



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



Programa de Doctorado en Ciencias Ambientales
Proyecto de Tesis

Oferta de servicios ecosistémicos y resiliencia de los agroecosistemas pastoriles

Estudiante: Msc. Andrea Tommasino Améndola

Orientador: Dr. José Paruelo
Co-orientador: Dr. Felipe Lezama

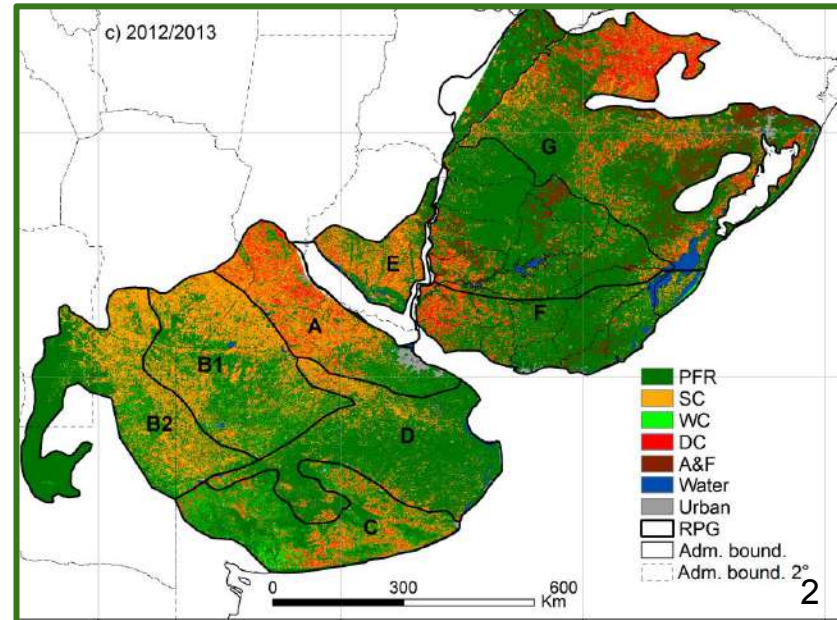
Introducción

Pastizales del Río de la Plata constituyen una de las áreas más extendidas de pastizales naturales en el mundo, abarcando una superficie de más de 70 millones de hectáreas (Soriano, 1991)



Reemplazo principalmente por: cultivos, pasturas implantadas y forestaciones (Baeza et al., 2014; Graesser et al., 2015; Volante et al., 2015, Modernel et al., 2016; Baeza & Paruelo, 2019)

Pastizales es la base forrajera de la ganadería en Uruguay

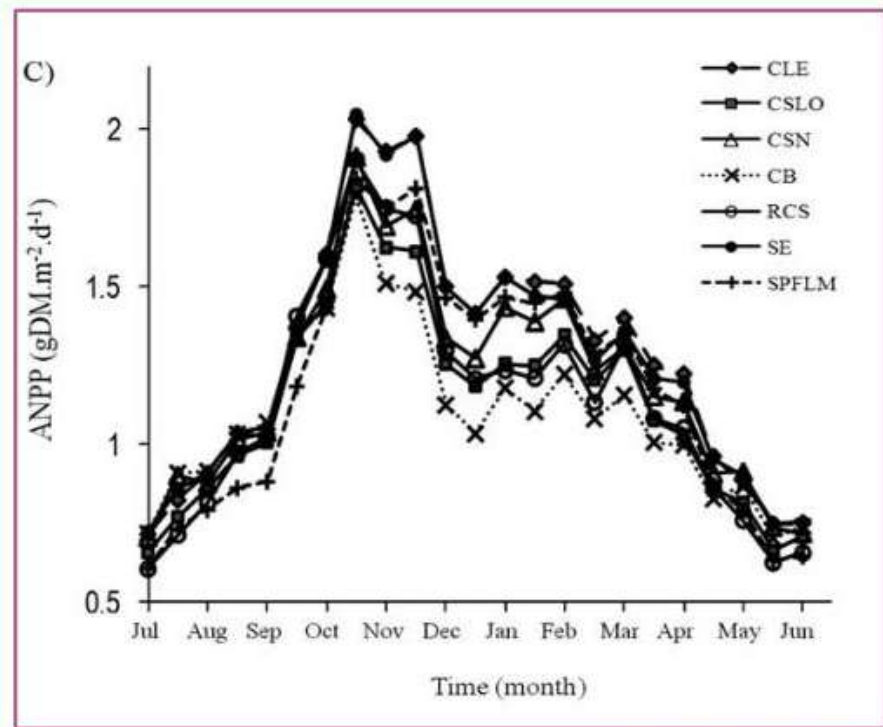
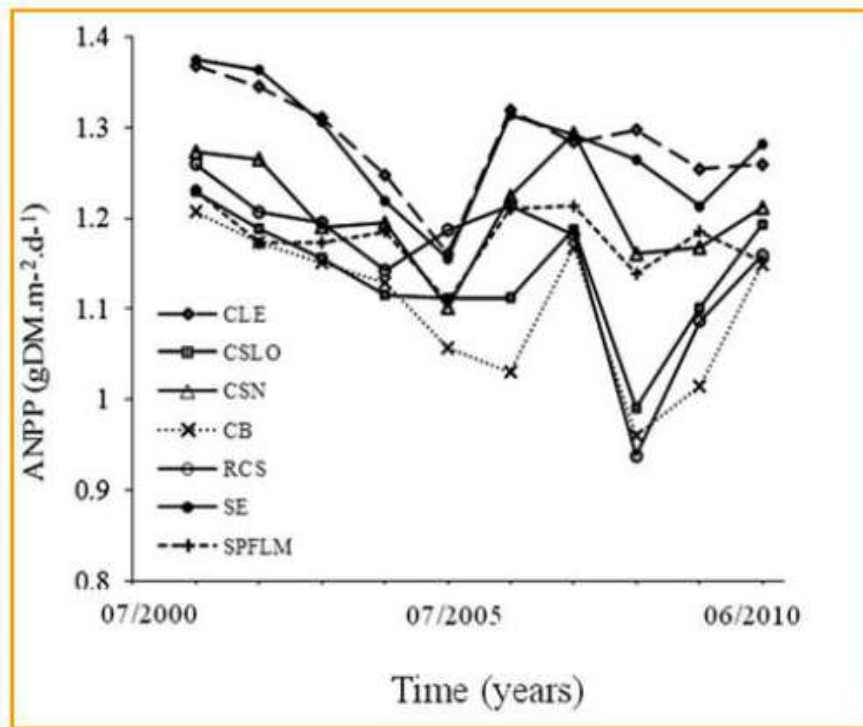


Sistemas Ganaderos

- Gran importancia económica a nivel nacional
- Pastoreo de pastizales naturales y de recursos forrajeros perennes (Berreta 2003; Molina y Perrachón, 2010)
- Variabilidad PPNA (Baeza et al., 2010; Guido et al., 2014)
- Sequía - eventos extremos - de mayor importancia para el sector (88-89, 99-00, 08-09 y 15) (Cruz et al., 2018)
- Estreses: económico-financieros, pérdida de capital social y/o humano, gestión del predio (Chapin et al., 2009), pandemia
- Presión: aumentar resultado económico → Ambiente



¿Cómo intensificar la producción de forma sostenible?



