

Evapotranspiración y eficiencia de uso de agua del pastizal semiárido del centro de México.

Dr. Josué Delgado Balbuena

5 de octubre de 2023



AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

inifap

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias



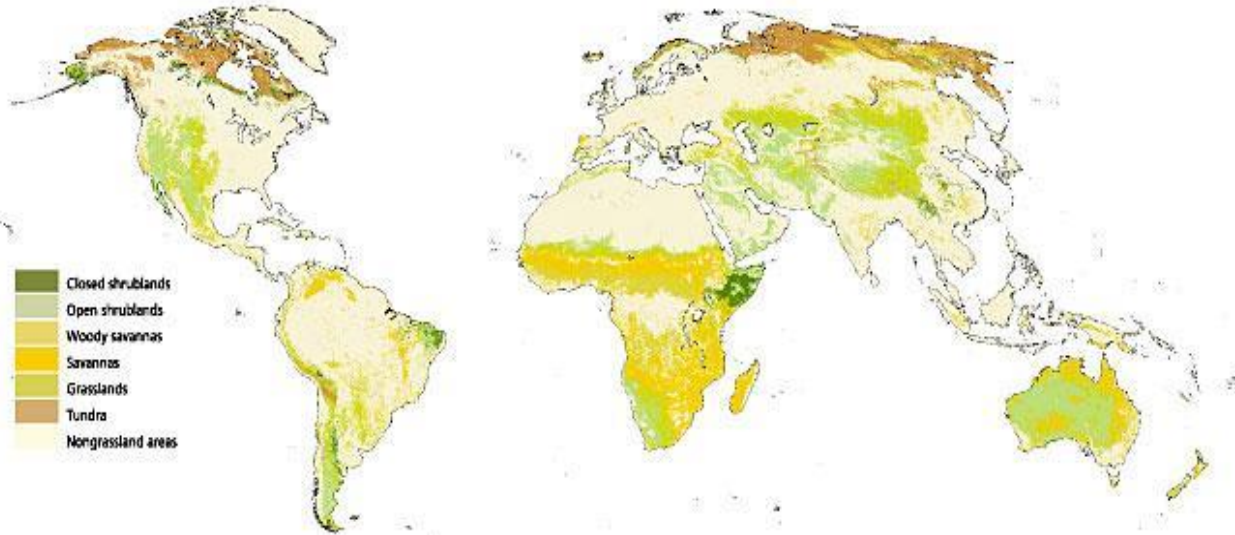
2023
AÑO DE
Francisco
VILLA

EL REVOLUCIONARIO DEL PUEBLO

Pastizales

- Cubren 26% de la superficie terrestre (42% de la cubierta vegetal; Anderson, 2006).

The Global Extent of Grasslands

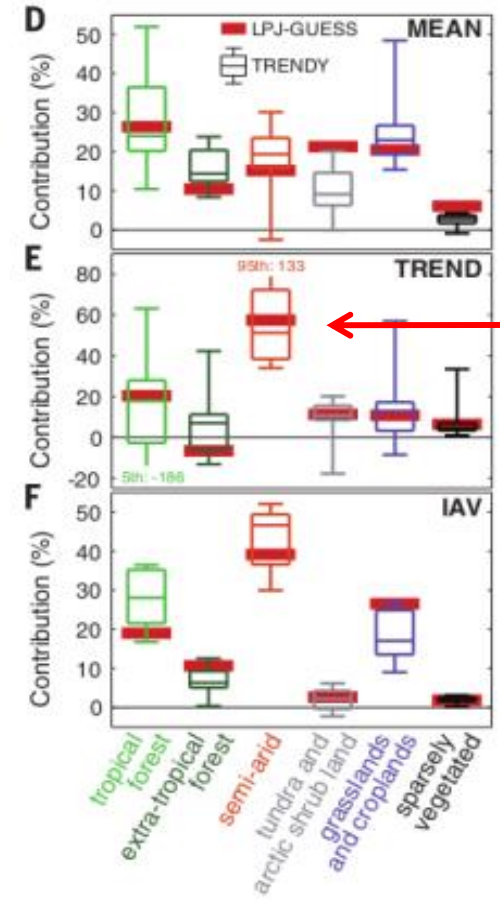
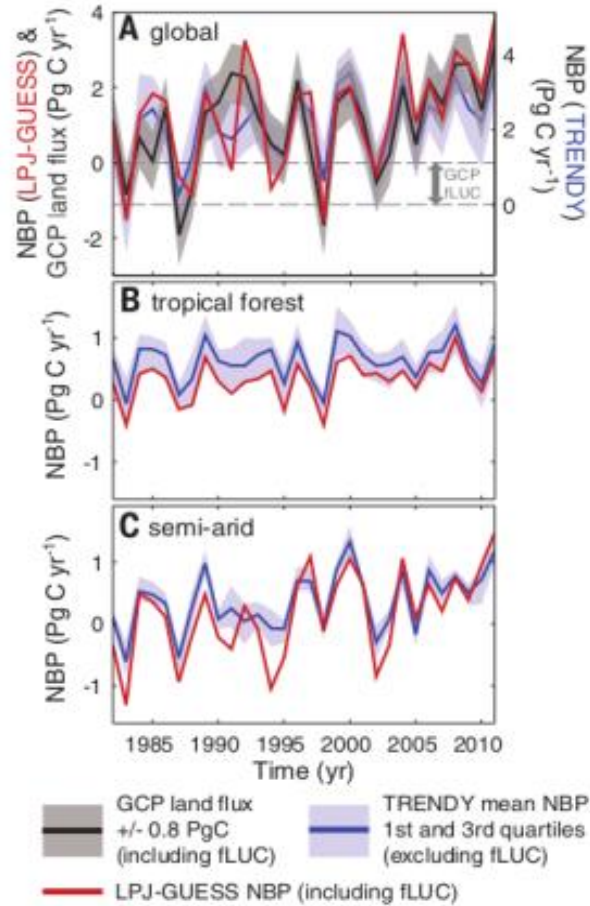


- Son sumideros de C, fuentes de C o neutrales ($400 \text{ g C m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ to $-800 \text{ g C m}^{-2} \text{ y}^{-1}$; Novick *et al.*, 2004).
- Son en su mayoría ecosistemas semiáridos

White *et al.*, 2000

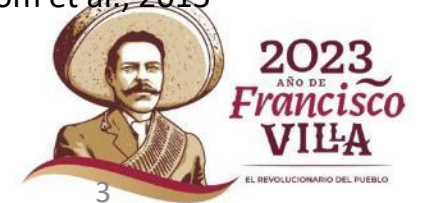


La variabilidad y tendencia de incremento de productividad es controlada por los ecosistemas áridos



Invasión de arbustivas
 (Andela et al., 2013)

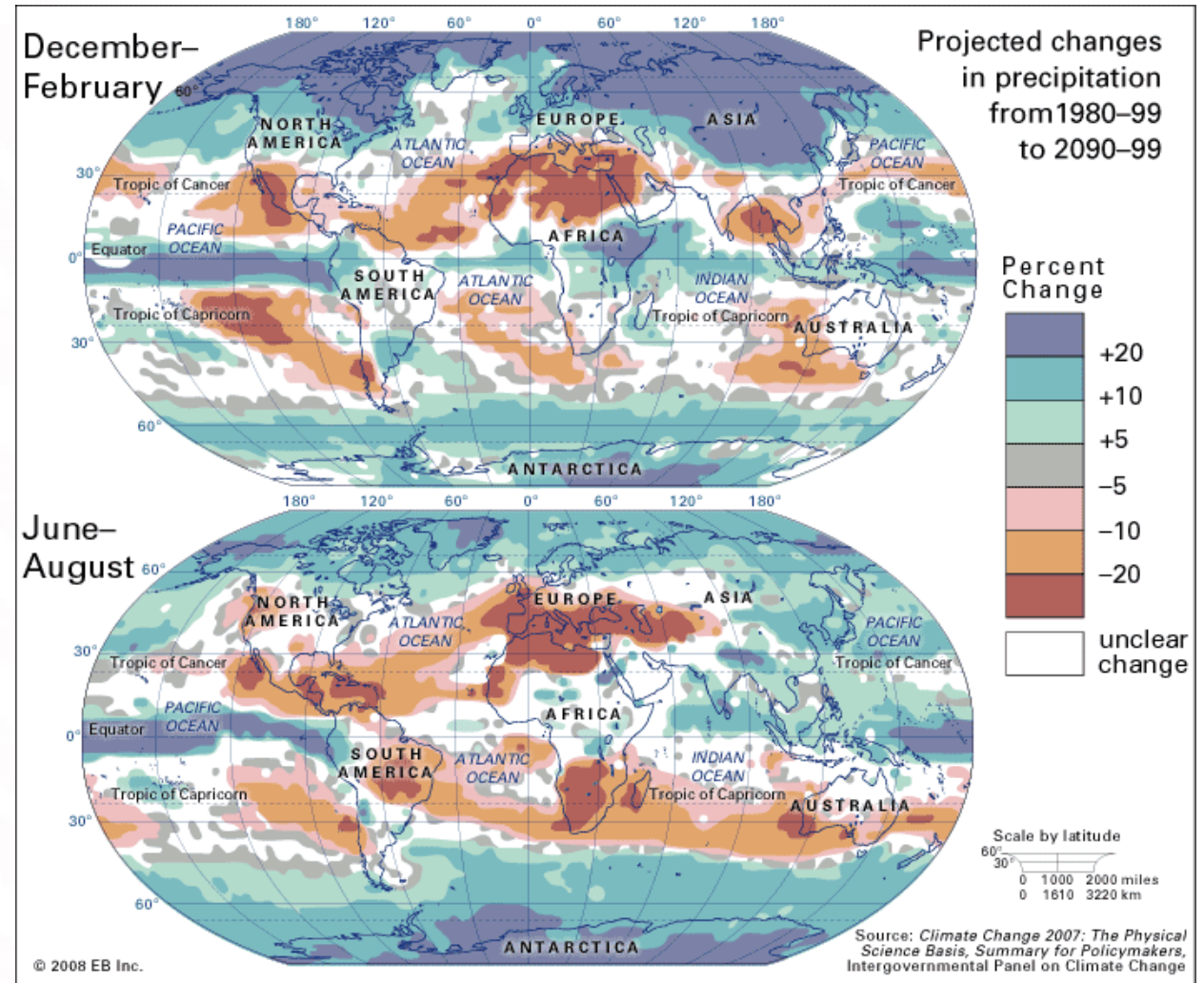
Ahlström et al., 2015



Cambios esperados en la precipitación dentro del pastizal semiárido de México

Reducción de precipitación (20% Lluvia invernal)

