

La Relevancia del Rol del Suelo como Almacén de Agua para el Desarrollo Sostenible de la Agricultura en Chile

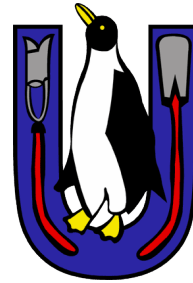
Dr. José Dörner

Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos
Facultad de Ciencias Agrarias y Alimentarias

UACH

CISVo – UACH

CISFECh



CISFECh
Soil and Ecosystem Functions
Research Center of Chile



Centro de Investigación
en Suelos Volcánicos



Alexander von Humboldt
Stiftung / Foundation

FONDECYT 11060130

FONDECYT 1100957

FONDECYT 1130795

FONDECYT 1130546

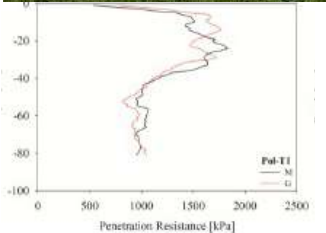
FONDECYT 1181515

FONDECYT 1191057

ACT210060

FONDECYT 1231934

DFG



Liderando la Sostenibilidad
Agroalimentaria

22 abril 2026
Inauguración Año
Académico

Outline



¿Qué es el Suelo?

Servicios Ecosistémicos del Suelo

El Rol del Suelo como Almacén de Agua

Experimentos de Campo “Conservación de la Estructura y del Agua en el Suelo”

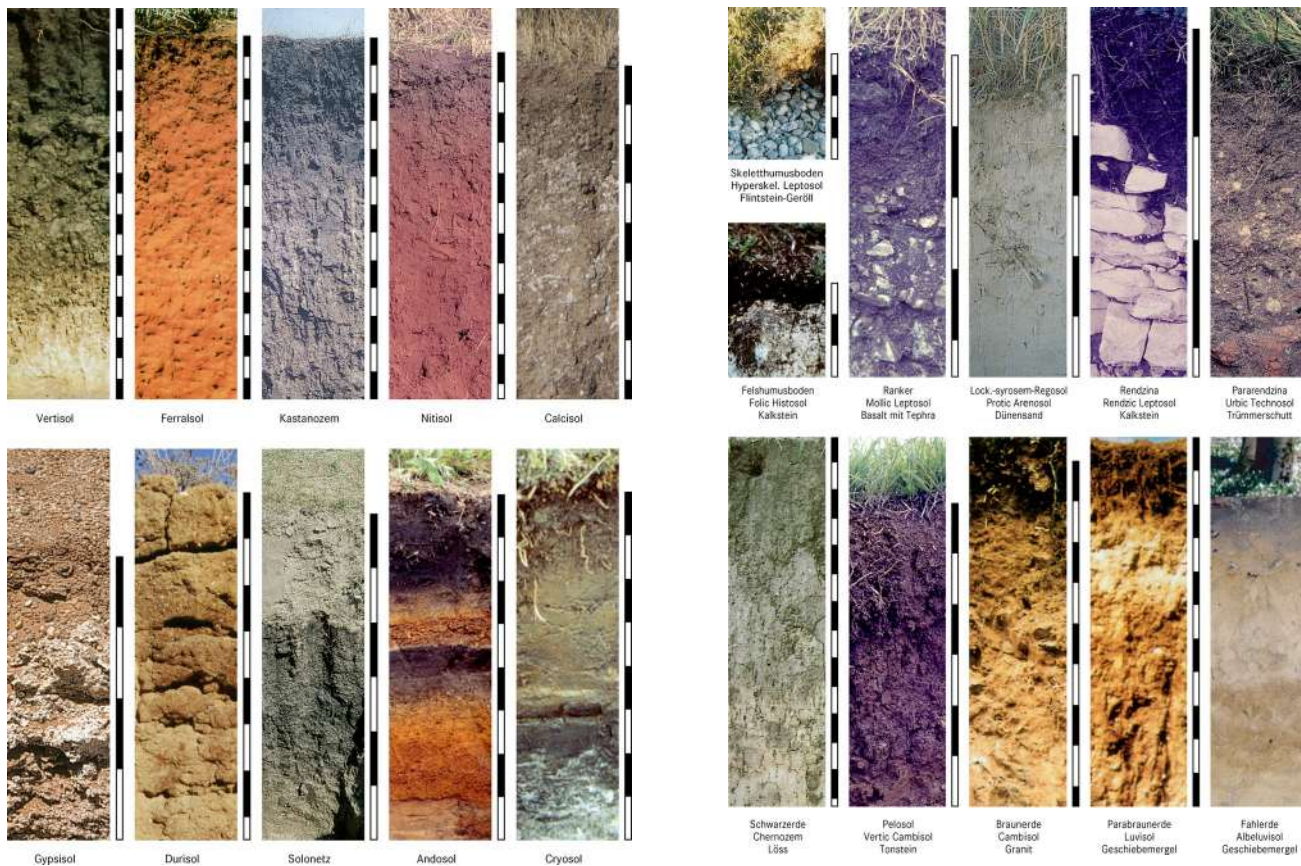
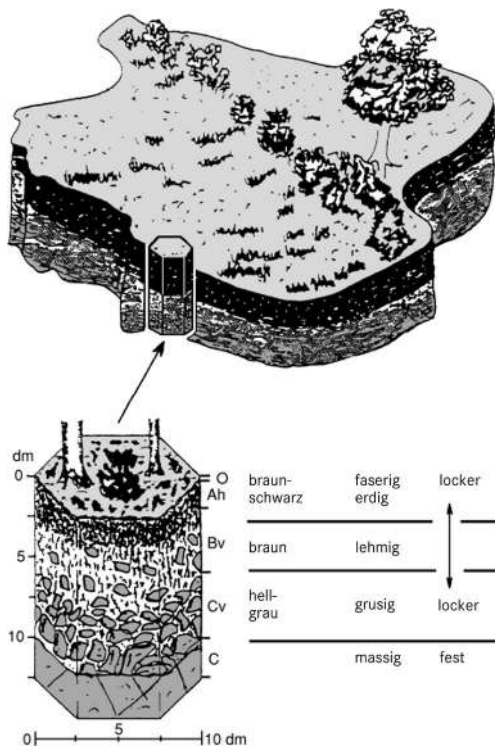
Comentarios Finales



¿Qué es el Suelo?

El material orgánico o mineral que se ubica inmediatamente sobre la superficie de la tierra y que sirve como medio natural para el crecimiento de las plantas

Suelo: “La Piel de la Tierra”



Diversidad de Pieles
Maravillosos Colores
Diversidad de Características

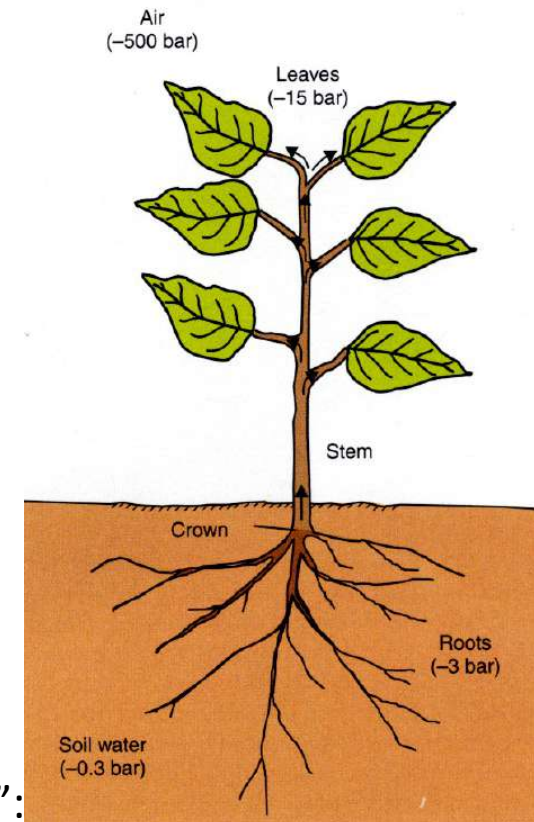
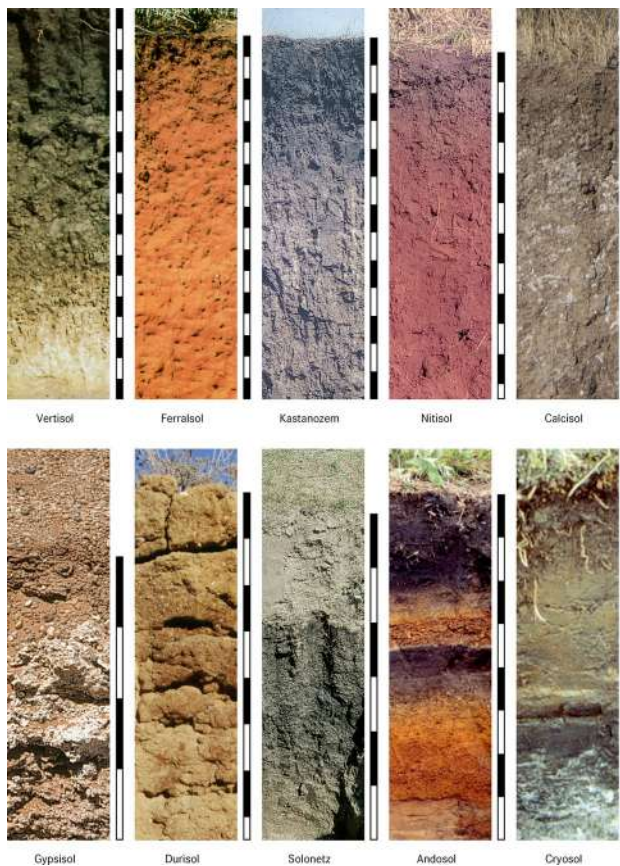
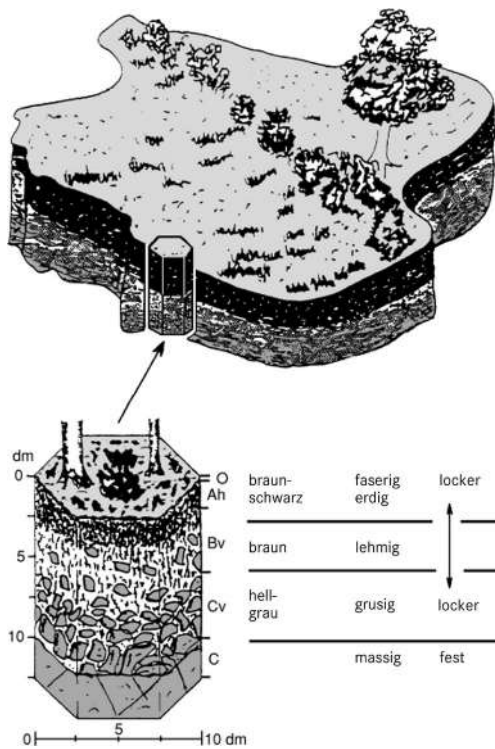
Jenny (1941) “Factores de Formación”:
 $S = f (cl, o, p, r, t, \dots)$

“We know more about the movement of celestial bodies than about the soil underfoot”
(Da Vinci, around 1500).

