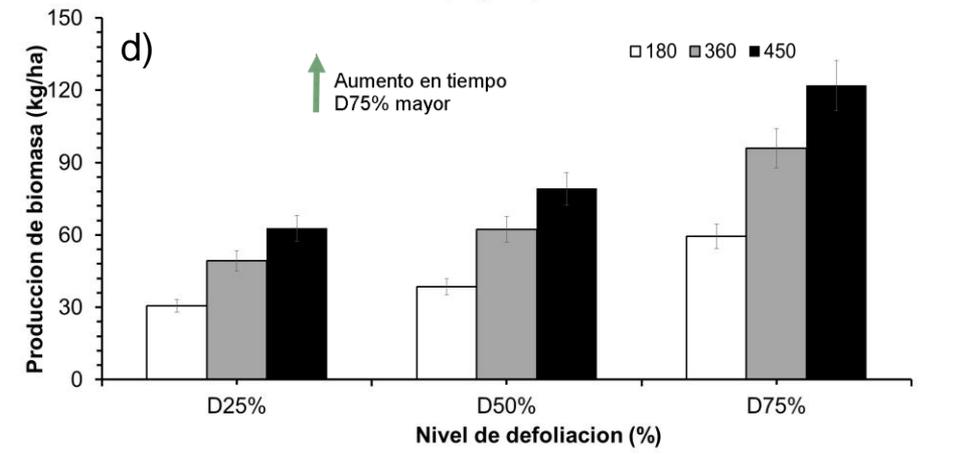
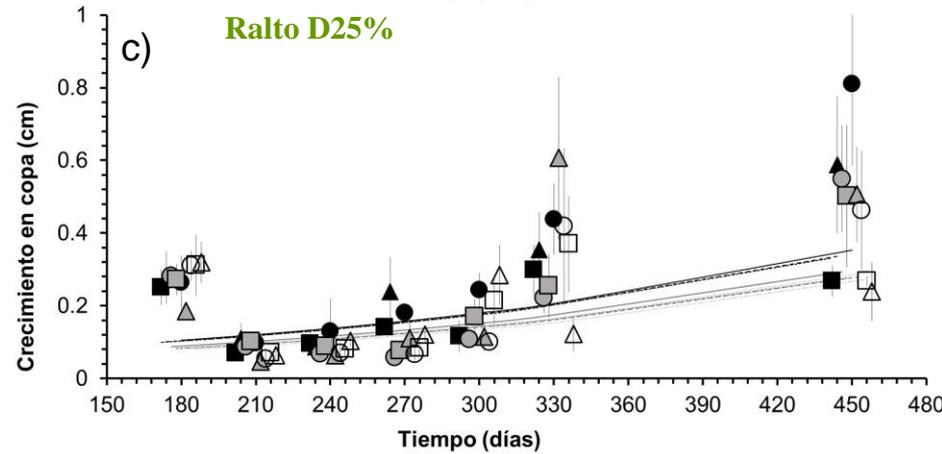
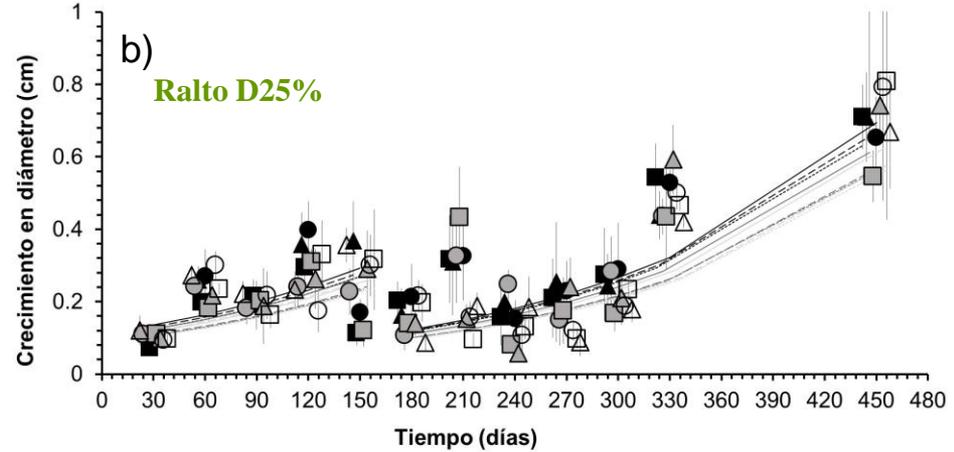
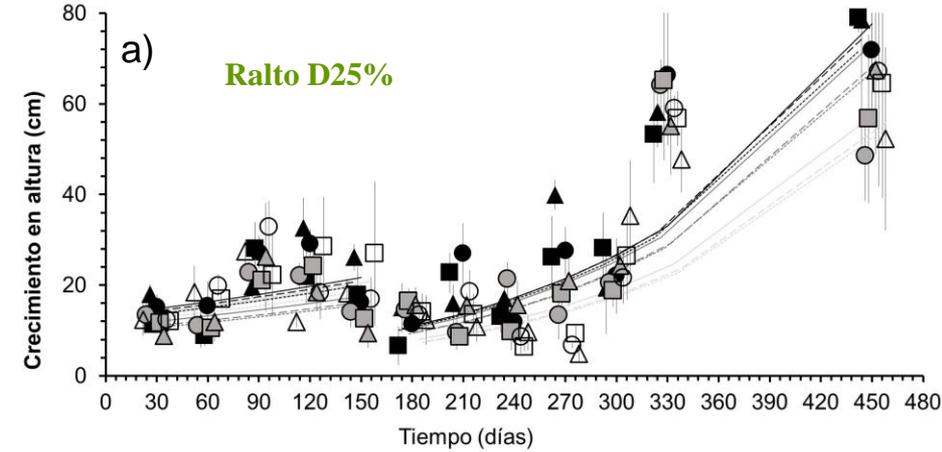
# APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS