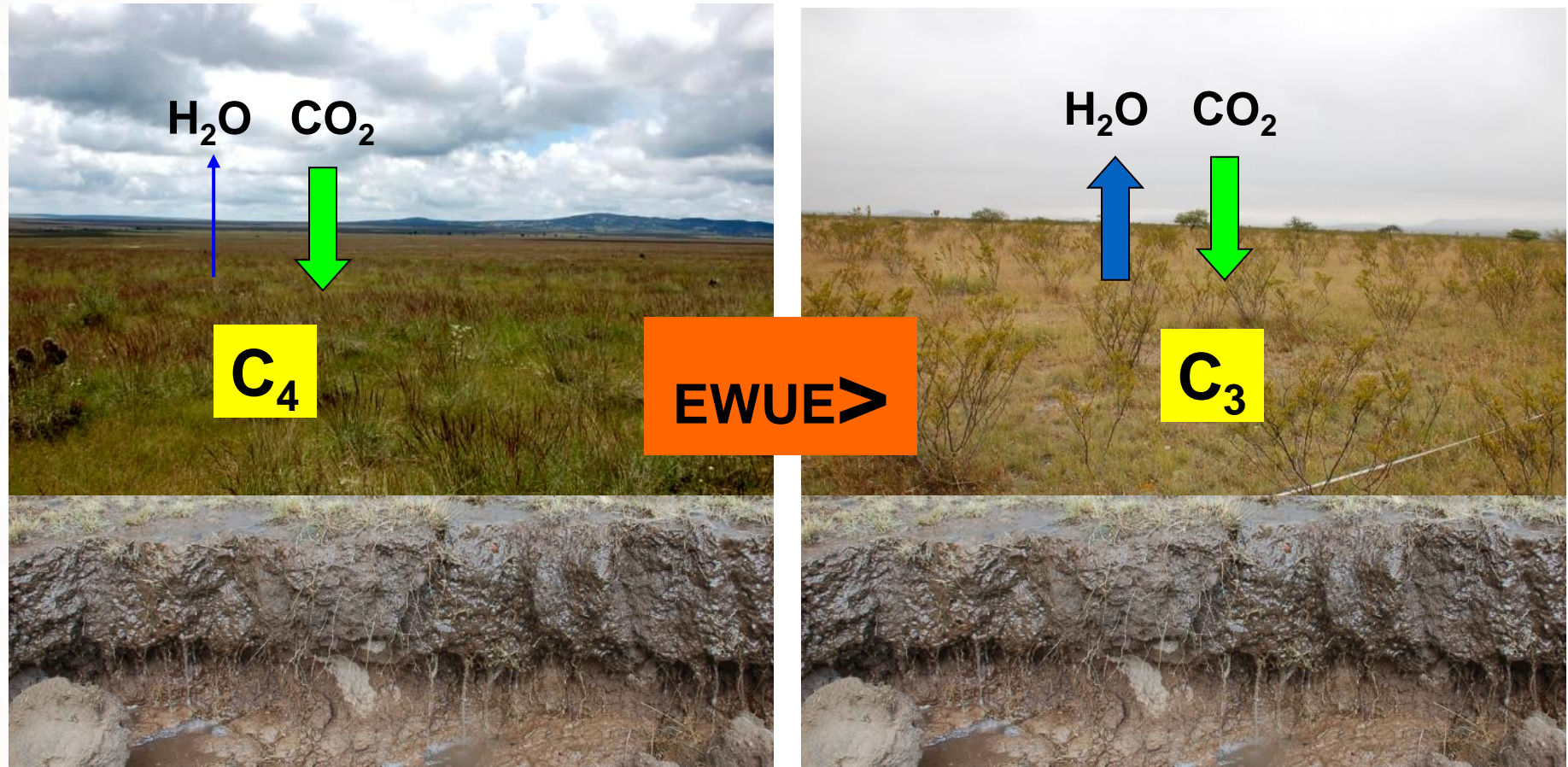
Es necesario comprender la dinámica del flujo de vapor de agua de diferentes comunidades de pastizales, con énfasis en la eficiencia con la que utilizan el agua disponible en el suelo para la productividad de biomasa.



La estrecha relación entre el intercambio de carbono y agua incrementan la productividad de los ecosistemas áridos

Eficiencia en el uso del agua (WUE): gramos de carbono fijado (A) por gramos de agua transpirada (T)

Eficiencia del uso de agua en ecosistemas (EWUE): intercambio neto de carbono (NEE) por cantidad de agua perdida (evapotranspiración, ET) a nivel ecosistema



Cambio de uso de suelo en pastizales

Efecto de regímenes contrastantes de pastoreo sobre las características del suelo



➤ Reducción de la cobertura de gramíneas

➤ Cambios en la composición de especies: gramíneas C_4
-- > C_3 hierbas y arbustos

ET ?

Efecto del pastoreo en la cobertura y composición de especies

Pastoreo moderado

- Cobertura > 30%
- Biomasa: 800-1200 kg DM ha⁻¹
- *Bouteloua gracilis*: dominante C₄

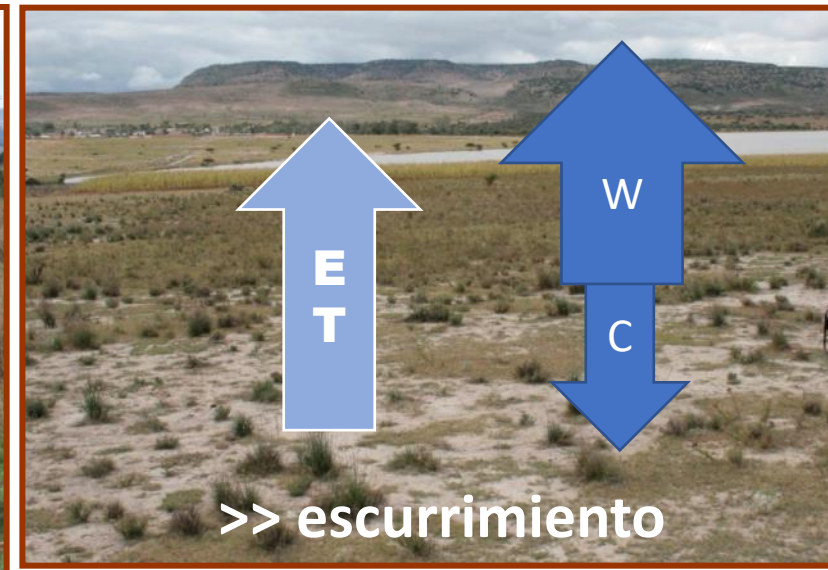
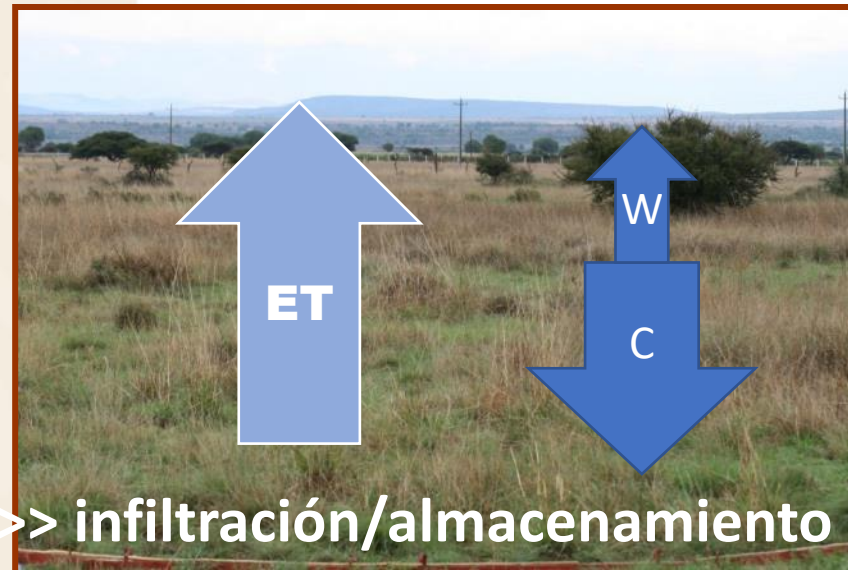
Sobrepastoreo

- Cobertura < 30%, interspaces
- Biomasa : 80-240 kg DM ha⁻¹
- Cambio de especies: invasion de arbustivas nativas y exóticas



¿Cómo y por qué cambian los flujos de ET bajo diferentes regimenes de pastoreo?