¿Qué es el Suelo?

El material orgánico o mineral que se ubica inmediatamente sobre la superficie de la tierra y que sirve como medio natural para el crecimiento de las plantas

Suelo: “La Piel de la Tierra”



30% Superficie Tierra
Producción Alimentos
Seguridad Alimentaria

Jenny (1941) “Factores de Formación”:
 $S = f (cl, o, p, r, t, \dots)$

“We know more about the movement of celestial bodies than about the soil underfoot”
(Da Vinci, around 1500).

¿Qué es el Suelo?

El material orgánico o mineral que se ubica inmediatamente sobre la superficie de la tierra y que sirve como medio natural para el crecimiento de las plantas



Producción Alimentos

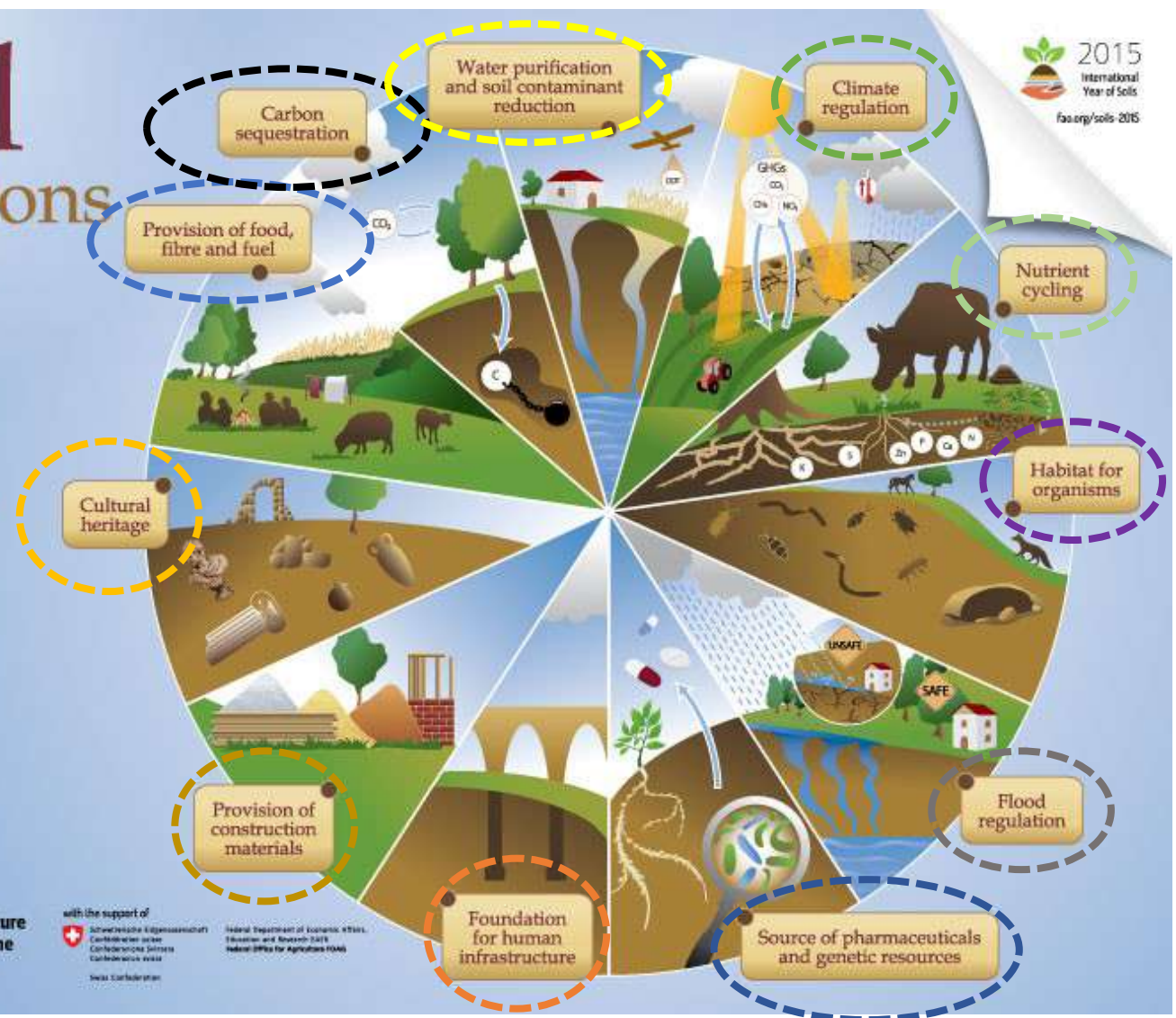
Suelo como Base

Servicios Ecosistémicos del Suelo

Suelo: “La Piel de la Tierra que nos brinda Múltiples Servicios Ecosistémicos”

Soil functions

Soils deliver ecosystem services that enable life on Earth



- Provisión Alimentos, Fibra y Combustibles
- Secuestro de Carbono
- Purificación Agua
- Regulación del Clima
- Ciclo Nutrientes
- Hábitat de Organismos
- Regulación Inundaciones
- Fuente de RR Genéticos y Farmacéuticos
- Medio Físico para Edificaciones
- Provisión Materiales Construcción
- Archivo de la Historia



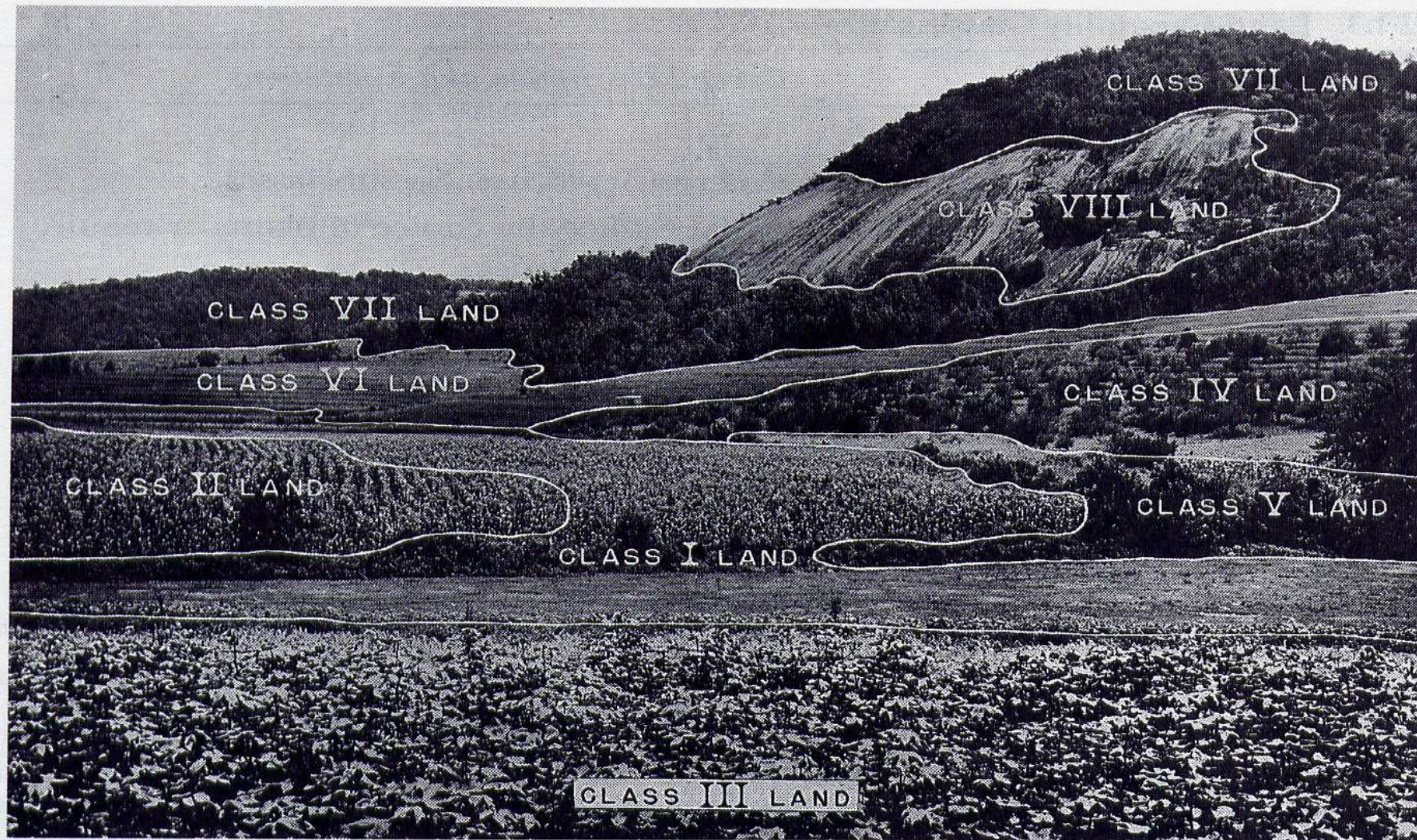
Degradación del Suelo
Cambio en la salud del suelo
resultando en una disminución de la
capacidad del ecosistema para
producir bienes o prestar servicios
para sus beneficiarios



Más del 75 % de la superficie terrestre del planeta ya se encuentra degradada y podría aumentar a más del 90 % de aquí a 2050

Cada año se degrada una superficie total equivalente a la mitad del tamaño de la Unión Europea

La degradación de los suelos y el cambio climático provocarán una reducción del rendimiento mundial de los cultivos de aproximadamente un 10 % de aquí a 2050



LAND CAPABILITY CLASSES			
SUITABLE FOR CULTIVATION		NO CULTIVATION – PASTURE, HAY, WOODLAND, AND WILDLIFE	
I	Requires good soil management practices only	V	No restrictions in use
II	Moderate conservation practices necessary	VI	Moderate restrictions in use
III	Intensive conservation practices necessary	VII	Severe restrictions in use
IV	Perennial vegetation – infrequent cultivation	VIII	Best suited for wildlife and recreation

FIGURE 1.5 Land-capability classes. (Courtesy U.S. Soil Conservation Service.)