Guido et al., 2014

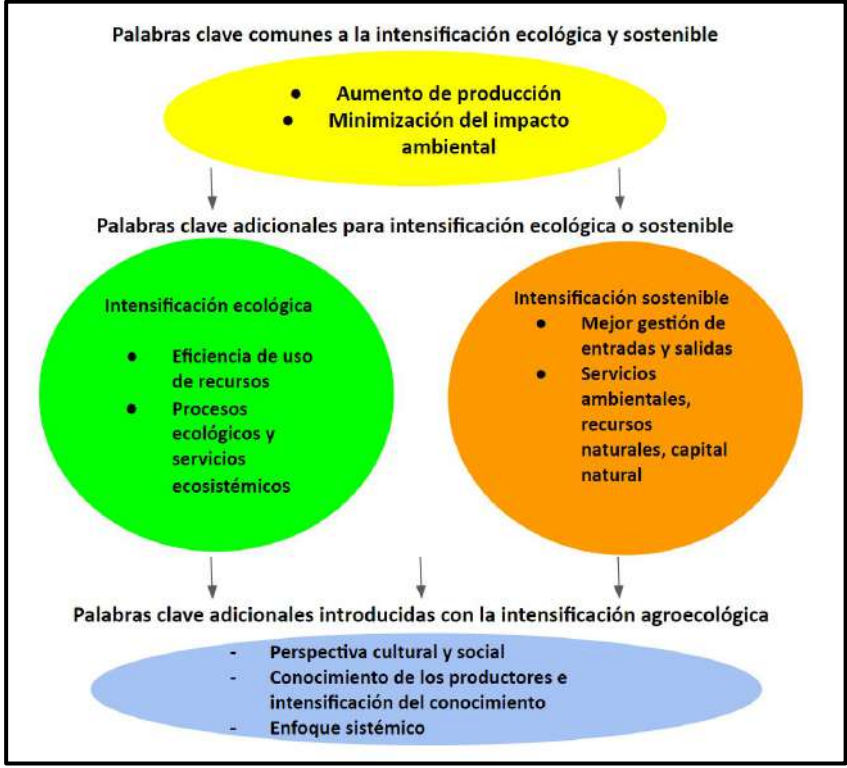
Conceptos: Intensificación Agroecológica (IA) Intensificación Ecológica (IE) Intensificación Sostenible (IS)

Agron. Sustain. Dev. (2015) 35:1283–1295
DOI 10.1007/s13593-015-0333-y

REVIEW ARTICLE

The blurred boundaries of ecological, sustainable, and agroecological intensification: a review

Alexander Wezel¹ · Gizachew Soboksa¹ · Shelby McClelland^{1,2} · Florian Delespesse¹ · Apolline Boissau^{1,3}

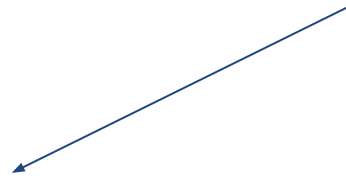
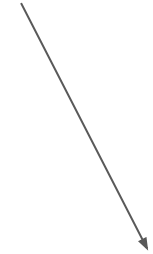


Definición, principios y prácticas

Aumentar la producción de alimentos, fibras y otros productos con el menor impacto ambiental posible

Intensificación sostenible (IS)

FAO, Foro Económico
Mundial, Naciones Unidas,
MGAP, INIA, INAC



**Construcción
¿contradicción?**
(Rockstrom et al., 2017; Lewis-Brown y
Lymberry, 2013)



**Aumento de la producción,
sin aumento del área y
minimizando los impactos
ambientales** (Pretty et al, 2011;
Wezel et al., 2015; MGAP, 2017; Scherer et
al., 2018)



Desafío

Intensificación de predios ganaderos

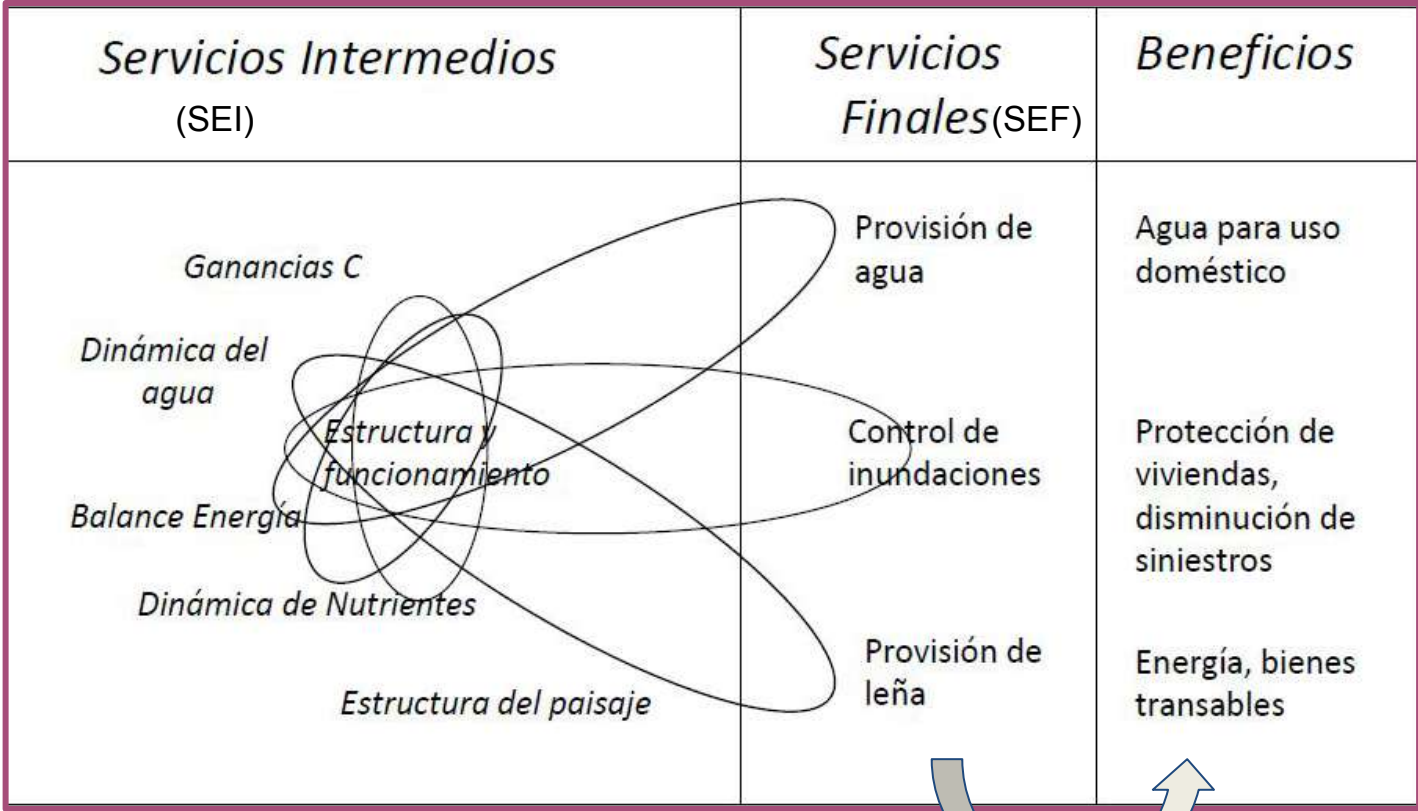


- reemplazo de pastizales por forrajeras sembrada
- mejoramientos (leguminosas)
- fertilización
- manejo del pastoreo
- otros