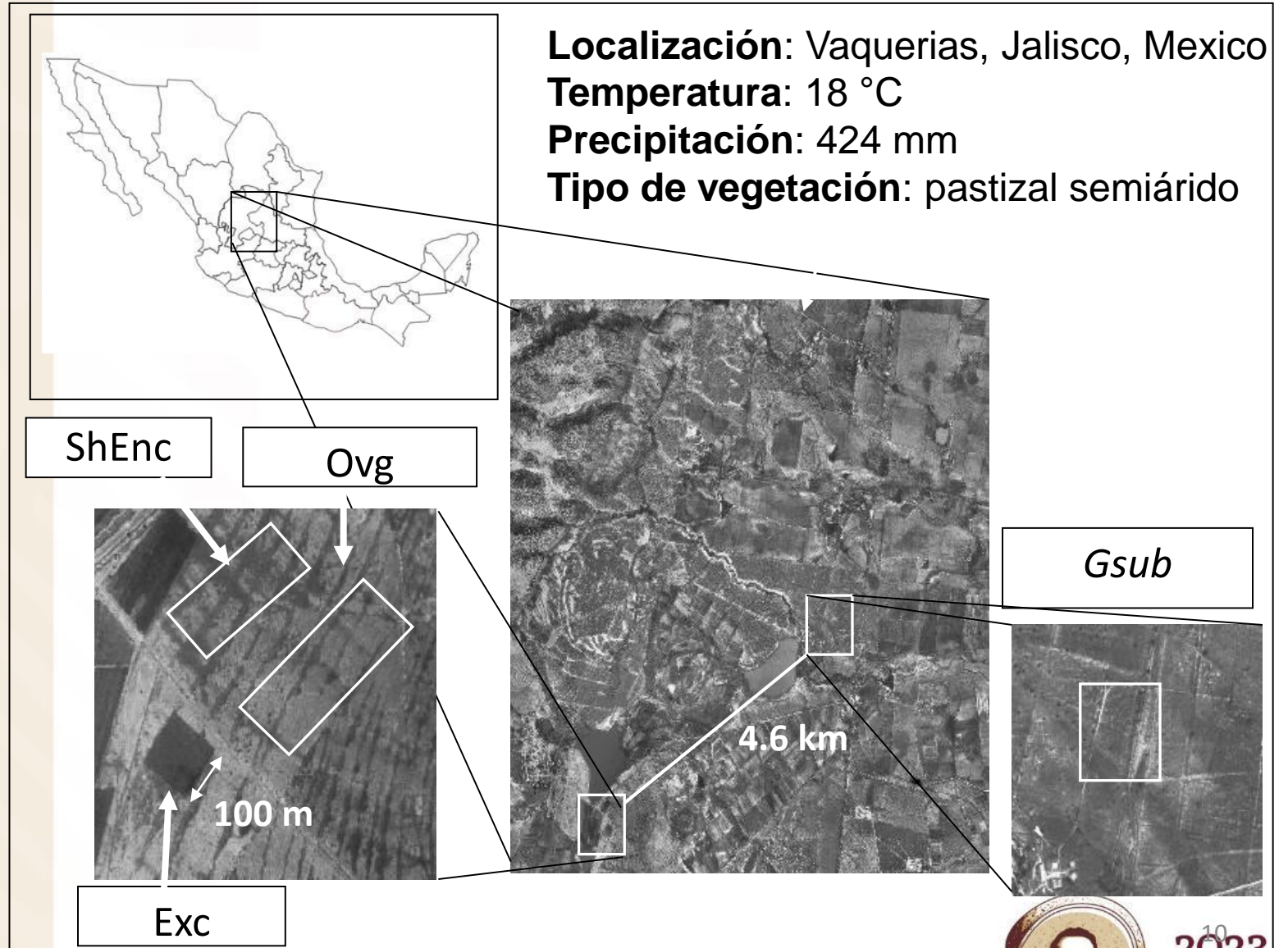
- El sobrepastoreo reduce la cobertura de vegetación y el índice de área foliar
 - > **reducción de la superficie de intercambio de agua**
- El sobrepastoreo incrementa el área de suelo desnudo
 - > **incremento de la temperature del suelo**
 - > **incremento de las tasas de evaporación**
 - > **reducción de la capacidad de infiltración/almacenamiento de agua del suelo**
- El sobrepastoreo induce cambios de composición de plantas, de C_4 a C_3
 - > **cambios en la eficiencia de uso del agua**



¿Y acerca de los flujos de carbono?

- Pastizales son ecosistemas sumidero, fuente y neutrales de C (de $400 \text{ g C m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ a $-800 \text{ g C m}^{-2} \text{ a}^{-1}$; Novick *et al.*, 2004).
- Los pastizales C_4 pueden ser altamente productivos cuando no están limitados por agua (Ham and Knapp, 1998).
 - La misma cantidad de C que es capturada por fotosíntesis es liberada por la respiración.
 - Se mantienen en un margen muy pequeño de reservas de C.
 - **En años favorables (respecto a la precipitación) ellos se comportan como sumidero y durante años no favorables como fuente de C.**

Sitio de estudio



Estado actual del pastizal en México



Sitios: comunidades de plantas

Exc

Exclusión de 28 años

Bouteloua gracilis (C4)



Gsub

Pastoreo rotacional + fuego (5 años sin pastoreo).

B. gracilis (C4)



Ovg

Sobrepastoreo (>70 años)

B. gracilis (C4)



ShEnc

Sobrepastoreo + invasion de
arbustivas

Isocoma veneta + *Asphodelus
fistulosus* (C3)