Calidad & Evaluación de Suelos

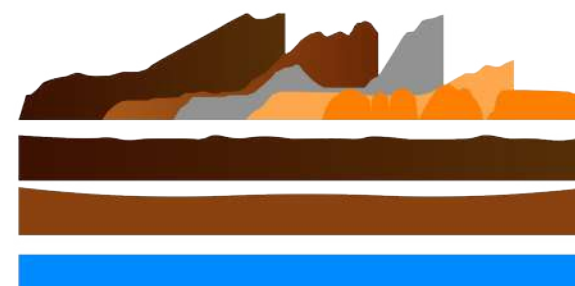
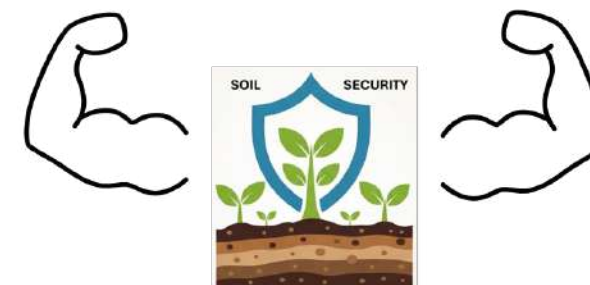
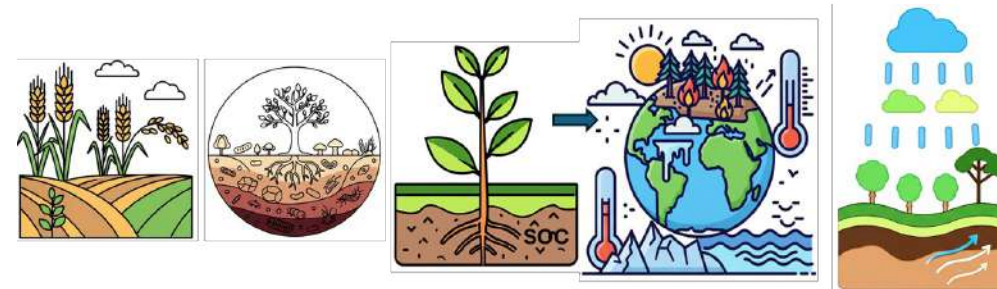
¿Qué servicios ecosistémicos nos brinda el bosque y el suelo?



¿Qué puede ocurrir por este cambio de uso en el recurso?



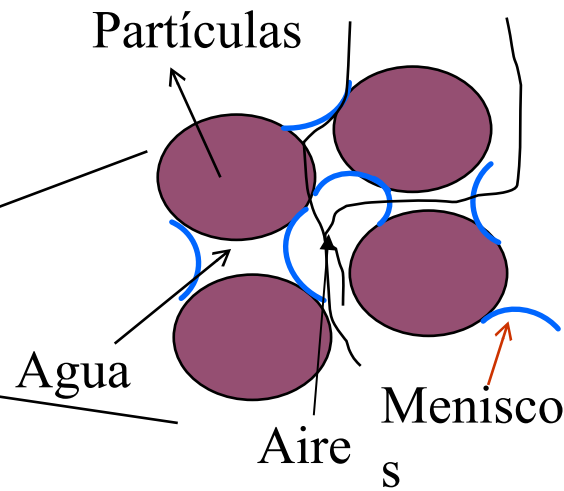
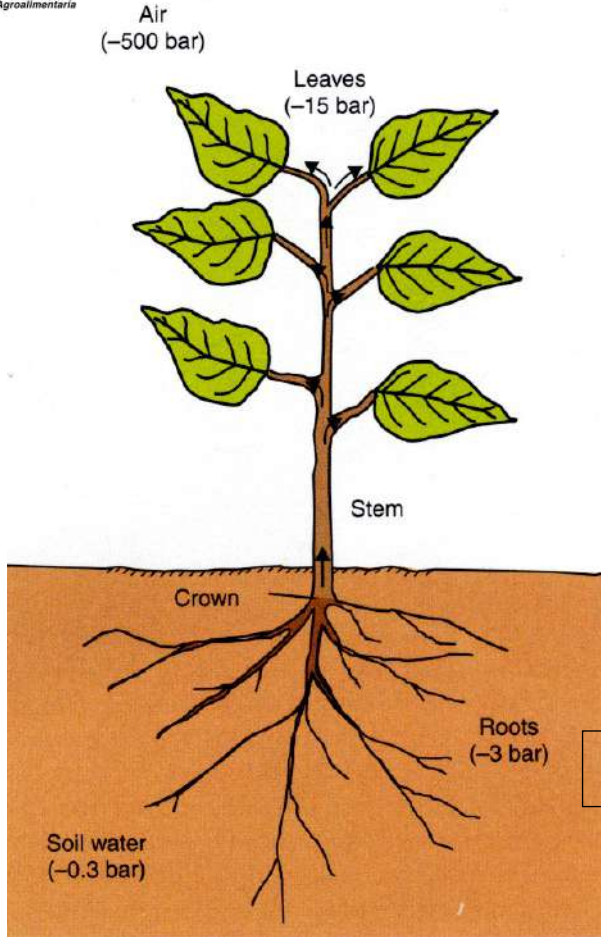
Calidad & Evaluación de Suelos



CISFECh
 Soil and Ecosystem Functions
 Research Center of Chile

El Rol del Suelo como Almacén de Agua

¿Por qué estudiar las **Propiedades Físicas del Suelo** en Agricultura?



Suelo = Almacén

Plantas →

Anclaje

Almacen = Nutrientes disueltos en la solución del suelo (agua)



El Rol del Suelo como Almacén de Agua

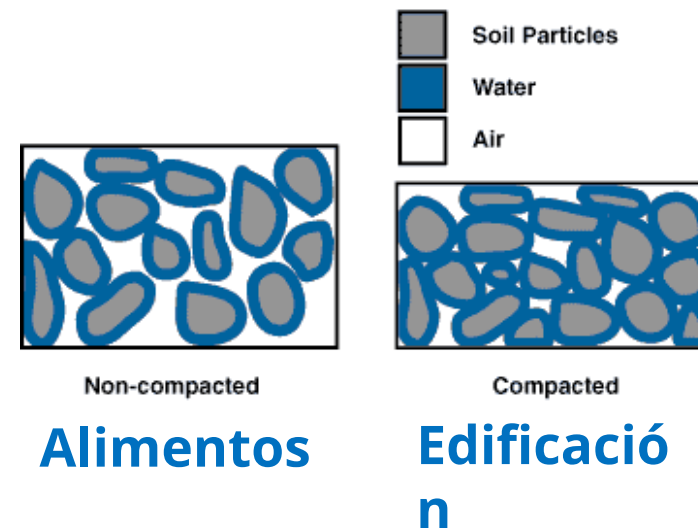
Funciones del Suelo en el Agro(Ecosistema) El concepto “Calidad de Suelo”

Calidad de Suelo:

Capacidad del suelo para *funcionar* de acuerdo a un **uso específico**

Funciones del Suelo en la Biosfera

- Regulador de Ciclos (agua, aire, sustancias inorgánicas y orgánicas)
- Hábitat (Microorganismos, Plantas, Animales y Seres Humanos)
- Sustrato (Agrícola – Forestal)
- Archivo de la Historia (Paisaje)



“La capacidad funcional de un tipo específico de suelo, para sustentar la productividad animal y vegetal, para mantener o mejorar la calidad del agua y el aire, y sostener el asentamiento y salud humanos con límites ecosistémicos naturales o determinados por el manejo” Karlen *et al.* (1997).



El Rol del Suelo como Almacén de Agua

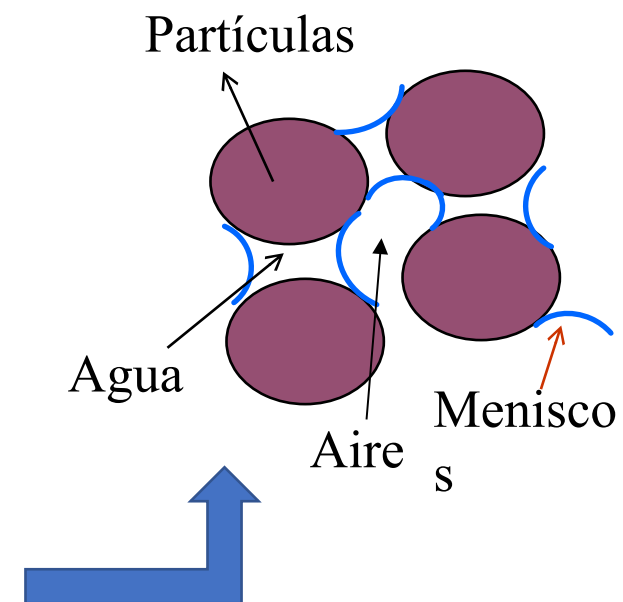
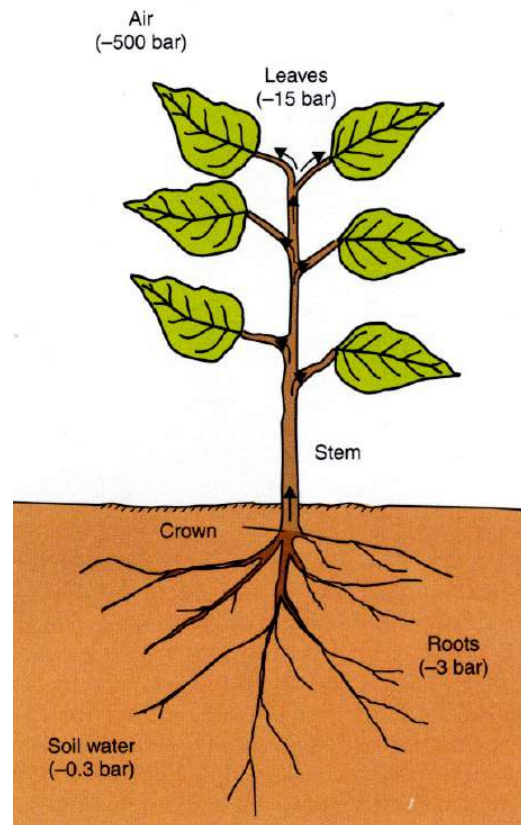
Funcionamiento Físico del Suelo