Sostenibilidad dependerá del **impacto** de estas intervenciones sobre la oferta de **servicios ecosistémicos (SE)**, y la resiliencia del sistema (Paruelo y Laterra 2019).

SE: son los procesos y aspectos estructurales de los *ecosistemas* que directa o indirectamente brindan un beneficio a los *humanos* (Fisher et al. 2009)

Clasificación SE



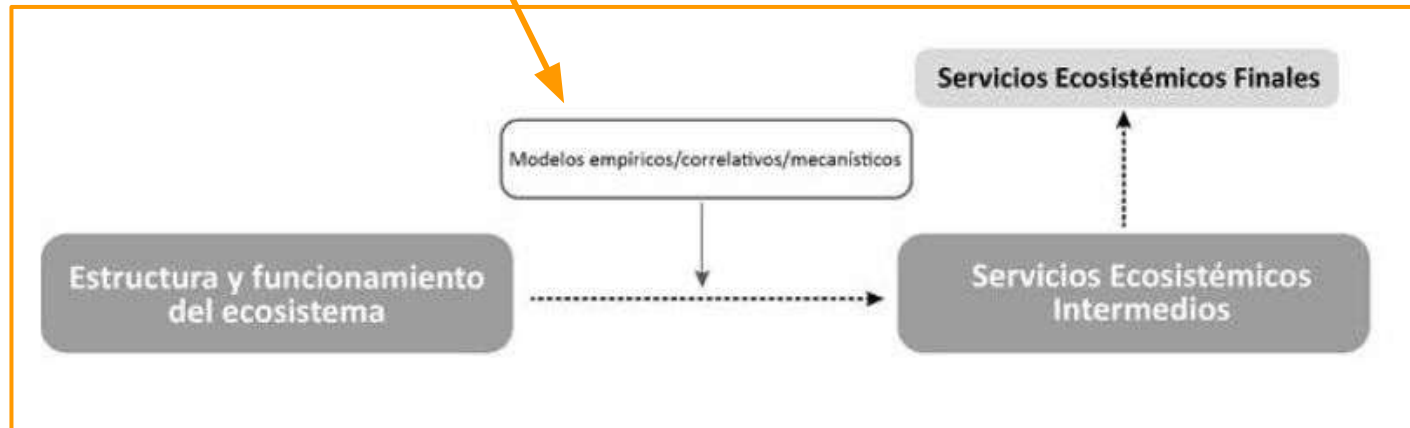
capital social / infraestructura

basado en Fisher et al., 2009

Cuantificación SE

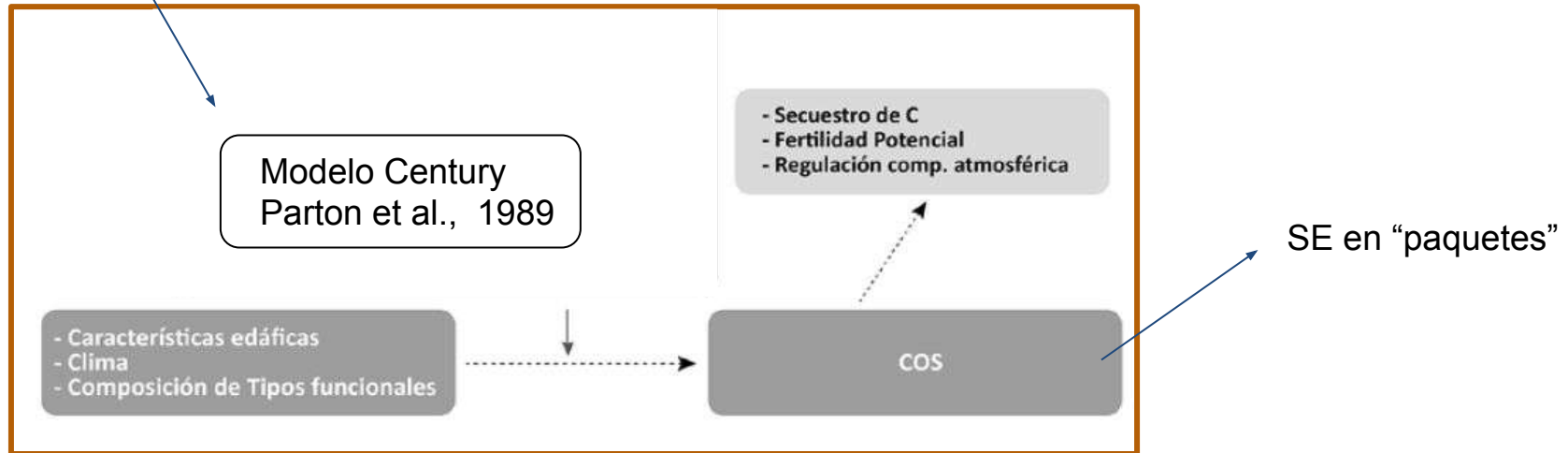
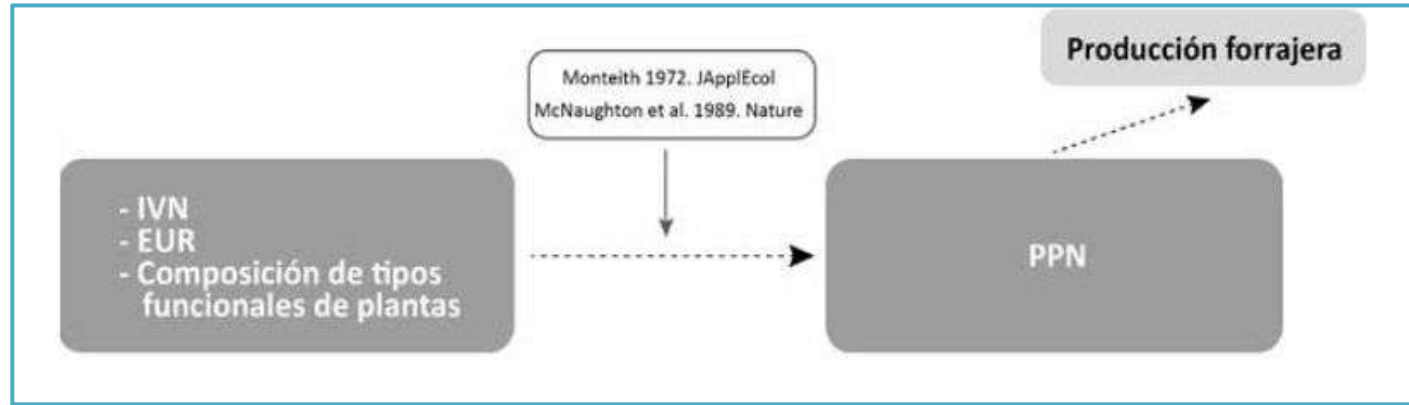
- ⇒ **Mediciones directas:** carbono orgánico suelo (SEI), producción de carne (SEF)
- ⇒ **Modelos o funciones de producción**