Exclusión:
Área protegida
25 años

No pastoreado-exclusión de
ganado doméstico

800-1200 kg MS/ha

Bouteloua gracilis





Buena cubierta – cambio de especies

Pastoreo rotacional

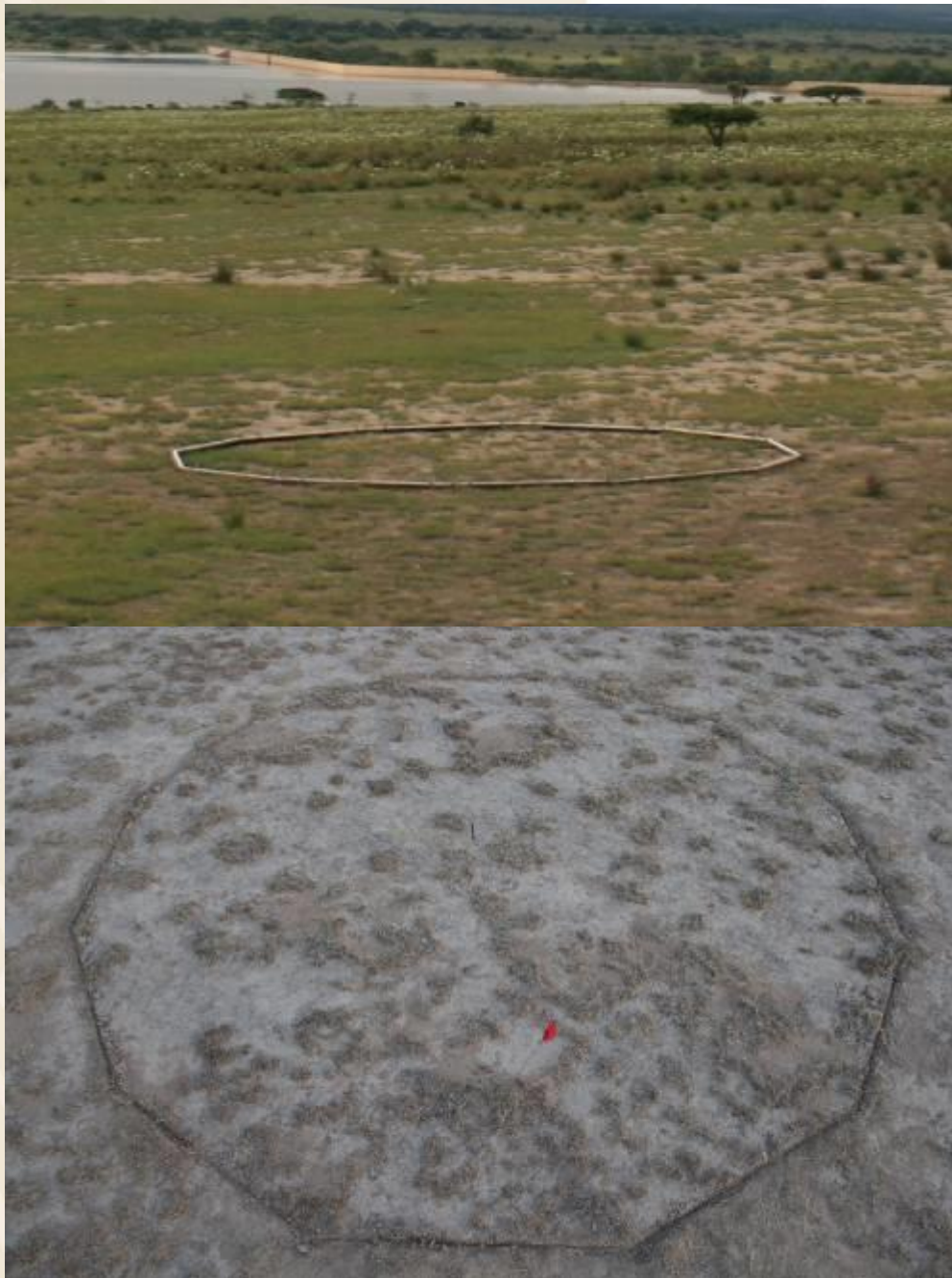
Bouteloua gracilis,
Muhlenbergia rigida



Sobrepastoreo

80-240 kg MS/ha

Bouteloua gracilis





Invasión por especies arbustivas

Invasión por arbustos perennes-sobrepastoreo

Haplopappus venetus,
Asphodelus fistulosus





Agricultura

Agricultura de temporal-
pastoreo

Avena sativa



Método



CO2/H2O



Ventilador



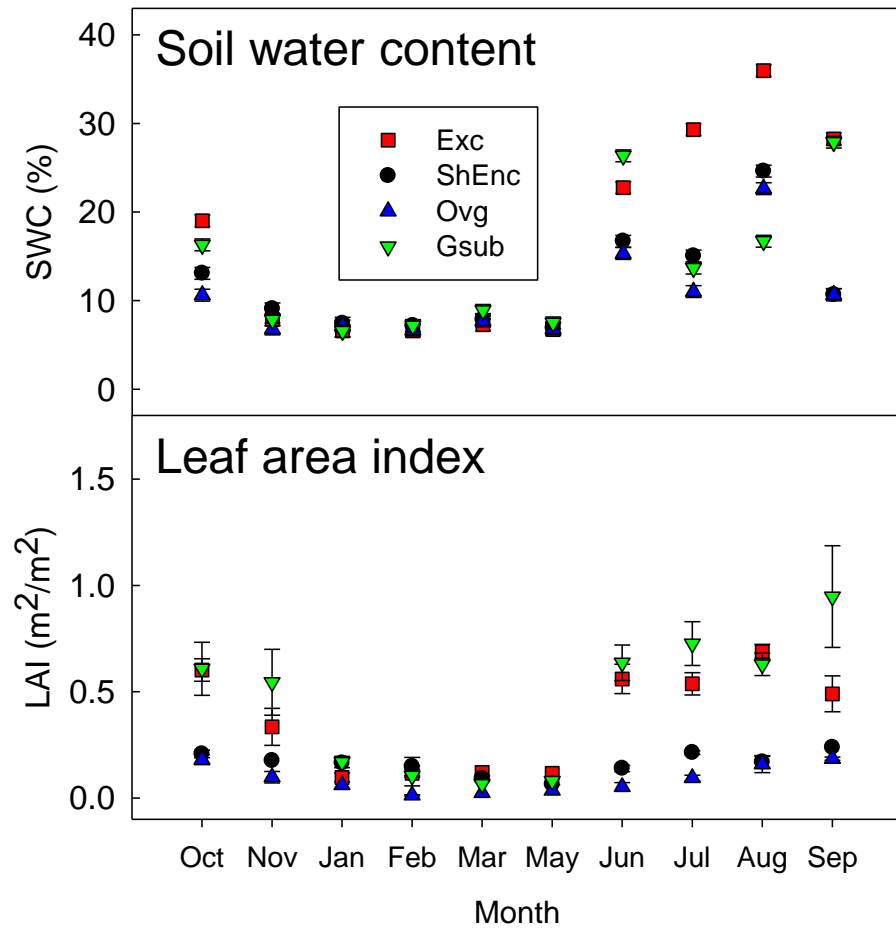
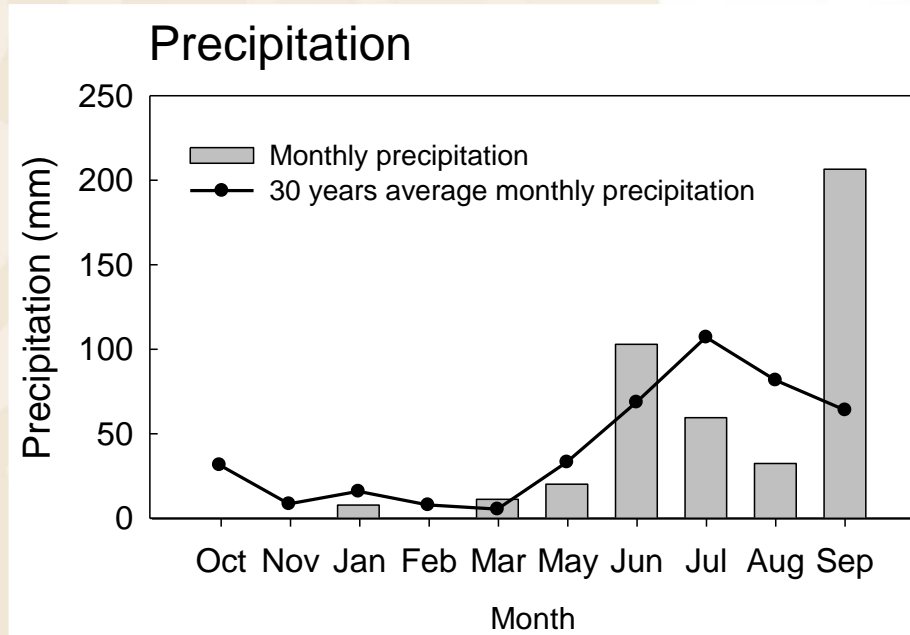
PPFD/Temp



Datalogger

Cámara estática (domo geodésico; Arnone and Obrist, 2002)

Resultados



Balances de carbono

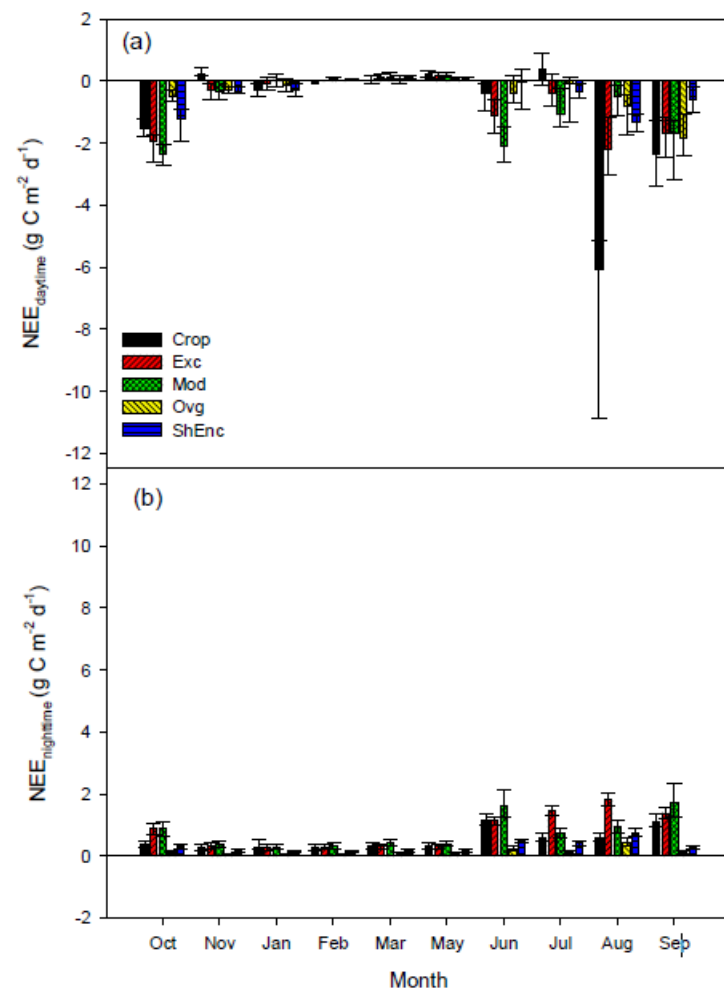


Fig. 3. Daily daytime (a) and nighttime (b) NEE (mean \pm 1 CI) at five sites with contrasting land use types in the shortgrass steppe from central Mexico, recorded from October 2008 to September 2009. For explanation of acronyms, please refer to Fig. 2