SOPORTE
ALMACENAMIENTO
CONDUCCION

Luz
Calor
Agua
Nutrientes
Espacio

Plantas

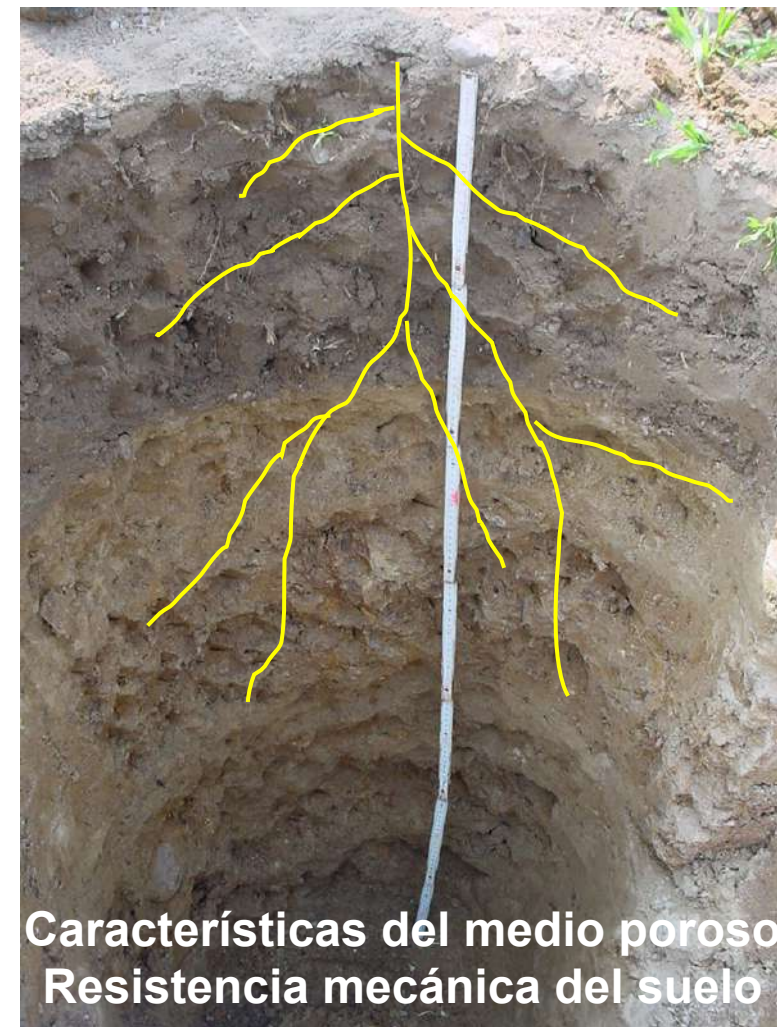
Anclaje raíces
Almacen y transporte de agua y nutrientes
Deposito desechos metabólicos



El Rol del Suelo como Almacén de Agua

Funcionamiento Físico del Suelo

Balance Hídrico

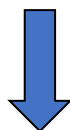


El Rol del Suelo como Almacén de Agua

Funcionamiento Físico del Suelo

Agua, Aire, Calor
Almacenamiento
Conducción

Textura

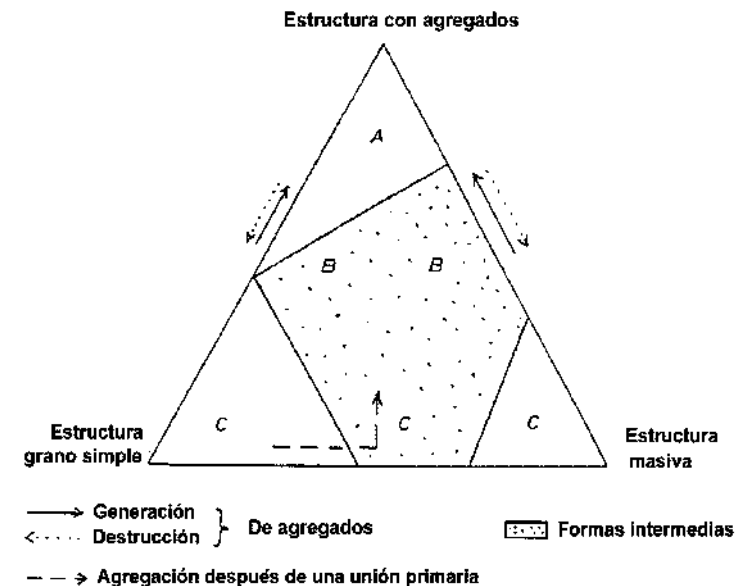
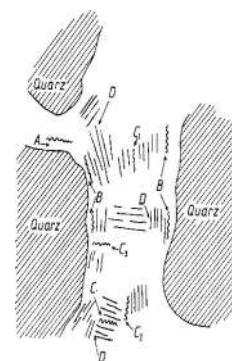


Agregación del suelo

Estructura

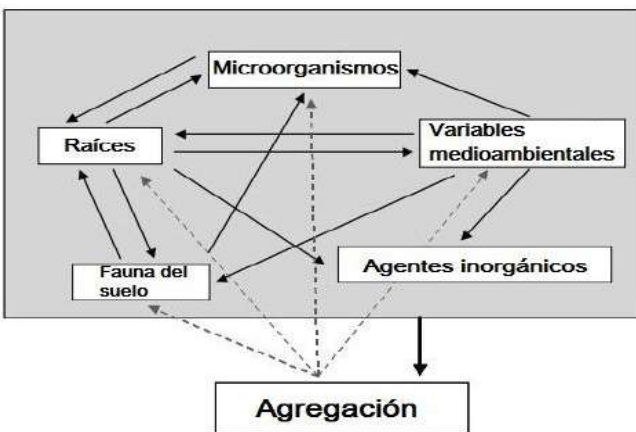
Profundidad del perfil

Características de los horizontes



Esquema de la dirección del desarrollo de la estructura en el suelo. Las letras señalan al horizonte pedológico típico para este ámbito (modificado de Mückenhausen, 1963).

- Puentes químicos, e.g. Ca^{+2} ; óxidos de Fe y Al
- Materiales coloidales
- Materia orgánica
- Ciclos de mojado (hinchamiento) y secado (contracción)
- Ciclos de congelamiento y descongelamiento (rotura agregados)



SIX et al. (2004)



El Rol del Suelo como Almacén de Agua

Funcionamiento Físico del Suelo

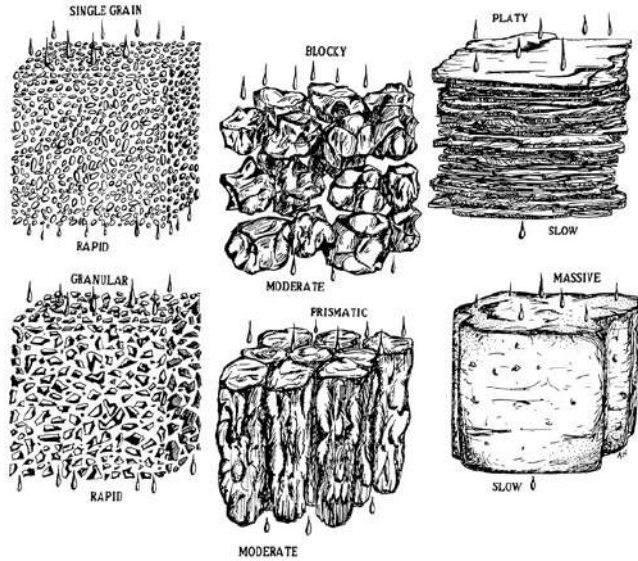
Agua, Aire, Calor
Almacenamiento
Conducción

Compactación
Contracción
Cambio de Uso de Suelo



El Rol del Suelo como Almacén de Agua

Relevancia de la Agregación



Almacenamiento &
Conducción Agua Suelo

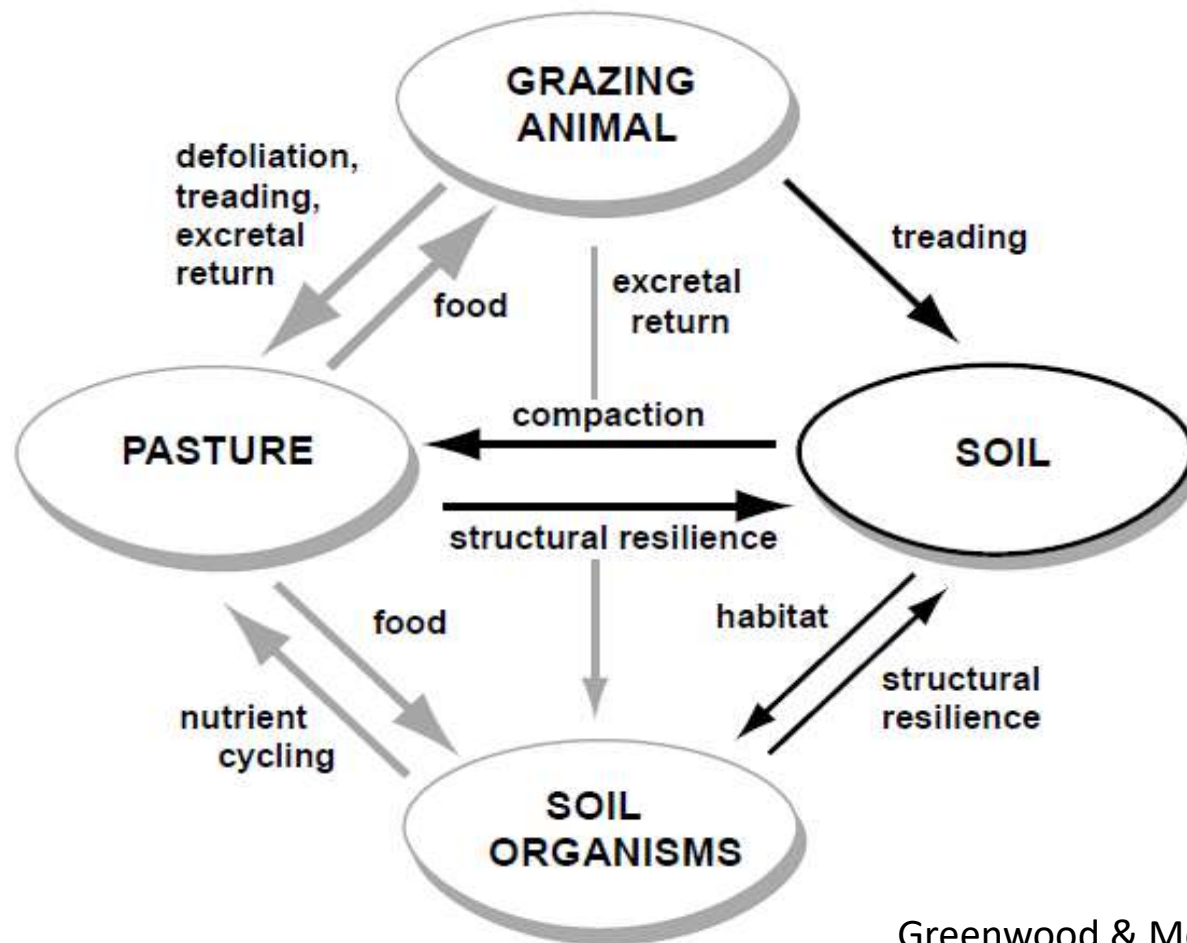
Prevención Erosión Hídrica



Modificación de la la Capacidad del Suelo para Almacenar Agua

Sistemas Pratenses Sur de Chile

1.350.000 ha. Praderas
Alimentación Ganado
1.800.000 Bovino y Ovino

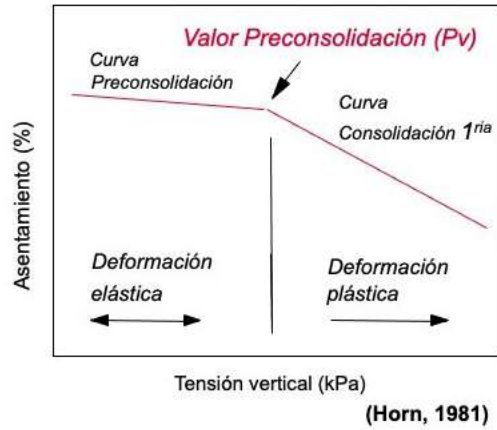
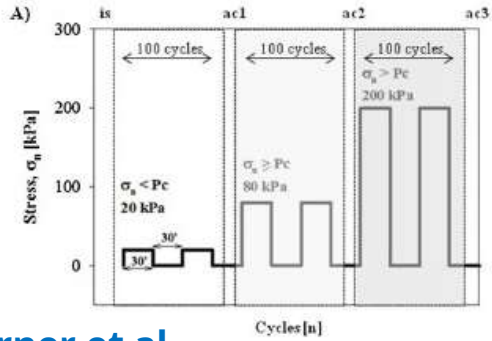