Conectan aspectos biofísicos y ecológicos con los servicios ecosistémicos intermedios (SEI) y los finales (SEF)



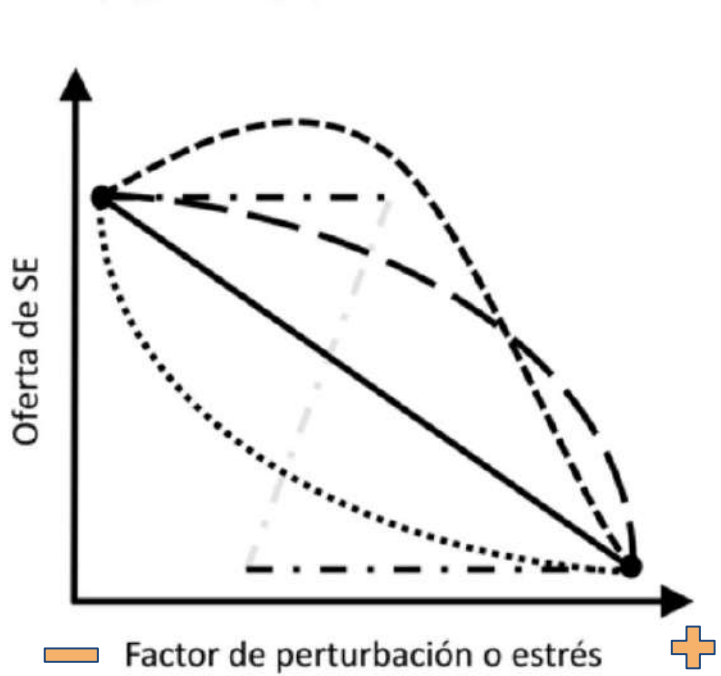
Algunos ejemplos de funciones de producción:

Proveen información acerca de la manera en que los factores ambientales, pero también el manejo, afectan la oferta de SE



➔ Funciones de impacto o afectación

- ETr
- Recarga acuíferos
- Carbono
- MOS
- Diversidad spp.



- Frestación
- Monocultivos
- Carga ganadera

asociado al uso del territorio

Cuantificación SE:

➔ **Indicadores sinópticos:** para escalas de espacio y tiempo mayores

Índice de Oferta de SE (IOSE)



- Basado en la estimación de PPN ➔ $IOSE = (IVDN_{media}) \times (1 - IVDN_{cv})$
- La E capturada por el ecosistema determina la oferta de SE (de Groot et al., 2002; Richmond et al., 2007)
- IOSE describe la oferta de un conjunto o “paquete” de SE (C org. suelo riqueza aves, recarga acuíferos, evapotranspiración)
- Cuanto más productivo es un sitio y más estable es dicha productividad durante el año, el nivel de provisión del SE es mayor

Ganadería y SE

Los efectos de la ganadería sobre los SE varían según el manejo y la intensidad de la misma (D'Ottavio et al., 2017; Modernel et al., 2019)



Alta cargas de pastoreo —————> varios SE afectados negativamente
(Overbek et al, 2007; Porqueddu et al., 2016; Modernel et al., 2019)

Cargas moderadas —————> impactos positivos sobre la oferta de algunos SE (Altesor et al., 2006; Modernel et al., 2019) o dependientes de condiciones del lugar (MOS) (Piñeiro et al., 2009)

Ganadería y SE

Mayoría de los estudios:

- número reducido de SE (Altesor et al., 2006; Piñeiro et al., 2009)
- se basan en simulaciones (Piñeiro et al., 2006)
- mensurativos sin control de aspectos de la herbivoría (Altesor et al., 2006, Lezama et al. 2014)

Experimento “vaca teórica”

(Lezama & Paruelo, 2016)



evalúa dimensiones del pastoreo y sus combinaciones actuando **sobre la estructura y el funcionamiento (servicios intermedios) de un pastizal natural**



Miraron solo algunos SE intermedios:

- estructura (diversidad de sp, TFP)
- funcionamiento vegetación (PPNA)
- densidad aparente

Ganadería y SE

Mayoría de los estudios:

- número reducido de SE (Altesor et al., 2006; Piñeiro et al., 2009)
- se basan en simulaciones (Piñeiro et al., 2006)
- mensurativos sin control de aspectos de la herbivoría (Altesor et al., 2006, Lezama et al. 2014)

Experimento “vaca teórica”

(Lezama & Paruelo, 2016)



evalúa dimensiones del pastoreo y sus combinaciones actuando **sobre la estructura y el funcionamiento (servicios intermedios) de un pastizal natural**



“Este tipo de estudio aumentará la habilidad de predecir la respuesta de las especies y tipos funcionales de plantas al pastoreo, aspecto clave en el manejo de recursos forrajeros nativos” (Bullock et al. 2001)

Ganadería y SE

Mayoría de los estudios:

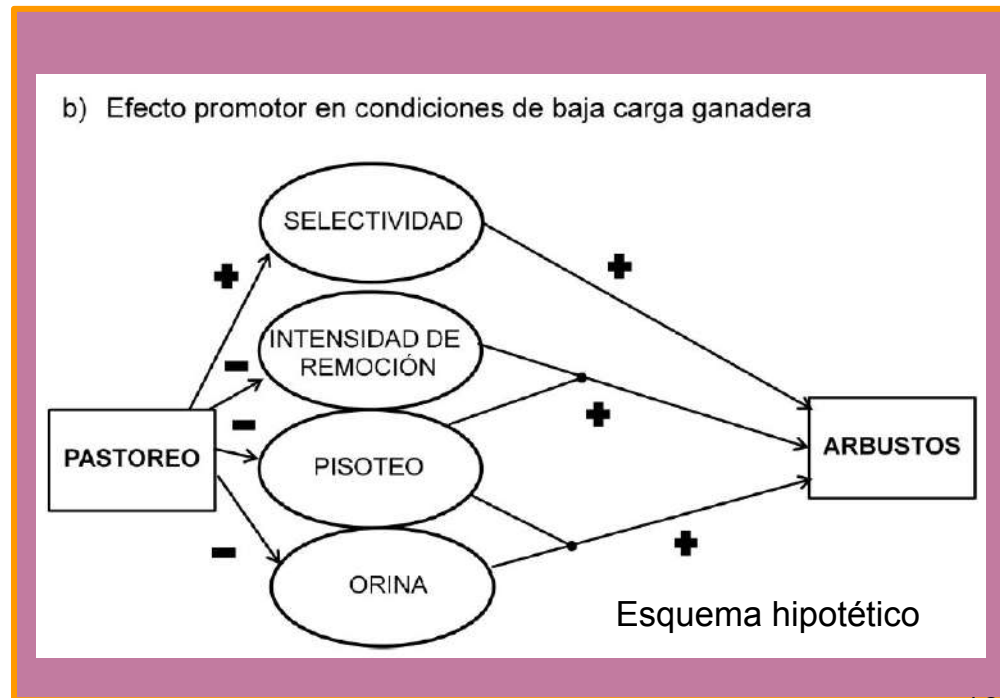
- número reducido de SE (Altesor et al., 2006; Piñeiro et al., 2009)
- se basan en simulaciones (Piñeiro et al., 2006)
- mensurativos sin control de aspectos de la herbivoría (Altesor et al., 2006, Lezama et al. 2014)

Experimento “vaca teórica”

(Lezama & Paruelo, 2016)

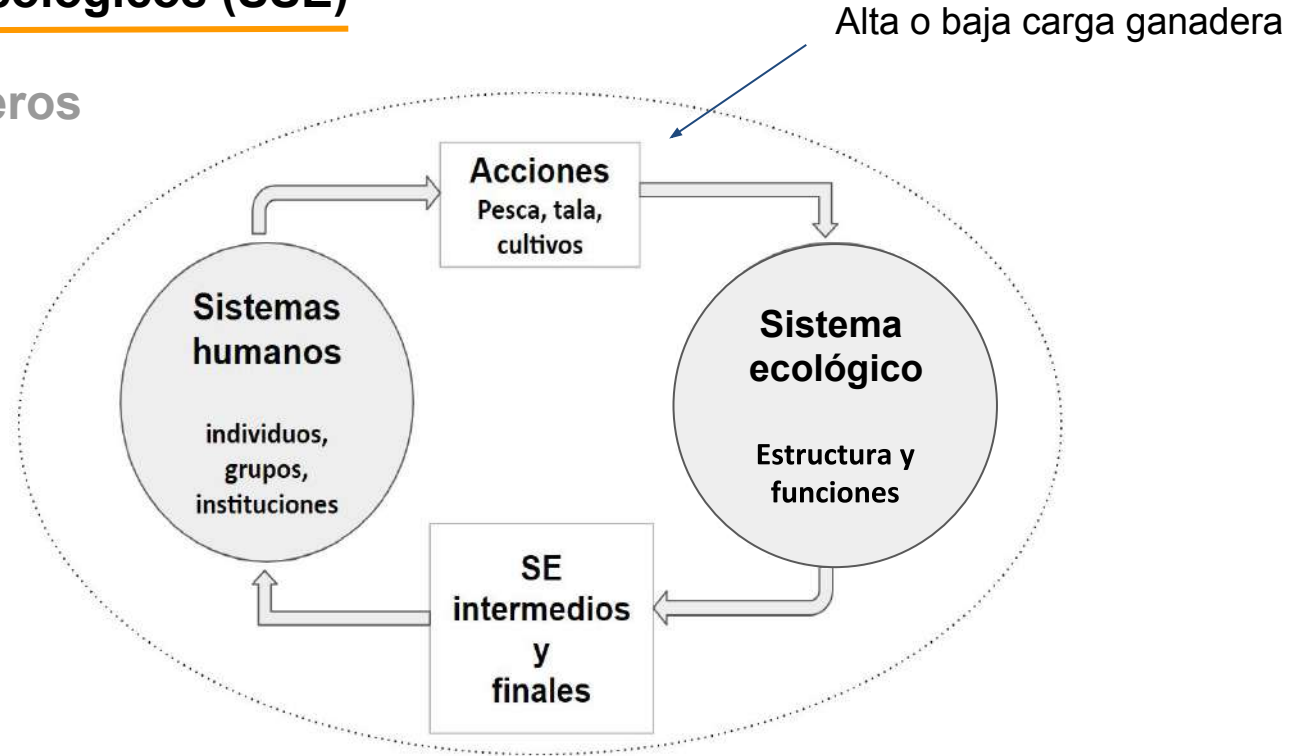


evalúa dimensiones del pastoreo y sus combinaciones actuando **sobre la estructura y el funcionamiento (servicios intermedios) de un pastizal natural**



Sistemas socio-ecológicos (SSE)

Sistemas ganaderos

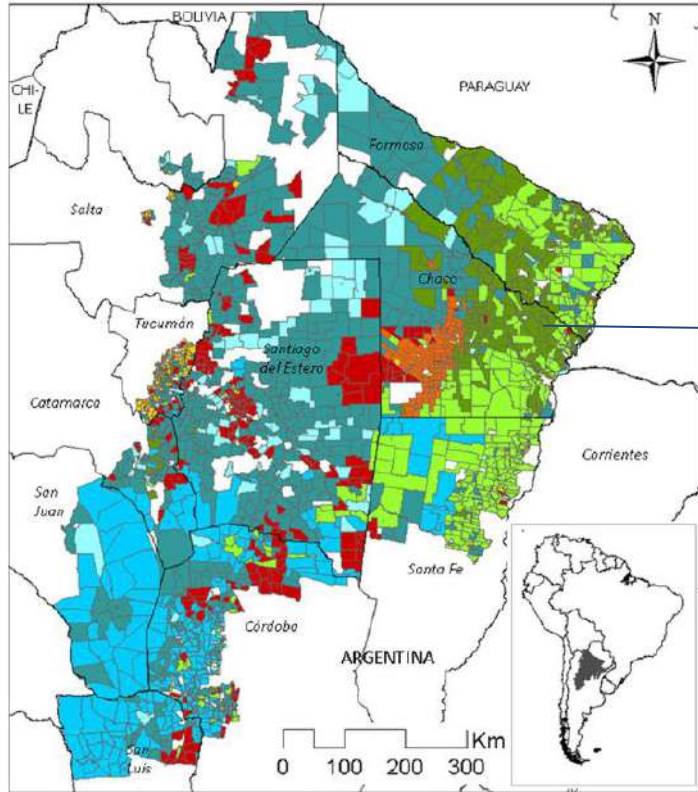


modificado de Resilience Alliance (2007)