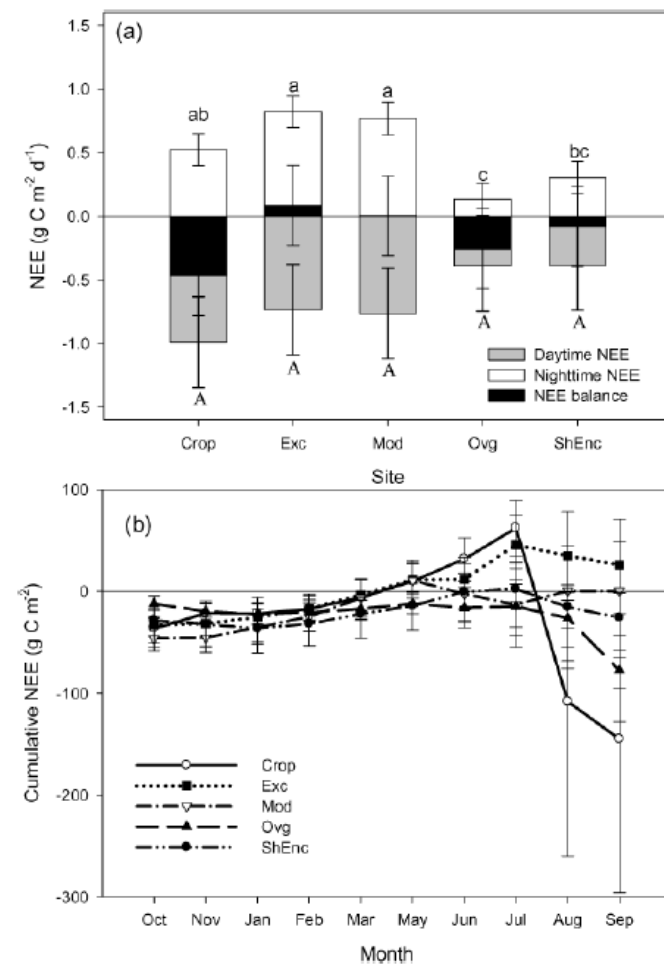
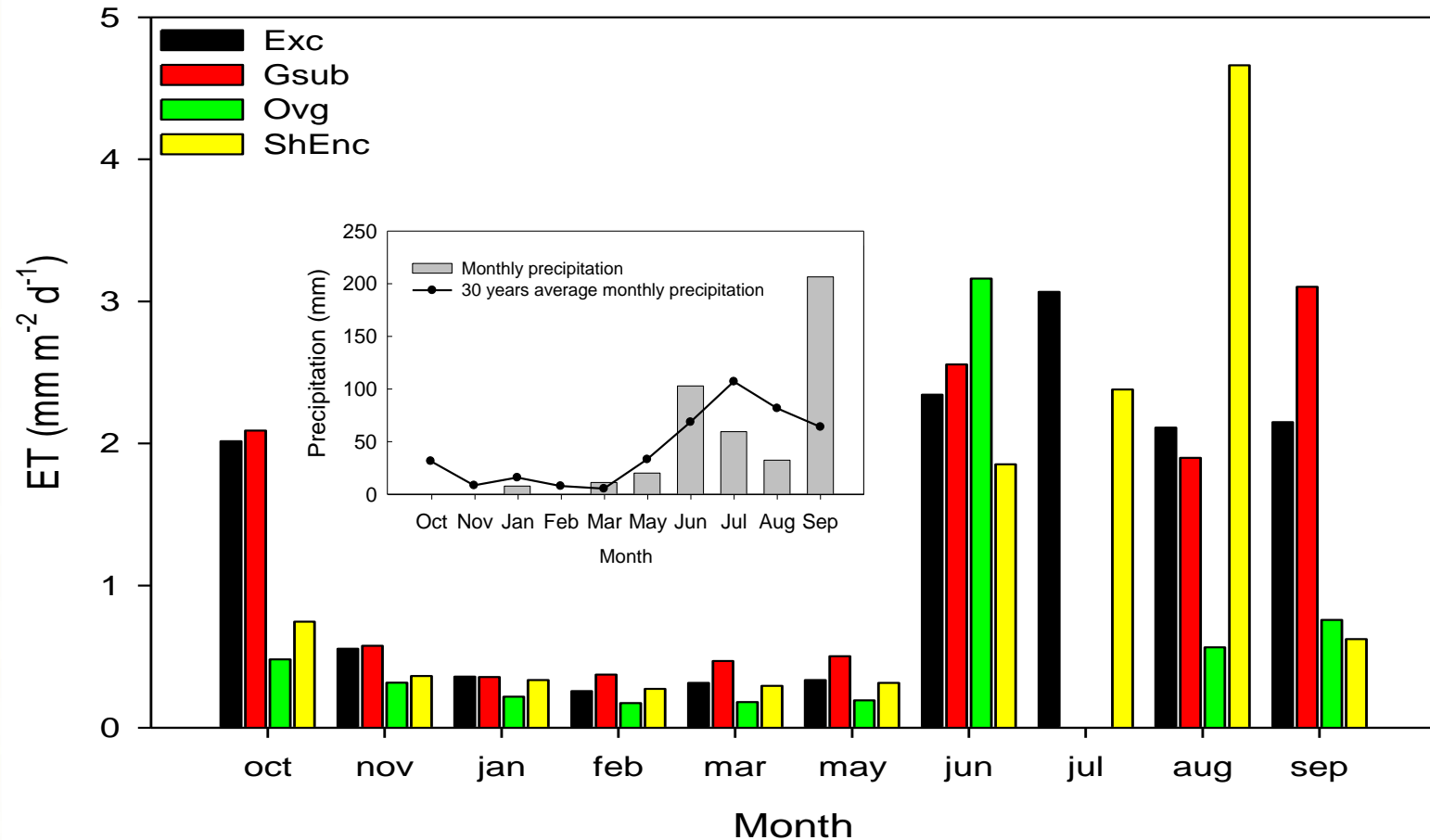


Fig. 4. (a) Average rates of net NEE (mean \pm 1 SE) in the shortgrass steppe in central Mexico associated with five different land use types. Different letters on both the top and bottom of bars indicate significant differences among sites ($P < 0.05$, capital letters indicate daytime differences, whereas lowercase letters refer to nighttime differences in fluxes). (b) Cumulative NEE in the five sites, recorded from October 2008 to September 2009. Bars denote the combined standard uncertainty for each cumulative NEE. For explanation of acronyms, refer to Fig. 2.

Evapotranspiración

Los sitios con mayor cobertura vegetal (exclusión de pastoreo/pastoreo moderado) exhiben tasas de ET más altas que los sitios con escasa vegetación (sitios sobrepastoreados).



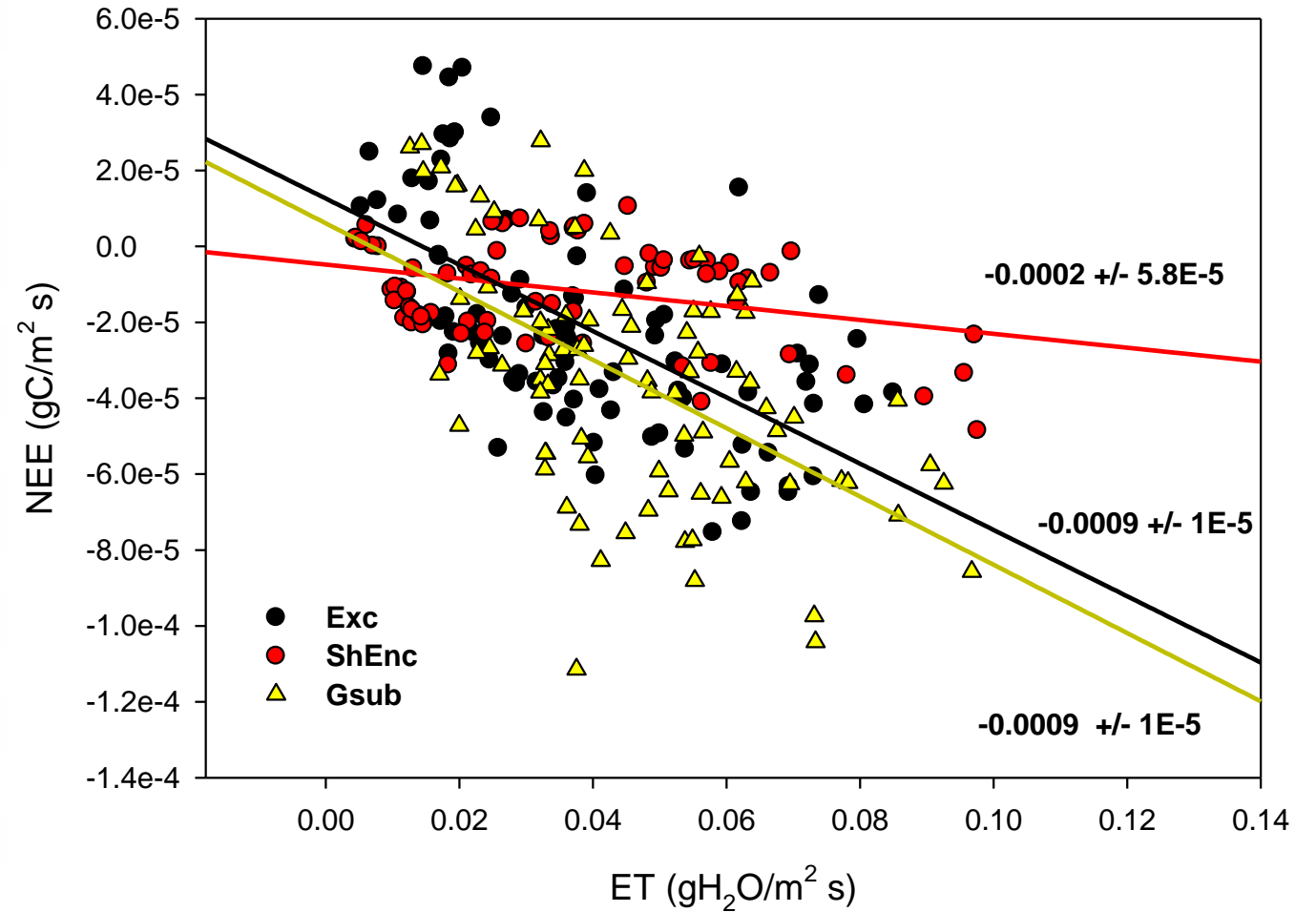
EWUE

Sitios dominados por gramíneas C_4 tienen mayor EWUE que los sitios dominados por arbustivas C_3 .

$$1.0 \text{ e}^{-5} \text{ gC m}^{-2} \text{ s}^{-1} = 0.43 \text{ gC m}^{-2} \text{ d}^{-1} \\ = 1.6 \text{ gCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$$

Considerando 12 h luz y sin considerar el ciclo diurno

$$0.01 \text{ gH}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1} = 432 \text{ ml m}^{-2} \text{ d}^{-1}$$