Greenwood & McKenzie (2001)

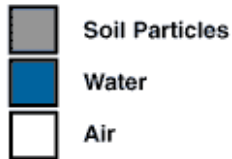


Modificación de la la Capacidad del Suelo para Almacenar Agua

Fuerzas Externas



Dörner et al. (2020)

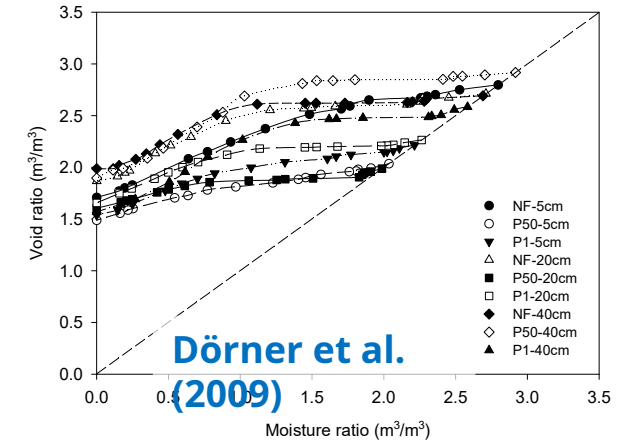
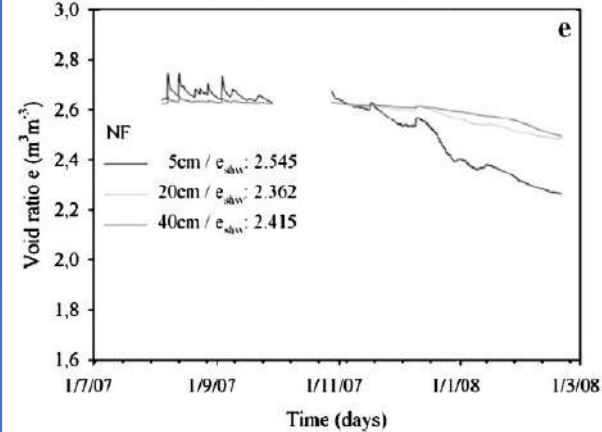
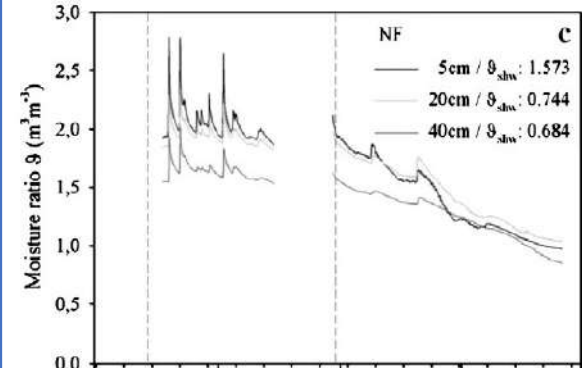


Non-compacted



Compacted

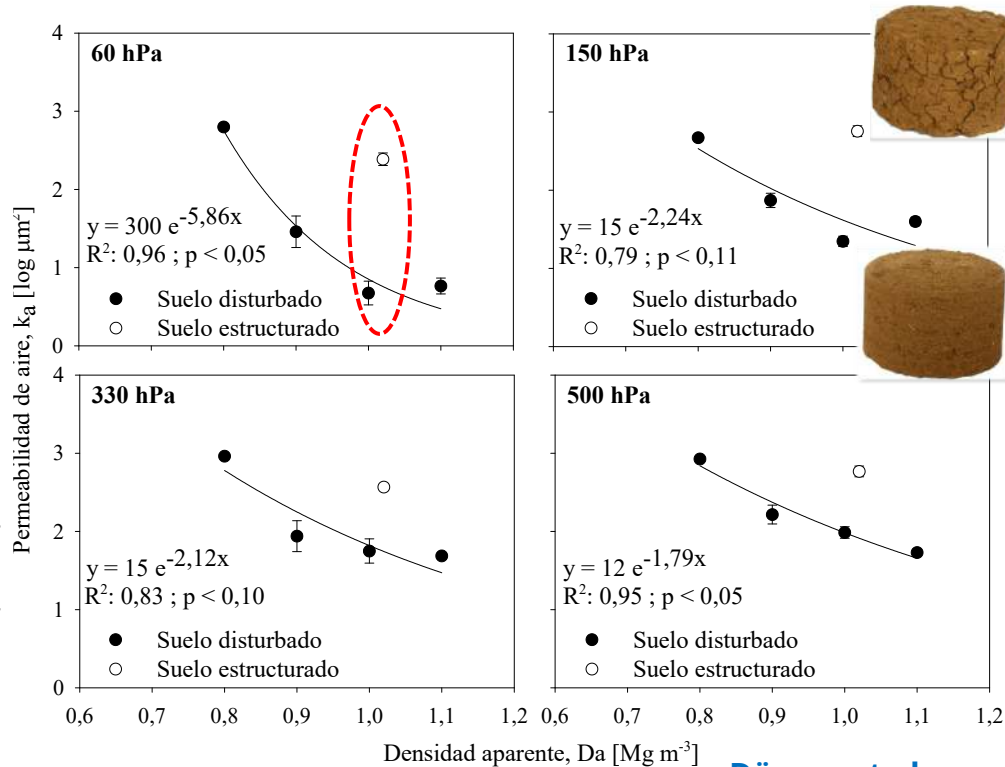
Fuerzas Internas



Modificación de la la Capacidad del Suelo para Almacenar Agua

Fuerzas Externas

Figure 5 Air permeability (k_a) as a function of the bulk density of the disturbed soil for different water tensions. The white point corresponds to the structured soil. Bars indicate ± 1 standard error ($n = 7$). Dörner et al. (2010)



Dörner et al. (2010)

Fuerzas Internas

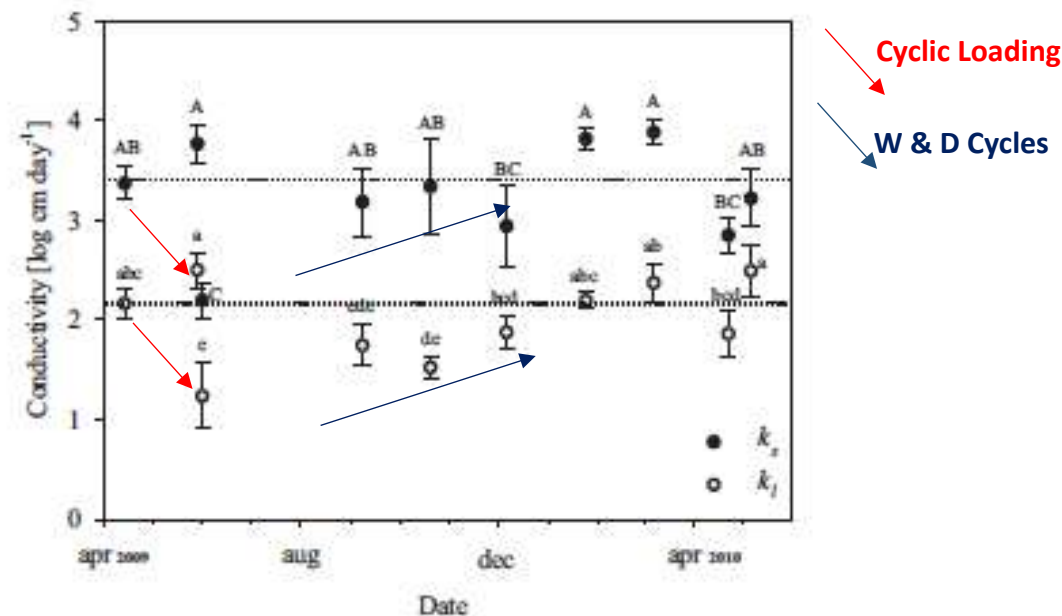
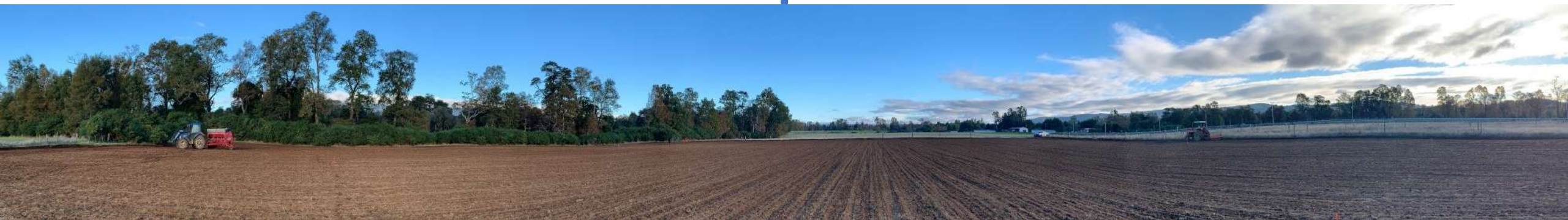


Fig. 5. Dynamics of saturated hydraulic conductivity (k_s) and air conductivity (k_a) during the study (log-transformed values are presented). Bars indicate ± 1 standard error (k_s , $n: 10$; k_a , $n: 7$). Different letters (capital for k_s and lower-case for k_a) indicate significant differences among samplings ($P \leq 0.05$). Dotted lines show the initial values of k_s and k_a .