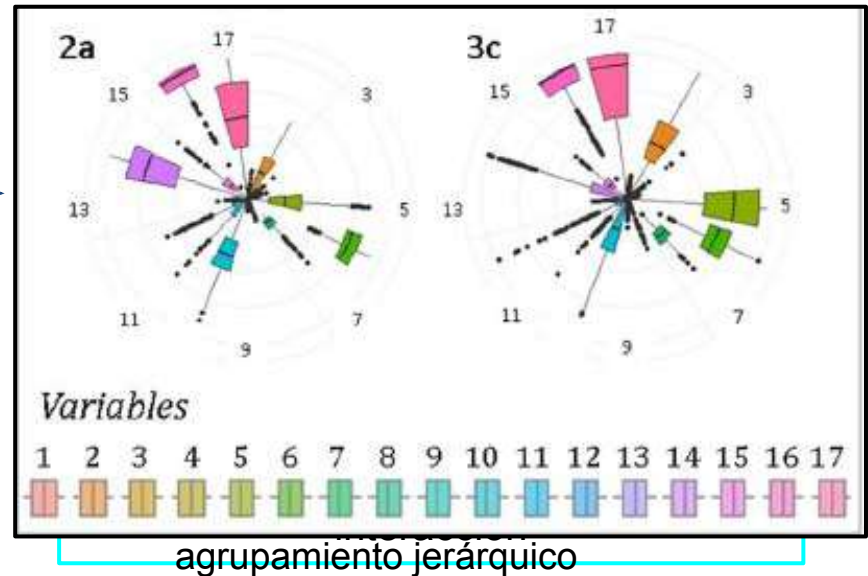
La mayoría de los trabajos que tratan la integración de la dimensión humana y ecológica son conceptuales (Herrero-Jáuregui et al., 2018)

SSE en el Chaco

Vallejos et al., 2020



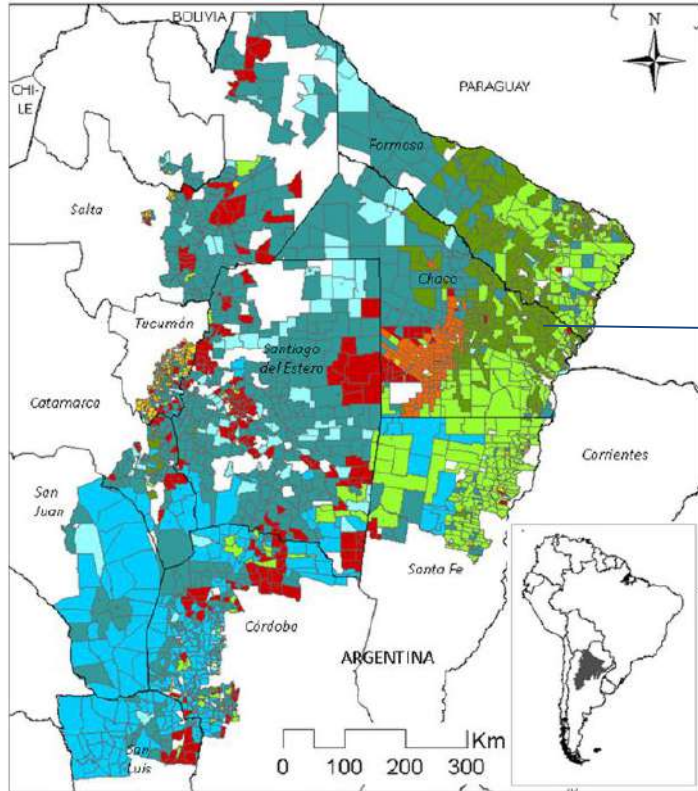
Caracterizaron cada *unidad administrativa* combinando información relativa al componente humano (ej: calidad de vida, empleo), dimensión ecológica (ej: productividad) y de interacción entre ambas (ej: pérdida de cobertura natural)



Ej: v1 población/ V6 PAnual media / V5 bosque natural / V12 área cultivo anual

SSE en el Chaco

Vallejos et al., 2020



Caracterizaron cada *unidad administrativa* combinando información relativa al componente humano (ej: calidad de vida, empleo), dimensión ecológica (ej: productividad) y de interacción entre ambas (ej: pérdida de cobertura natural)

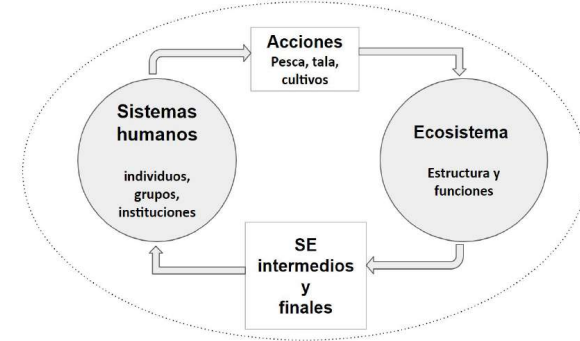
Unidades administrativas que tienen un funcionamiento socio-ecológico similar

Determina Tipos Funcionales de Socio-Ecosistemas (TFSE)

Dinámica similar en términos socioeconómicos, biofísicos y de interacción

Sistema ganaderos como SSE

proporciona la base para analizar y entender qué características de los sistemas proporcionan *resiliencia* frente a distintos estreses y perturbaciones, y cómo varía la provisión de SE (Resilience Alliance, 2007)



Resiliencia

Capacidad del sistema de absorber perturbaciones (sequía, inundación, entre otros) y mantener la estructura y funcionamiento (Holling, 1973)

Tiempo necesario para que un sistema recupere la estructura y el funcionamiento previo a una perturbación (Pim, 1984)

¿Qué provee resiliencia a un sistema productivo?

Diversidad en el tiempo y en el espacio, desde nivel genético hasta nivel paisaje

Aumenta la capacidad de respuesta ante adversidades (Chapin et al., 2009; Lin 2011; Kremen & Miles, 2012; Altieri et al., 2015)

El capital social y humano se han asociado positivamente con la resiliencia de los distintos sistemas de producción (Adger, 2000)

- preservación de los recursos naturales (Ostrom, 1994; Pretty and Ward, 2001)
- formas de manejo de la tierra (Adger 2000, Kizoz et al., 2014)

Articles

Resilience in Agriculture through Crop Diversification: Adaptive Management for Environmental Change

BRENDA B. LIN

Recognition that climate change could have negative consequences for agricultural production has generated a desire to build resilience into

Copyright © 2012 by the author(s). Published here under license by the Resilience Alliance.
Kremen, C., and A. Miles. 2012. Ecosystem services in biologically diversified versus conventional farming systems: benefits, externalities, and trade-offs *Ecology and Society* 17(4): 40. <http://dx.doi.org/10.2307/42849035>

Synthesis, part of a Special Feature on *A Social-Ecological Analysis of Diversified Farming Systems: Benefits, Costs, Obstacles, and Enabling Policy Frameworks*

Ecosystem Services in Biologically Diversified versus Conventional Farming Systems: Benefits, Externalities, and Trade-Offs

Claire Kremen¹ and Albie Miles¹

ABSTRACT. We hypothesize that biological diversification across ecological, spatial, and temporal scales maintains and regenerates the ecosystem services that provide critical inputs—such as maintenance of soil quality, nitrogen fixation, pollination, and pest control—to agriculture. Agrobiodiversity is sustained by diversified farming practices and it also supplies multiple ecosystem services to agriculture, thus reducing environmental externalities and the need for off-farm inputs. We reviewed the

Agron. Sostenib. Dev.
DOI: 10.1007/s13993-015-0285-2

REVIEW ARTICLE

Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems

Miguel A. Altieri · Clara I. Nicholls · Alejandro Henao · Marcos A. Lana

Accepted: 13 January 2015
© INRA and Springer-Verlag France 2015

21



En base a los antecedentes y al marco teórico presentados las preguntas que surgen y guían este trabajo son:



Las dimensiones del pastoreo en tanto perturbaciones en el sistema
¿Qué efectos tienen sobre la oferta de SE en los pastizales? ¿y si hay sequías?