*G. sepium*



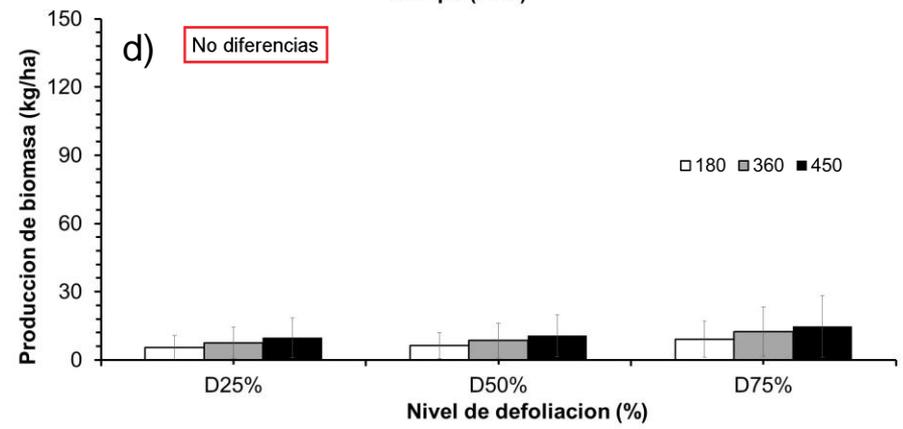
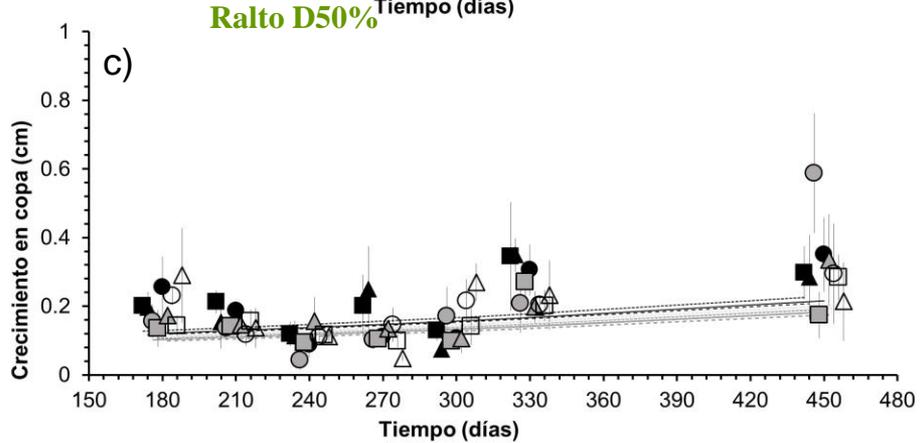
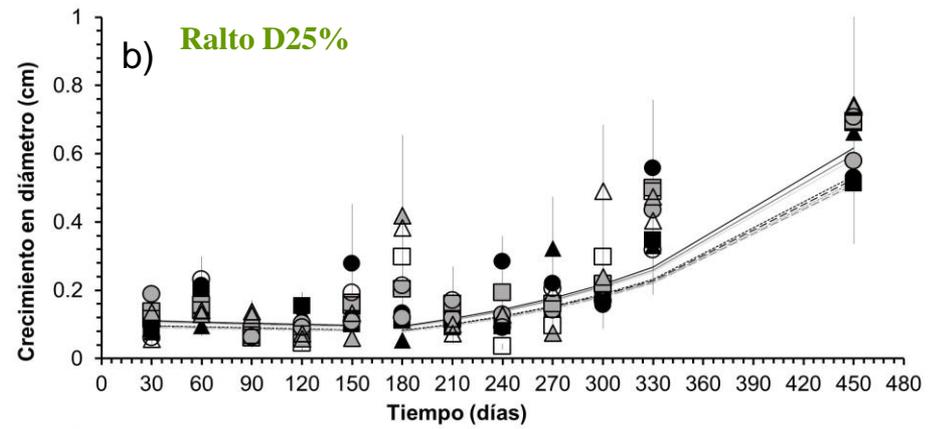
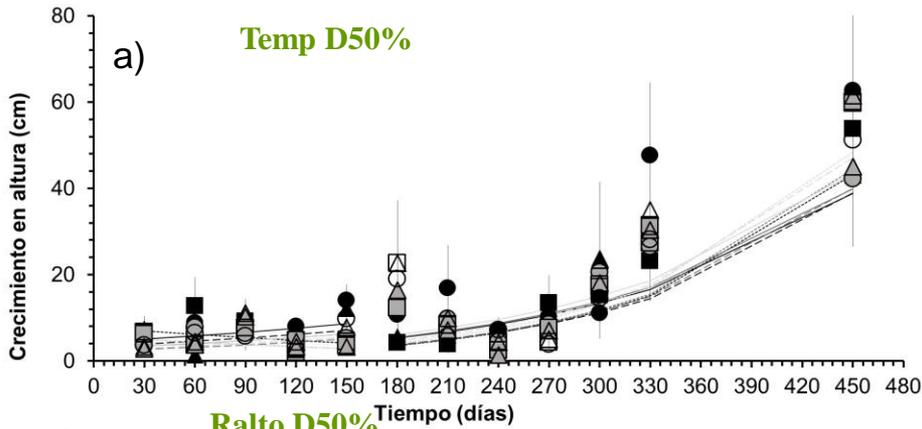
● — Ralt:D25 ■ — Ralt:D50 ▲ — Ralt:D75 ○ — Rmed:D25 □ — Rmed:D50 △ — Rmed:D75 ○ — Temp:D25 □ — Temp:D50 △ — Temp:D75