Dörner et al. (2012)



Experimentos de Campo

“Conservación de la Estructura y del Agua en el Suelo”



FONDECYT 1191057

FONDECYT 1130795

Experimentos de Campo
“Conservación de la Estructura y del
Agua en el Suelo”

FONDECYT 1181515

FONDEQUIP

FONDECYT 1110156

SUSTAINABILITY OF PASTURE IMPROVEMENT
METHODS FOR DEGRADED PASTURES
INVOLVING DIMINISHMENT OF
ENVIRONMENTAL STRESS AND DISTURBANCE
(López & Dörner, 2013-2017)

IRRIGATION OF PASTURE SYSTEMS ON
VOLCANIC ASH SOILS IN SOUTHERN CHILE:
EFFECTS ON PASTURE PRODUCTIVITY, WATER
USE EFFICIENCY AND SOIL STRUCTURE
DYNAMICS (Dec et al. 2018 – 2021)

ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGROPECUARIA
AUSTRAL (EAA – UACH)

Experimentos de Campo “Conservación de la Estructura y del Suelo en el Suelo”

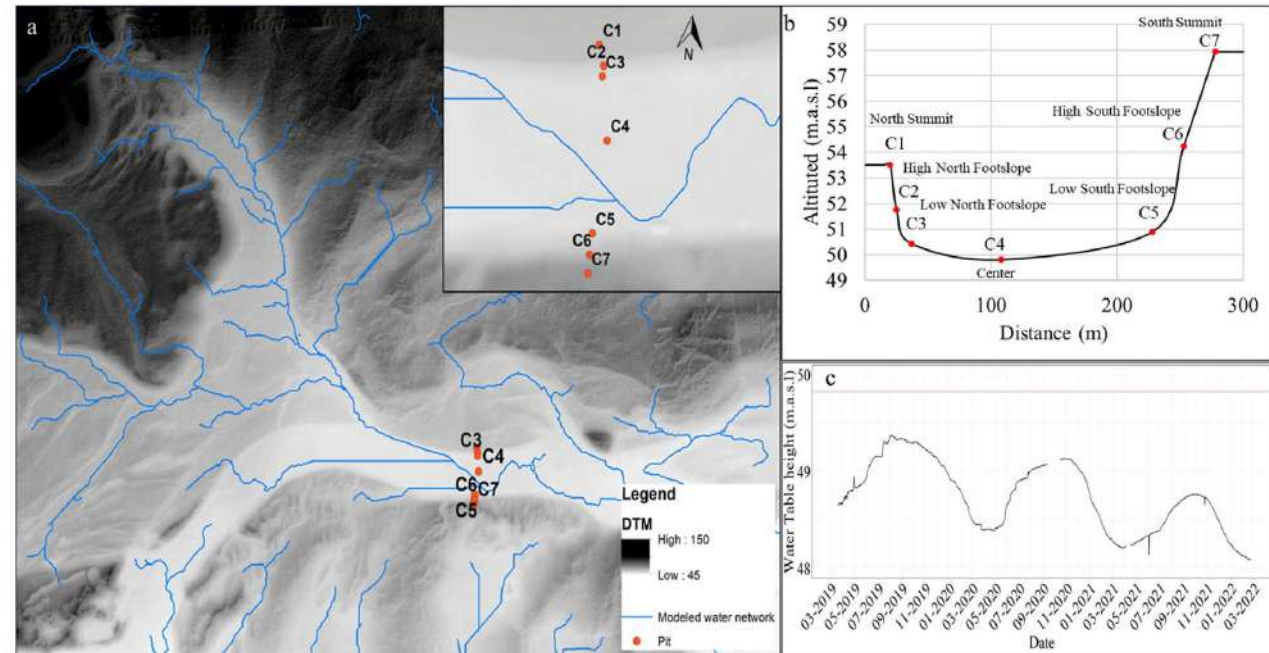
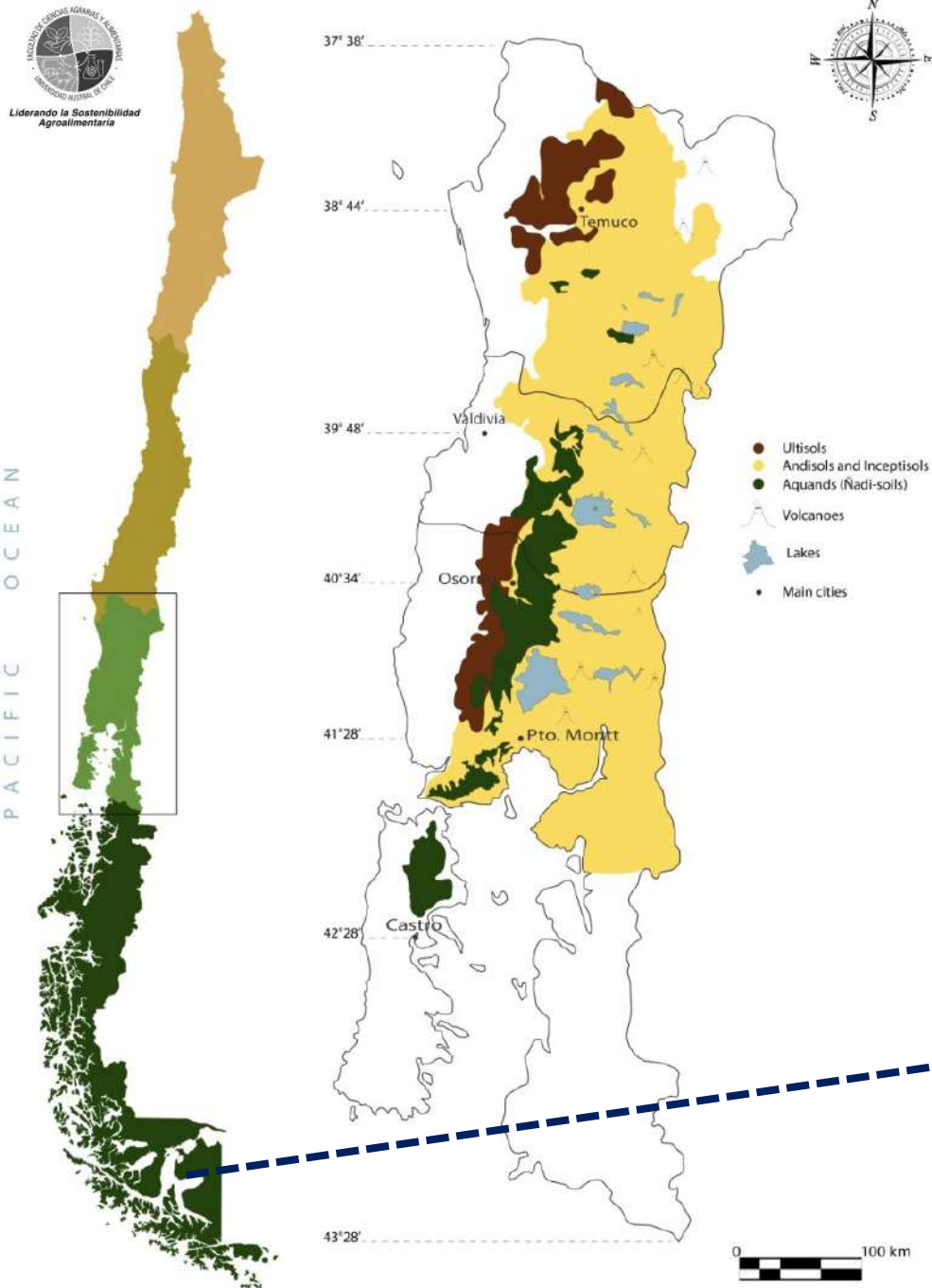


FIGURE 1 | Study site. (a) Digital elevation model (DEM) and modelled water network of the study area. Orange points indicate the different topographic positions (Dig from C1–C7), (b) transversal topographic profile of the Vega, with the pits as reference and (c) seasonal variation of water table height. The red line indicates the surface elevation (49.827 m above sea level).

Cisternas et al. (2025) / Ecohydrology / MCmRRHH

INIA Kampenaike

Suelo & Clima

EEAA (UACH, Valdivia; 39° 46' S, 73° 13' W)

Clima templado lluvioso con estación seca

12° C / 2100 mm precipitaciones

Suelo: Duric Hapludand (Arena: 23%, Limo: 54%, Arcilla: 22%; OC: 7%; Alsat: 13%)



Table 1

General description of the volcanic ash soil (Duric Hapludand) at the lysimeter station.

Depth	Hor.	Sand	Silt	Clay	Alloph.	OM	Bd	Pd	AC	PAW	FP	Ks
[cm]	[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[Mg m ⁻³]	[Mg m ⁻³]	[Vol.%]	[Vol.%]	[Vol.%]	[log(cm d ⁻¹)]
0-20	Ap	11.3	58.9	29.8	13.2	12.7 ± 0.3	0.79 ± 0.01	2.24 ± 0.01	4.99 ± 0.67	41.88 ± 2.24	17.97 ± 1.93	1.83 ± 0.4
30-38	B1	11.7	60.1	28.3	14.2	11.5 ± 0.1	0.72 ± 0.01	2.24 ± 0.01	8.84 ± 0.44	35.44 ± 2.17	23.63 ± 2.10	1.95 ± 0.3
38-57	B2	25.6	62.3	12.2	12.3	2.4 ± 0.1	0.63 ± 0.01	2.46 ± 0.01	13.76 ± 0.91	31.25 ± 2.22	29.34 ± 2.25	2.65 ± 0.2
57-93	B3	16.7	53.6	29.7	7.6	0.9 ± 0.1	0.74 ± 0.01	2.50 ± 0.01	13.00 ± 0.71	26.98 ± 2.50	30.60 ± 2.17	2.63 ± 0.2
93-143	2Bw1	26.2	50.3	23.6	9.7	2.1 ± 0.1	0.76 ± 0.01	2.49 ± 0.01	12.37 ± 0.68	18.27 ± 0.39	38.97 ± 0.35	2.92 ± 0.2
143-168	2Bw2	42.8	41.0	16.2	16.5	2.0 ± 0.1	0.75 ± 0.01	2.60 ± 0.01	9.01 ± 0.53	15.85 ± 0.52	46.11 ± 0.45	2.72 ± 0.3
168-203	2Bw3	35.6	47.8	16.7	22.7	1.7 ± 0.1	0.67 ± 0.01	2.43 ± 0.01	6.82 ± 0.63	20.67 ± 3.25	45.13 ± 3.12	2.26 ± 0.3
+203	2BC	36.3	53.6	10.2	29.7	2.9 ± 0.1	0.56 ± 0.01	2.48 ± 0.01	4.18 ± 0.79	39.23 ± 0.77	34.04 ± 0.79	2.65 ± 0.3

Hor. = Horizon; Alloph. = Allophane; OM = Organic matter; Bd = Bulk density; Pd = Particle density; AC = Air capacity; PAW = Plant available water; FP = Fine pores; Ks = Saturated hydraulic conductivity. Mean values ± 1 standard error is presented.