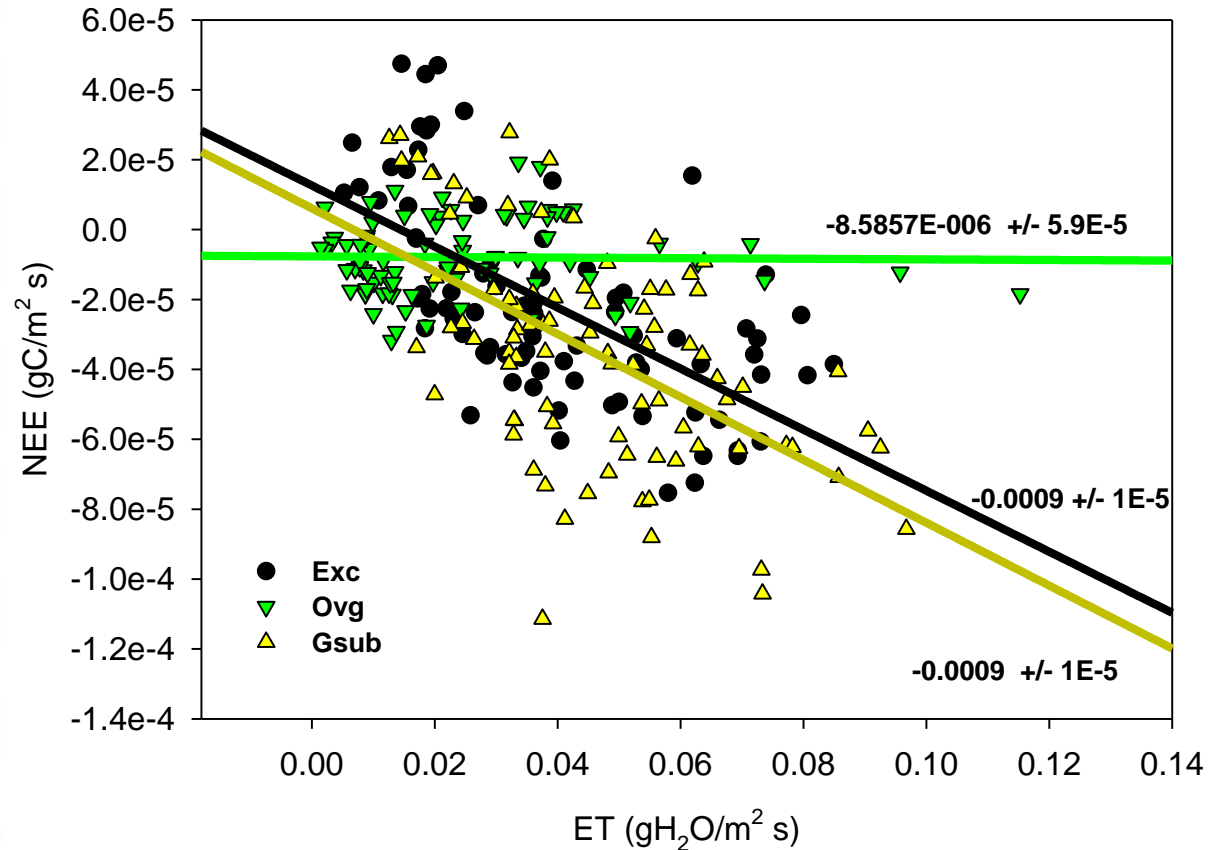
Eficiencia del uso de agua a nivel ecosistema

Los sitios sobrepastoreados tienen EWUE más bajos que los sitios moderadamente pastoreados, como consecuencia de una menor área foliar ($\downarrow A, T$) y una menor cobertura de pasto ($\uparrow E$).

$$1.0 \text{ e}^{-5} \text{ gC m}^{-2} \text{ s}^{-1} = 0.43 \text{ gC m}^{-2} \text{ d}^{-1} \\ = 1.6 \text{ gCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$$

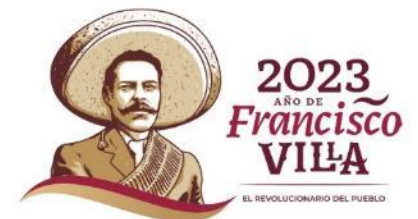
Considerando 12 h luz y sin considerar el ciclo diurno

$$0.01 \text{ gH}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1} = 432 \text{ ml m}^{-2} \text{ d}^{-1}$$



Conclusiones

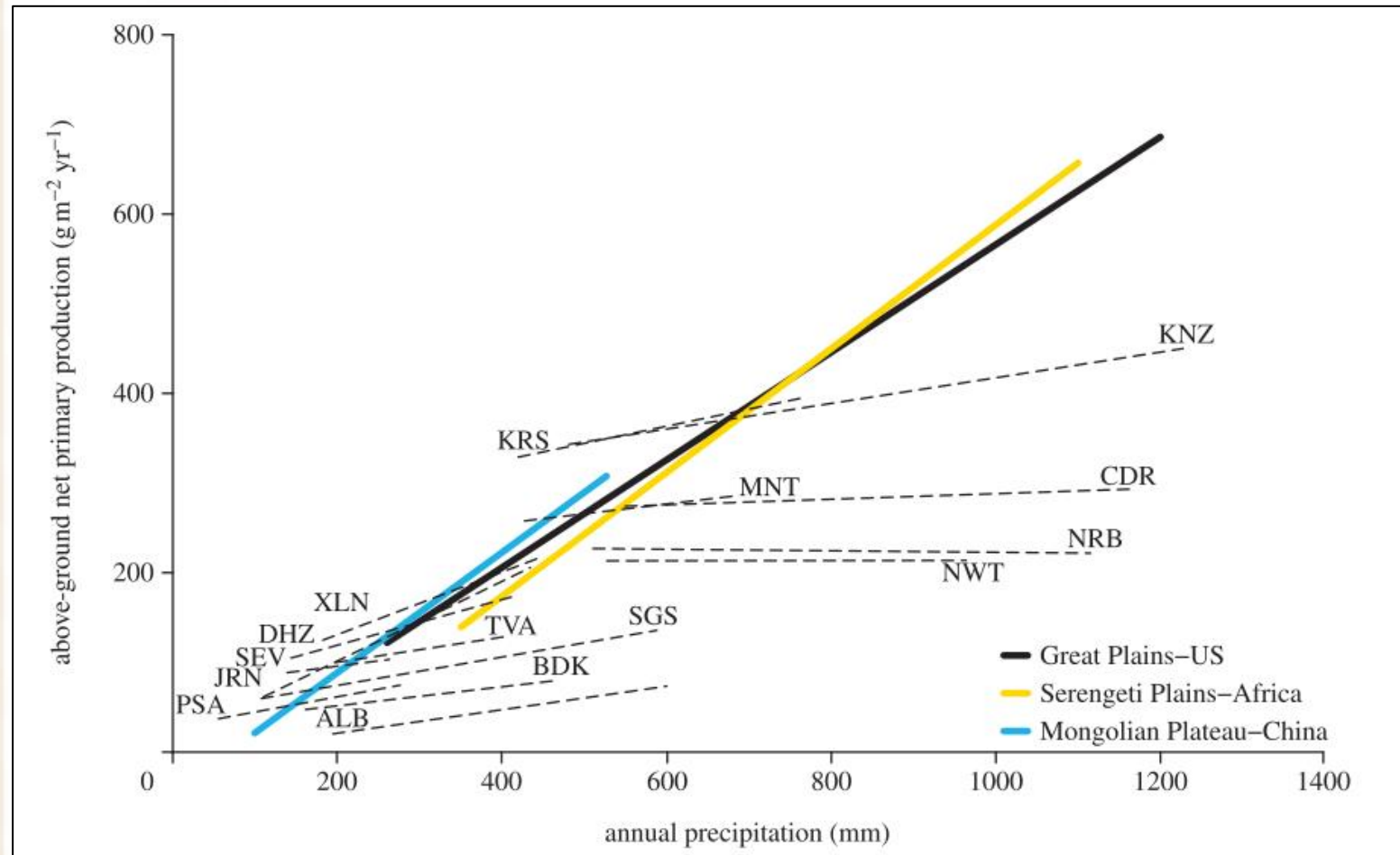
- Los sitios más conservados (menos pastoreados) mostraron tasas más altas de ET que los sitios sobrepastoreados.
- Los pastizales C4 con pastoreo moderado y sin pastoreo fueron más eficientes en el uso del agua del ecosistema que los pastizales C3 y los pastizales C4 con pastoreo intenso.
- Probablemente, los pastizales bien conservados sean más capaces de mantener una mayor productividad del ecosistema bajo un suministro de agua limitado, como lo predicen los futuros escenarios de cambio climático.