¿Qué características del socio-ecosistema ganadero hacen variar la oferta de SE? y ¿qué características le dan mayor resiliencia ante sequías?



Dos experimentos

Objetivo general

Caracterizar la oferta de servicios ecosistémicos intermedios y la resiliencia de sistemas ganaderos extensivos frente a perturbaciones (eventos de sequía, remoción de biomasa, pisoteo) y factores endógenos y exógenos.



Objetivo específico 1

Determinar el impacto de las distintas dimensiones del pastoreo sobre los pastizales naturales respecto a la oferta de servicios ecosistémicos intermedios:

- diversidad de organismos
- productividad primaria neta,
- evapotranspiración,
- stock de carbono y nitrógeno,
- compactación e infiltración del suelo,

y de indicadores sinópticos de su provisión (IOSE).



Materiales y métodos

Experimento manipulativo - escala parche



Experimento manipulativo basado en Lezama y Paruelo (2017)

- Áreas de pastizal natural (INIA La Estanzuela y Las Brujas)
- Largo plazo
- Caracterización de suelos
- Selección de las parcelas en base a homogeneidad estructural y florística
- Dimensión parche: 2.56 m²



Materiales y métodos

Dimensiones pastoreo:

- pisoteo (+ /0) → P
- remoción (+ / ++) → I
- selectividad (+ /0) → S
- orina (+/0) → N

¿Cómo?

				INTENSIDAD				
				I+		I-		
				SELECTIVIDAD				
				S+	S-	S+	S-	
PISOTEO	P+	NITRÓGENO	N+	N+	I+S+P+N+	I+S-P+N+	I-S+P+N+	I-S-P+N+
			N-	N+	I+S+P+N-	I+S-P+N-	I-S+P+N-	I-S-P+N-
	N+		N-	I+S+P-N+	I+S-P-N+	I-S+P-N+	I-S-P-N+	
	N-		N-	I+S+P-N-	I+S-P-N+	I-S+P-N-	I-S-P-N-	


- Diseño factorial completo (4 factores - 2 niveles c/u) - ANOVA con medidas repetidas
- 4 repeticiones (16*4) + 4 control = 68 parcelas

Materiales y métodos: parche/manipulativo

Variables a medir:

- composición de especies vegetales
- productividad primaria neta aérea
- evapotranspiración
- eficiencia en el uso de la radiación y el agua
- diversidad de macrofauna y comunidades microbianas
- parámetros físico-químicos del suelo: stocks de carbono y nitrógeno total, MOP, MOAM, tasa mineralización N, infiltración y compactación
- Calculo IOSE

- Resiliencia (resistencia y recuperación)



oferta SE en
cada
tratamiento

Descripción exhaustiva

Objetivo específico 2

Determinar cómo los factores biofísicos, los asociados a la dimensión humana y sus interacciones modifican la oferta de SE en predios con distintas estrategias de intensificación, y su vínculo con la resiliencia de los predios ganaderos ante eventos de sequía.



Hipótesis

Hipótesis 1. La biodiversidad a nivel de especies, de tipos funcionales y de paisaje incrementa los recursos y estrategias de recuperación del sistema ante adversidades.

Predicción 1.1. Los establecimiento ganaderos con mayor proporción de pastizales naturales y/ o montes nativos serán los más resilientes ante sequías y presentarán mayor oferta de SE.

Predicción 1.2. A igual proporción de hábitats naturales la diversidad de usos del establecimiento aumenta la resiliencia y oferta de SE.

Hipótesis

Hipótesis 2. Mayor capital social y humano favorece la preservación de los recursos naturales.

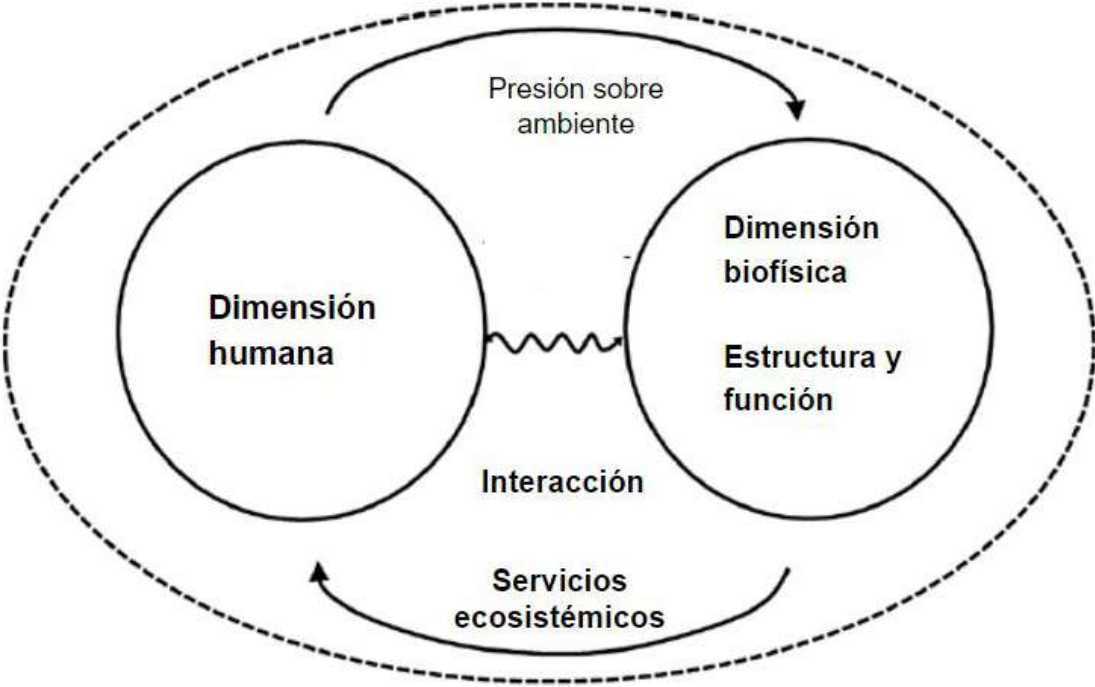
Predicción 2.1. Los establecimientos ganaderos con mayor capital social y humano tendrán una mayor oferta de SE y mostrarán mayor resiliencia ante sequías.