Bravo et al. (2020) / AGRO / AGROMET



FONDECYT 1130795

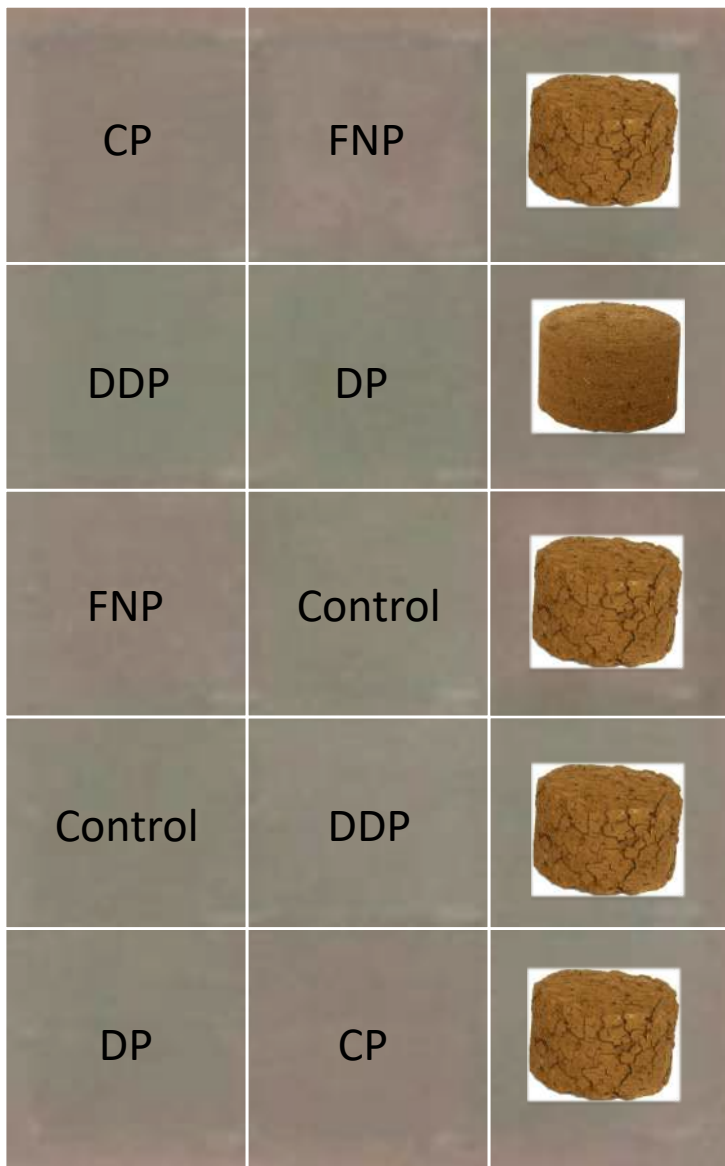
SUSTAINABILITY OF PASTURE
IMPROVEMENT METHODS
FOR DEGRADED PASTURES
INVOLVING DIMINISHMENT
OF ENVIRONMENTAL STRESS
AND DISTURBANCE (López &
Dörner, 2013-2017)

¿En qué medida la
conservación de la
estructura del
suelo permite un
mejor
funcionamiento
de los poros y
mayor acceso de
agua para las
plantas en
praderas bajo
pastoreo?

UACH: Ignacio López, José Dörner



SUSTAINABILITY OF PASTURE IMPROVEMENT METHODS FOR DEGRADED PASTURES INVOLVING DIMINISHMENT OF ENVIRONMENTAL STRESS AND DISTURBANCE (FONDECYT 1130795, López & Dörner, 2013-2017)



PIMs	Treatment
Control	Degraded Pasture / No management
FNP	Fertilized naturalized pasture
CP	Cultivated pasture (CP: <i>Lolium perenne</i> [Lp]) and <i>Trifolium repens</i> [Tr])
DP	Direct-drilled pasture (DP: Lp and Tr)
DDP	Diverse direct-drilled pasture (DDP: Lp, <i>Bromus valdivianus</i> [Bv], <i>Holcus lanatus</i> [Hl], <i>Dactylis glomerata</i> [Dg] and Tr)

25 sheep grazed the pastures when the pasture treatment reached an equivalent of 2100 to 2300 kg DM ha⁻¹

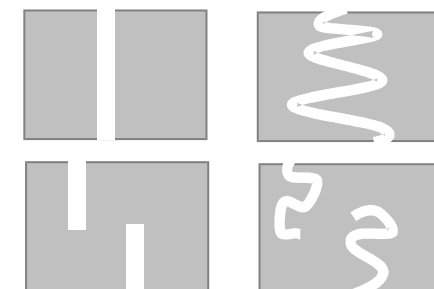
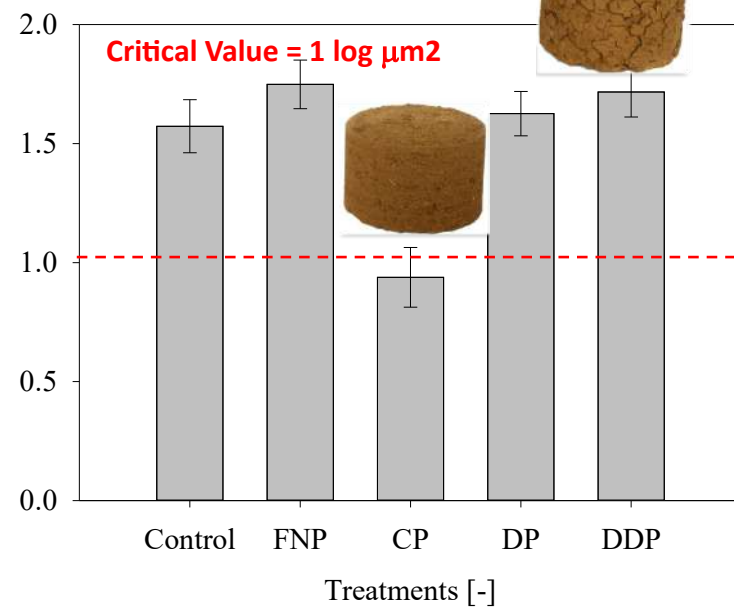
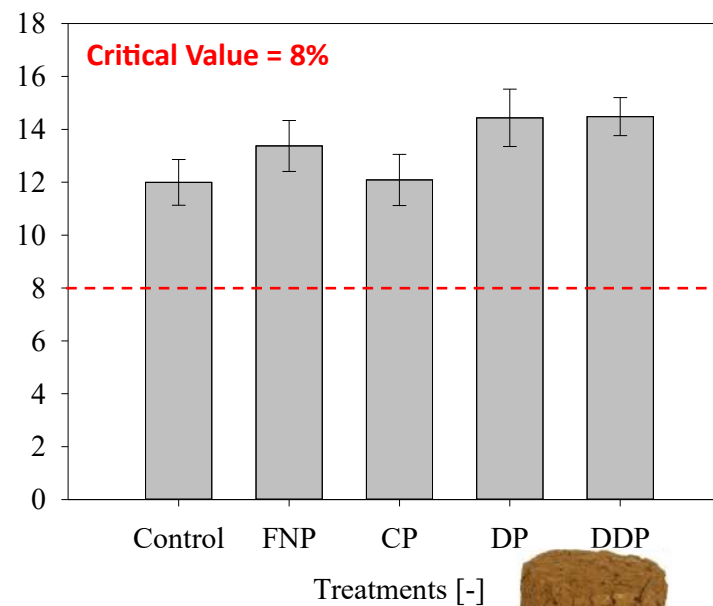
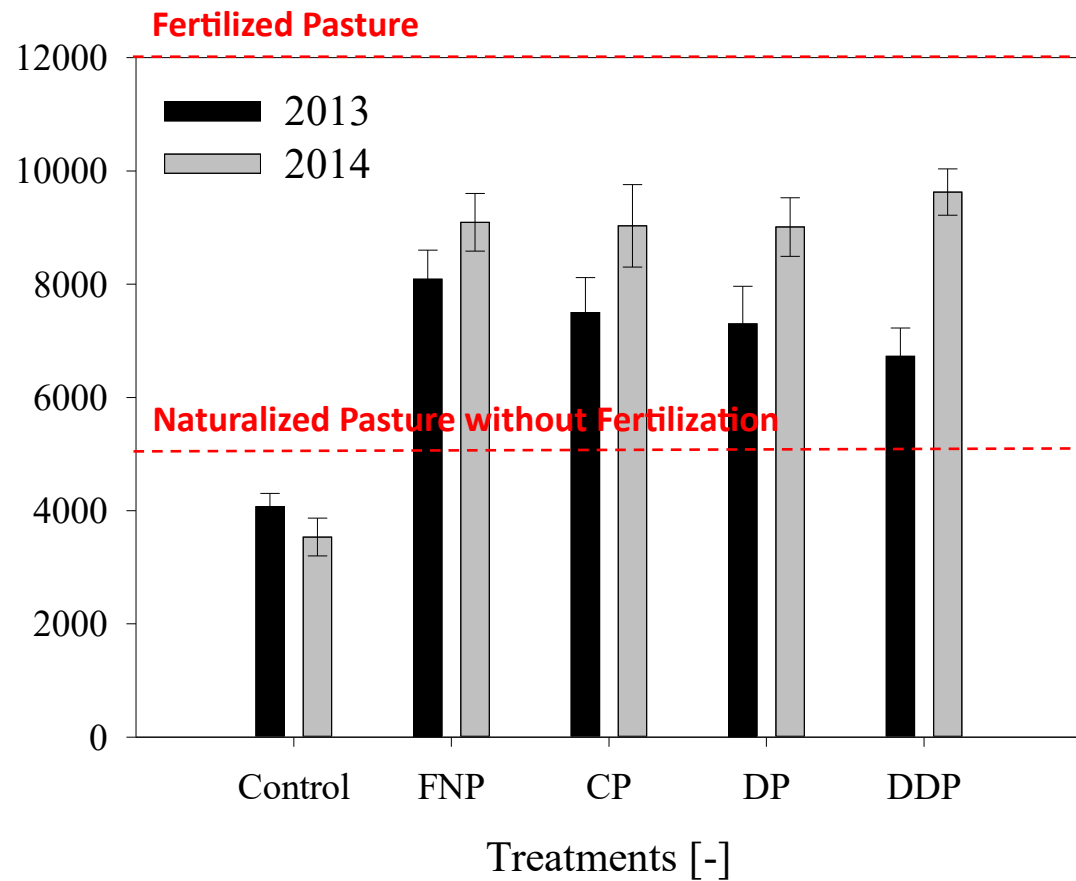
Mediciones Campo

Resistencia Penetración &
 Contenido Agua/Suelo
 Conductividad de Aire (PL-300
 UGT GmbH)
 Tensión de Agua (10, 20 & 60
 cm depth)
 Muestras de Suelo