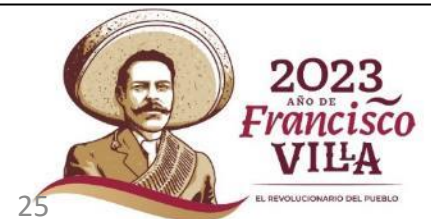
Relación entre productividad y precipitación

Discrepancia entre el modelo Espacial y el modelo temporal

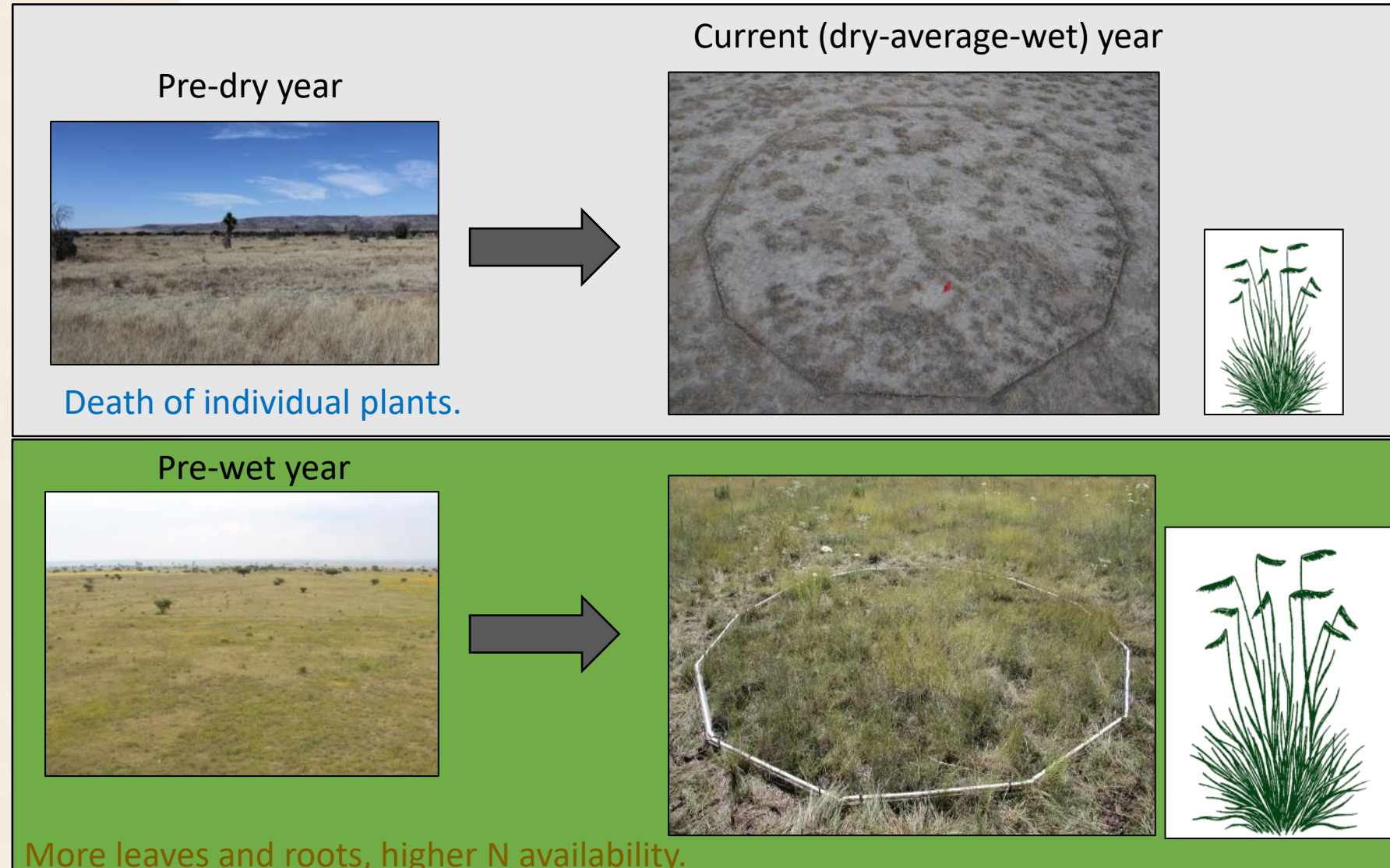
Pendiente mayor en el modelo espacial que en el temporal



Sala et al., 2013



Hipótesis de “legados de precipitación”



More leaves and roots, higher N availability.

Sitio de estudio

Invierno - primavera



verano - otoño



Adaptado a disturbios



Abril 2017

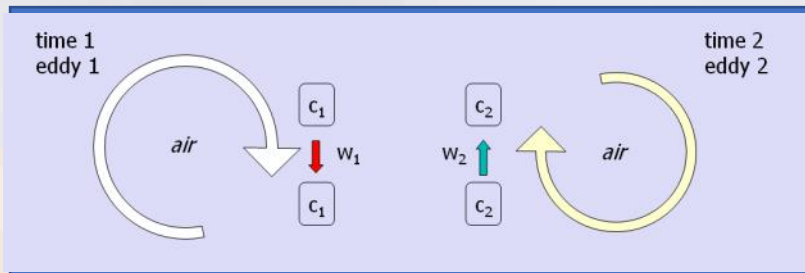


Septiembre 2017

28

Métodos

Covarianza de vórtices (Eddy covariance)



NEE fue estimado como:

$$NEE = \overline{w'CO_2'}$$

$$NEP \approx -NEE$$

$$GPP \approx GEE = -NEE + RE$$

- 10 Hz
- 24 horas
- 4 años
- 42247 30-min periodos (60%)

Método

Eficiencia inherente del uso del agua

La eficiencia del uso del agua del ecosistema se calculó como la eficiencia inherente del uso del agua (IWUE; Beer et al., 2009), que es equivalente a la eficiencia intrínseca del uso del agua a nivel foliar (WUEi), como indicador de la relación entre la absorción de carbono y la conductancia en la superficie.

$$IWUE = GEE_i * VPD_i / ET_i$$

Donde *i* denota un período de tiempo de integración, un día para este estudio. VPD_{*i*} es el déficit de presión de vapor promedio a la luz del día y ET_{*i*} es la evapotranspiración integrada (mm d⁻¹). GEE es el intercambio bruto de C del ecosistema.

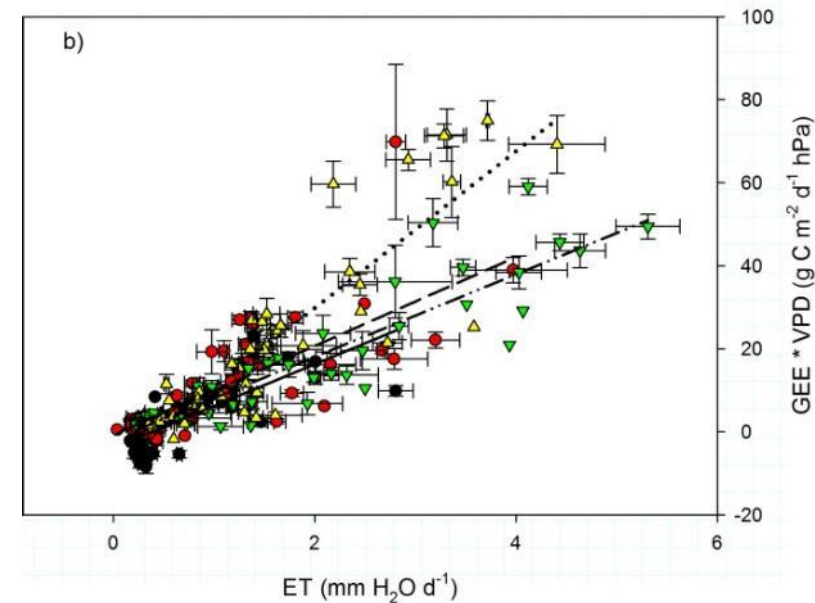
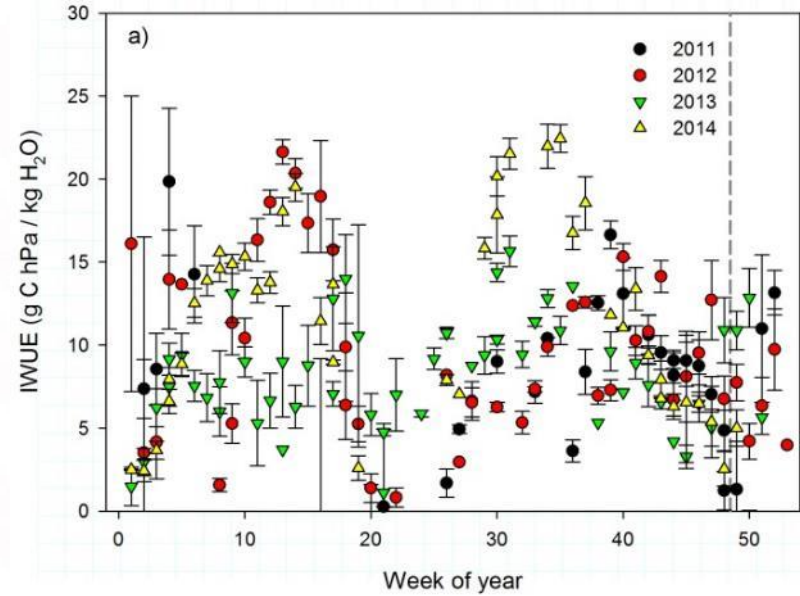
Para evitar una representación excesiva de la evaporación del suelo desnudo en las mediciones de ET, se excluyeron los datos de los días de lluvia y hasta dos días después del evento de lluvia (Beer et al. 2009). Las estimaciones semanales de IWUE se obtuvieron promediando el IWUE integrado diario. La relación lineal entre GEE*VPD y ET débilmente promediadas se utilizó para comparar IWUE entre años, siendo la pendiente la IWUE de todo el año.