Metodología

Experimento mensurativo - predio comerciales



Dimensiones	Aspectos	Variables	Indicador
Humana	Capital Social Capital Humano Capital Infraestructura	Organizaciones a las que pertenece y grado de participación Nivel de formación Grado de asesoramiento Tamaño predio Tipo de actor	
Biofísica	Diversidad funcional Diversidad estructural Funcional	Riqueza y diversidad de tipos funcionales de ecosistemas Riqueza y diversidad de tipos de cobertura Proporción de habitats naturales Riqueza y diversidad de comunidades de pastizal Sequía	
Interacciones	Presión sobre el ambiente	Carga Proporción agricultura	kg carne/sup.
	SEI y "paquetes" de SEI Resiliencia	IOSE PPNA Eficiencia en el Uso del Agua ETr resistencia recuperación	IOSE NDVI ETr/PMA

Dimensiones	Aspectos	Variables	Indicador
<i>Humana</i>	 <p>The diagram illustrates the interaction between two dimensions: the human dimension and the bio-physical dimension. The human dimension is represented by a circle on the left containing the text 'Dimensión humana'. The bio-physical dimension is represented by a circle on the right containing the text 'Dimensión biofísica' and 'Estructura y función'. A wavy line connects the two circles, labeled 'Interacción'. A dashed oval encloses both circles. Two curved arrows form a cycle: one at the top labeled 'Presión sobre ambiente' points from the human dimension to the bio-physical dimension, and one at the bottom labeled 'Servicios ecosistémicos' points from the bio-physical dimension back to the human dimension.</p>		
<i>Biofísica</i>			
<i>Interacciones</i>			
	recuperación		

Metodología

Base de datos:

Registro (establecimiento)	DH				DBf				INT			
	Ind 1	Ind 2	Ind 3	Ind j	Ind 1	Ind 2	Ind 3	Ind j	Ind 1	Ind 2	Ind 3	Ind j
1												
2												
3												
.												
.												
.												
.												
n (>100)												

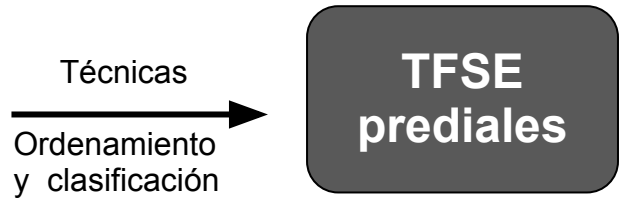
Fuentes:

- Seguimiento forrajero Instituto Plan Agropecuario
- FUCREA
- Proyectos FPTA Transferencia
- Predios proyecto FPTA "Gestión del Pasto"
-

Análisis

1. Caracterización predios

Registro (establecimiento)	DH				DBf				INT			
	Ind 1	Ind 2	Ind 3	Ind j	Ind 1	Ind 2	Ind 3	Ind j	Ind 1	Ind 2	Ind 3	Ind j
1												
2												
3												
...												
...												
...												
...												
n (>100)												



2. Hipótesis sobre controles de la oferta SEI

Mediante la generación de modelos en donde se evalúen la asociación entre los descriptores de la oferta de SE y las variables descriptoras de la dimensión humana y de la biofísica

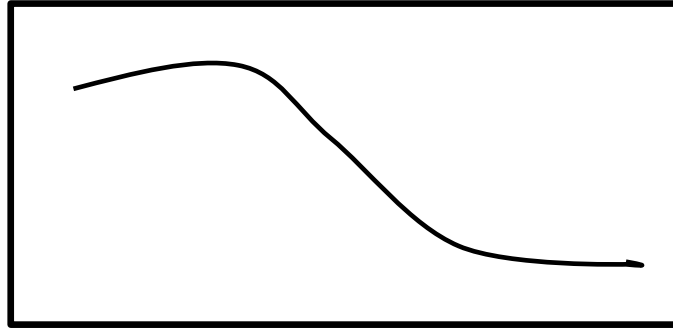
SEI y "paquetes" de SEI	IOSE PPNA Eficiencia en el Uso del Agua ETr Resiliencia resistencia recuperación
-------------------------	---

= f

Humana	Capital Social Capital Humano Capital Infraestructura	Organizaciones a las que pertenece y grado de participación Nivel de formación Grado de asesoramiento Tamaño predio Tipo de actor
Biofísica	Diversidad funcional Diversidad estructural Funcional	Riqueza y diversidad de tipos funcionales de ecosistemas Riqueza y diversidad de tipos de cobertura Proporción de habitats naturales Riqueza y diversidad de comunidades de pastizal Sequía

3. Intensificación mediante funciones de Impacto

SEI / IOSE



*Presión sobre el ambiente
(carga animal, proporción agricultura,
fertilización, otros)*

Resultados esperados

- ✓ Experimentos manipulativos —————> conocer los efectos de cada componente del pastoreo sobre la estructura y funcionamiento de las distintas comunidades de pastizales, y ***tener cuantificado cómo ello impacta en la oferta de SE.***
- ✓ Experimentos mensurativo (predios comerciales) —————> ***conocer la oferta de SE para los distintos grados de intensificación,*** identificar la influencia de los aspectos vinculados con la dimensión humana sobre la ***resiliencia de los sistemas.***
- ✓ Información clave para las instituciones y organismos vinculados a la toma de decisiones en políticas públicas —————> identificar la sostenibilidad de distintas alternativas de intensificación.

Factibilidad

- Beca ANII doctorado 3 años
- Programa CSIC 2018: “Análisis de la sostenibilidad del pastizal en un contexto de intensificación productiva: cambios en la biodiversidad y la oferta de servicios ecosistémicos en respuesta al manejo de agroecosistemas”
- Instalaciones, materiales y locomoción: INIA, Facultad de Ciencias y Agronomía

Cronograma

		1er año												2do año												3er año												
	Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
1	Actualización bibliográfica	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
2	Selección y recopilación datos de las chacras comerciales	x	x																																			
3	Montar 2 experimentos manipulativos de efecto de las dimensiones del pastoreo	x	x																																			
4	Muestreo suelo en cada experimento			x																																		
5	Caracterización de uso y cobertura de las chacras comerciales			x	x	x	x																															
6	Toma de datos para productividad primaria neta aérea, eficiencia uso de radiación y agua. Mantenimiento experimentos			x		x			x			x			x			x			x			x			x			x								
7	Muestreo biodiversidad macrofauna y microorganismos			x		x			x			x			x			x			x			x			x			x								
8	Muestreo florístico			x											x														x									

A wide-angle photograph of a field of tall, golden-brown grasses in the foreground, reaching towards a horizon line. In the background, a dark line of trees is visible against a sky transitioning from a pale blue to a warm, golden yellow, suggesting a sunset or sunrise. The overall mood is peaceful and serene.

¡Gracias por su atención!