# *L. leucocephala*



● — Ralt:D25 ■ - - - Ralt:D50 ▲ - - - Ralt:D75 ○ — Rmed:D25 □ - - - Rmed:D50 △ - - - Rmed:D75 ○ — Temp:D25 □ - - - Temp:D50 △ - - - Temp:D75

*M. oleifera*



● — Ralt:D25 ■ - - - Ralt:D50 ▲ - - - Ralt:D75 ○ — Rmed:D25 □ - - - Rmed:D50 ▲ - - - Rmed:D75 ○ — Temp:D25 □ - - - Temp:D50 ▲ - - - Temp:D75

Composición química, g/kg MS (resultados preliminares)

|                | L .leucocephala | G. sepium | M. Oleifera |
|----------------|-----------------|-----------|-------------|
| Proteína Cruda | 218.9           | 186.4     | 192.6       |
| Fibra Cruda    | 102.9           | 170.6     | 110.9       |
| E.L.N.         | 505.9           | 480.9     | 462.6       |
| E.E.           | 65.4            | 44.5      | 100.4       |
| Cenizas        | 107             | 117.6     | 138.3       |

# CONCLUSIONES

1. Durante el periodo de establecimiento la especie que presentó un mayor crecimiento tanto en altura como en diámetro fue *Leucaena leucocephala*
2. En cuanto al crecimiento en altura, diámetro y cobertura de la copa los tratamientos con riego alto y defoliación baja o media presentaron los mejores resultados.
3. La producción de biomasa aumentó conforme avanzaron las defoliaciones. Las dos especies con mejor desempeño fueron las leguminosas *L. leucocephala* y *G. sepium*. Ambas especies respondieron favorablemente a altos niveles de defoliación y sequía. Los contenidos nutricionales de estas especies y de *M. oleifera* satisfacen los requerimientos del ganado.
4. No se observó un rendimiento decreciente después de defoliaciones sucesivas en condiciones de temporal, por lo que ambas especies pueden tolerar las condiciones del trópico seco Michoacano.
5. Se está realizando el análisis de suelos (pH, MO, N, P) para conocer el efecto de los tratamientos en sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

[cgesquivel@iies.unam.mx](mailto:cgesquivel@iies.unam.mx)

iMuchas gracias!