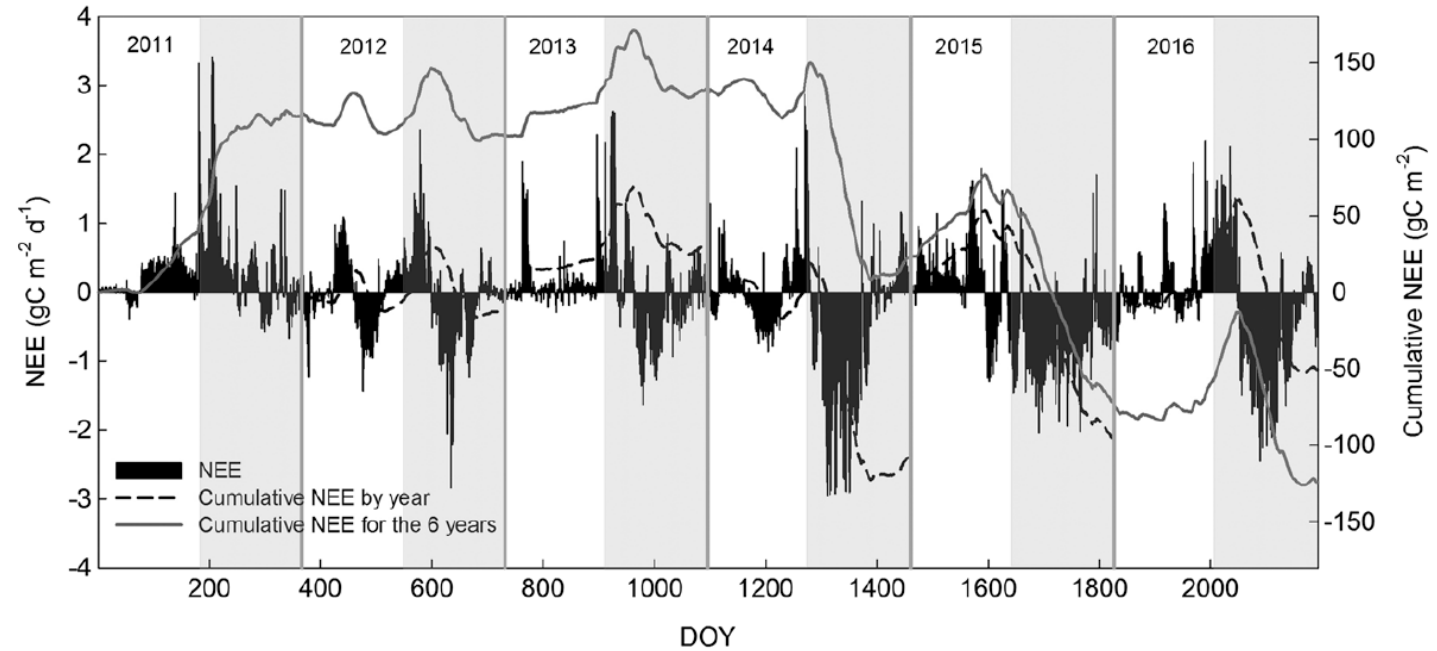
Resultados

El pastizal semiárido fue más eficiente en 2012 (IWUE = 21.6 ± 0.74 g C hPa / kg H₂O) y 2014 (19.5 ± 0.83 g C hPa / kg H₂O) en invierno y primavera, pero fue similar en Verano con excepción de 2014 (maximum IWUE = 22.44 ± 0.83 g C hPa / kg H₂O, Fig 16a).

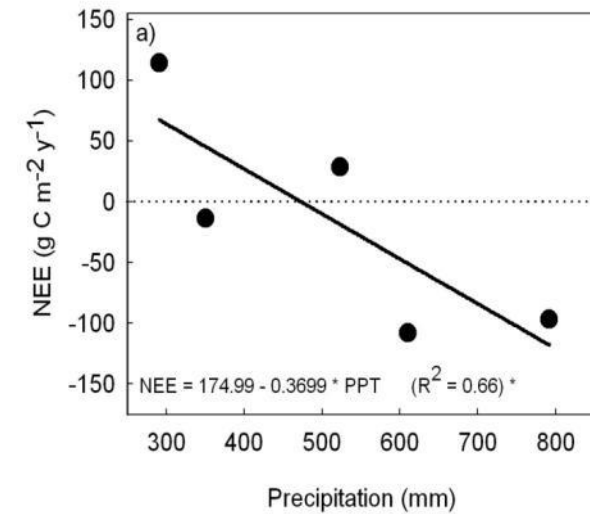
La máxima eficiencia se alcanzó en la mitad de los periodos de crecimiento.



Flujos de carbono



Year	C balance ($\text{g C m}^{-2} \text{y}^{-1}$)	PPT (mm)
2011	98.75	288.5
2012	-5.61	350.9
2013	28.86	523.4
2014	-106.59	610.4
2015	-98.36	792.21



¿Qué controla los flujos de C?

Legados estacionales de PPT

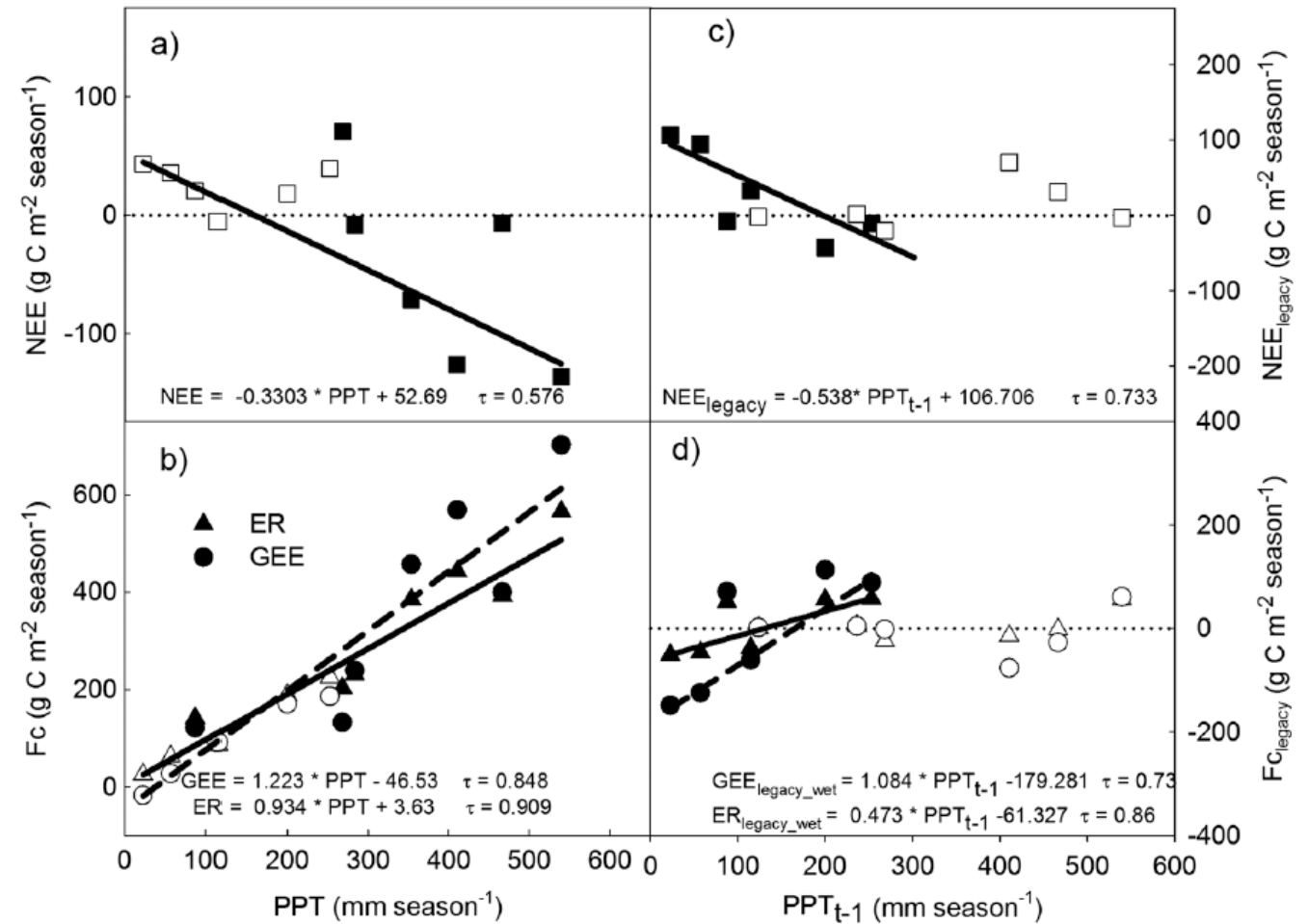


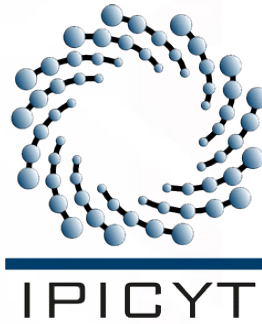
Figure 5. (a) The relationship between NEE and current seasonal PPT (open and closed symbols stand for dry and wet season C fluxes, respectively). (b) The relationship between ER, GEE, and current seasonal PPT. (c) The relationship between NEE legacies (equation (1)) and previous seasonal PPT. (d) The relationships of previous seasonal PPT and C flux legacies ($F_{C_{legacy}}$) of both ER and GEE (GEE_{legacy} and ER_{legacy}). The horizontal dotted line in (c) and (d) is a reference line indicating $F_{C_{legacy}} = 0$. C = carbon; NEE = net ecosystem carbon exchange; GEE = gross ecosystem exchange; ER = ecosystem respiration; PPT = precipitation.

Legados estacionales de PPT

- 1) Adaptaciones de las plantas a la sequía estacional.
El mantenimiento de la integridad fisiológica y estructural de *B. gracilis* durante el período seco determina la cantidad de tejidos activos preparados para capturar carbono en la próxima temporada de crecimiento.
- 2) Banco de meristemas
- 3) Reservorios de agua en el suelo



Agradecimientos



CONAHCYT

CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS



inifap

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