Mediciones Laboratorio

Curva pF
 Capacidad Soporte
 Permeabilidad de Aire
 Tomografía Computada

SUSTAINABILITY OF PASTURE IMPROVEMENT METHODS FOR DEGRADED PASTURES INVOLVING DIMINISHMENT OF ENVIRONMENTAL STRESS AND DISTURBANCE (FONDECYT 1130795, López & Dörner, 2013-2017)



SUSTAINABILITY OF PASTURE IMPROVEMENT METHODS FOR DEGRADED PASTURES INVOLVING DIMINISHMENT OF ENVIRONMENTAL STRESS AND DISTURBANCE (FONDECYT 1130795, López & Dörner, 2013-2017)

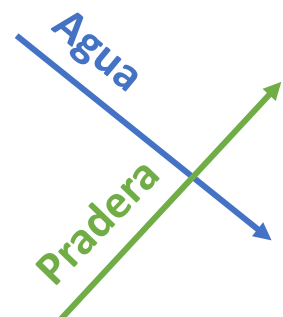
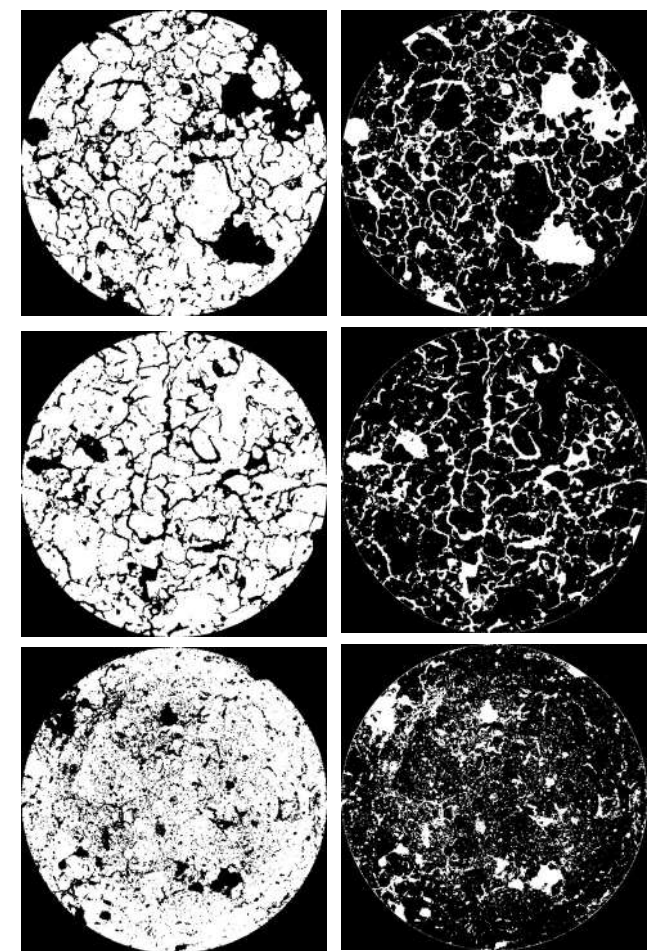
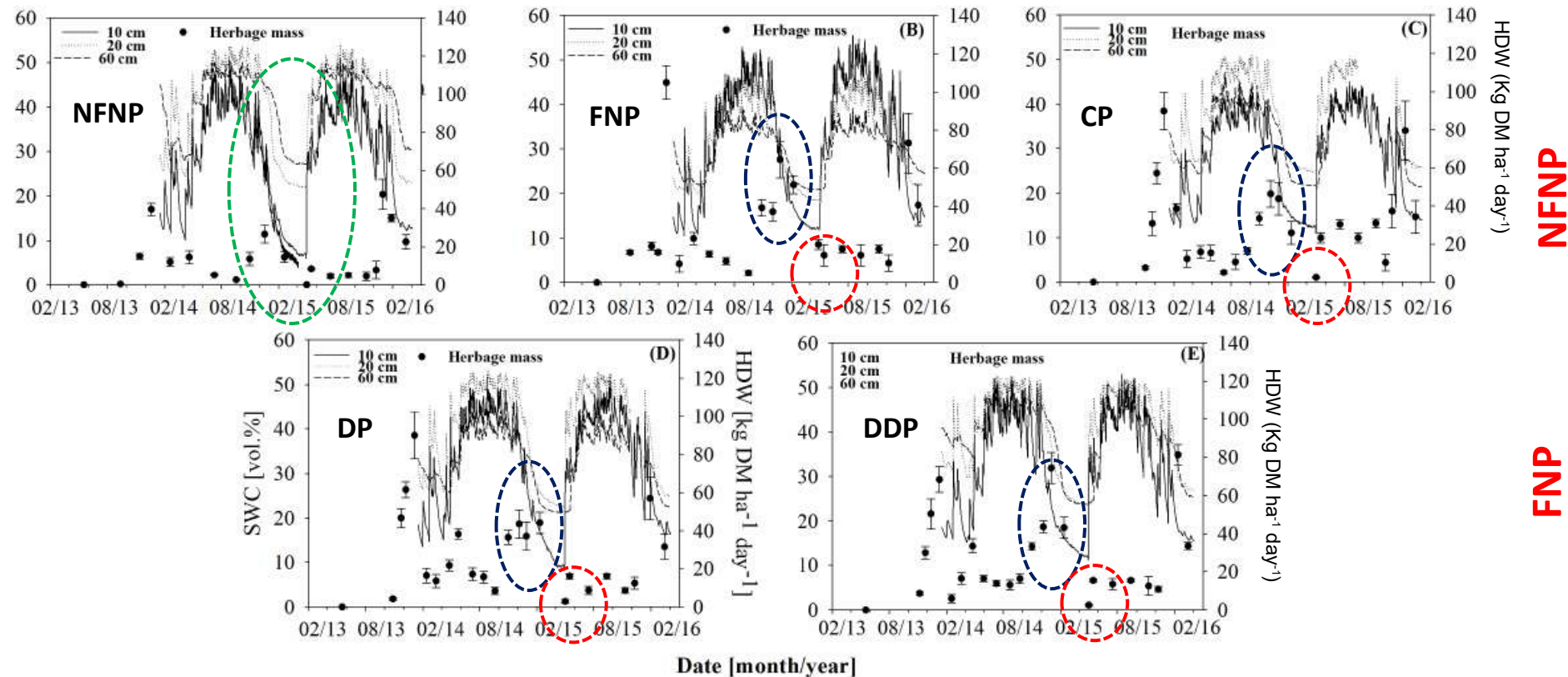


Fig. 7: Dinámica agua en un Andisol bajo praderas sometidas a distintas PIMs.

SUSTAINABILITY OF PASTURE IMPROVEMENT METHODS FOR DEGRADED PASTURES INVOLVING DIMINISHMENT OF ENVIRONMENTAL STRESS AND DISTURBANCE (FONDECYT 1130795, López & Dörner, 2013-2017)





¿Es posible reducir el agua de riego considerando el rol del suelo como almacén de agua y las características

UACH: Dorota Dec, José Dörner, Máximo Alonso, Óscar Martínez

U. Massey: Ignacio López

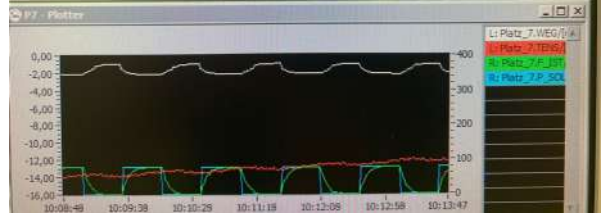
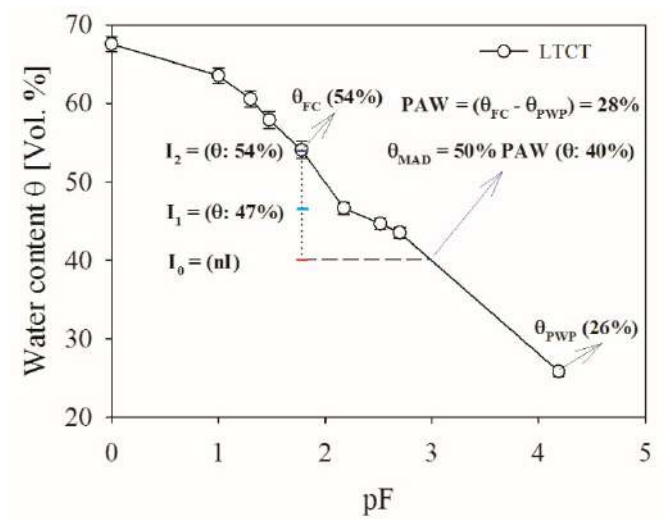
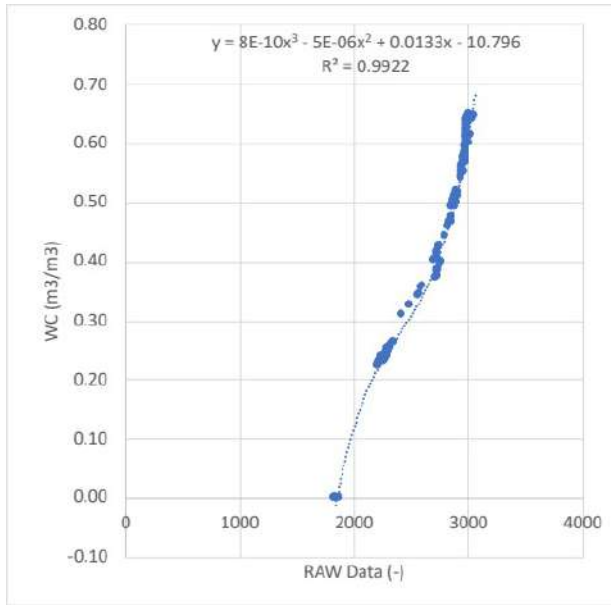
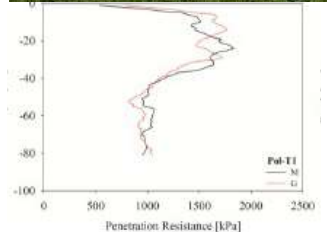
específicas de los Andes?

FONDECYT 1181515

IRRIGATION OF PASTURE SYSTEMS ON VOLCANIC ASH SOILS IN SOUTHERN CHILE: EFFECTS ON PASTURE PRODUCTIVITY, WATER USE EFFICIENCY AND SOIL STRUCTURE DYNAMICS (Dec et al. 2018 – 2021)

IRRIGATION OF PASTURE SYSTEMS ON VOLCANIC ASH SOILS IN SOUTHERN CHILE: EFFECTS ON PASTURE PRODUCTIVITY, WATER USE EFFICIENCY AND SOIL STRUCTURE DYNAMICS (FONDECYT 1181515, Dec et al. 2018 – 2021)

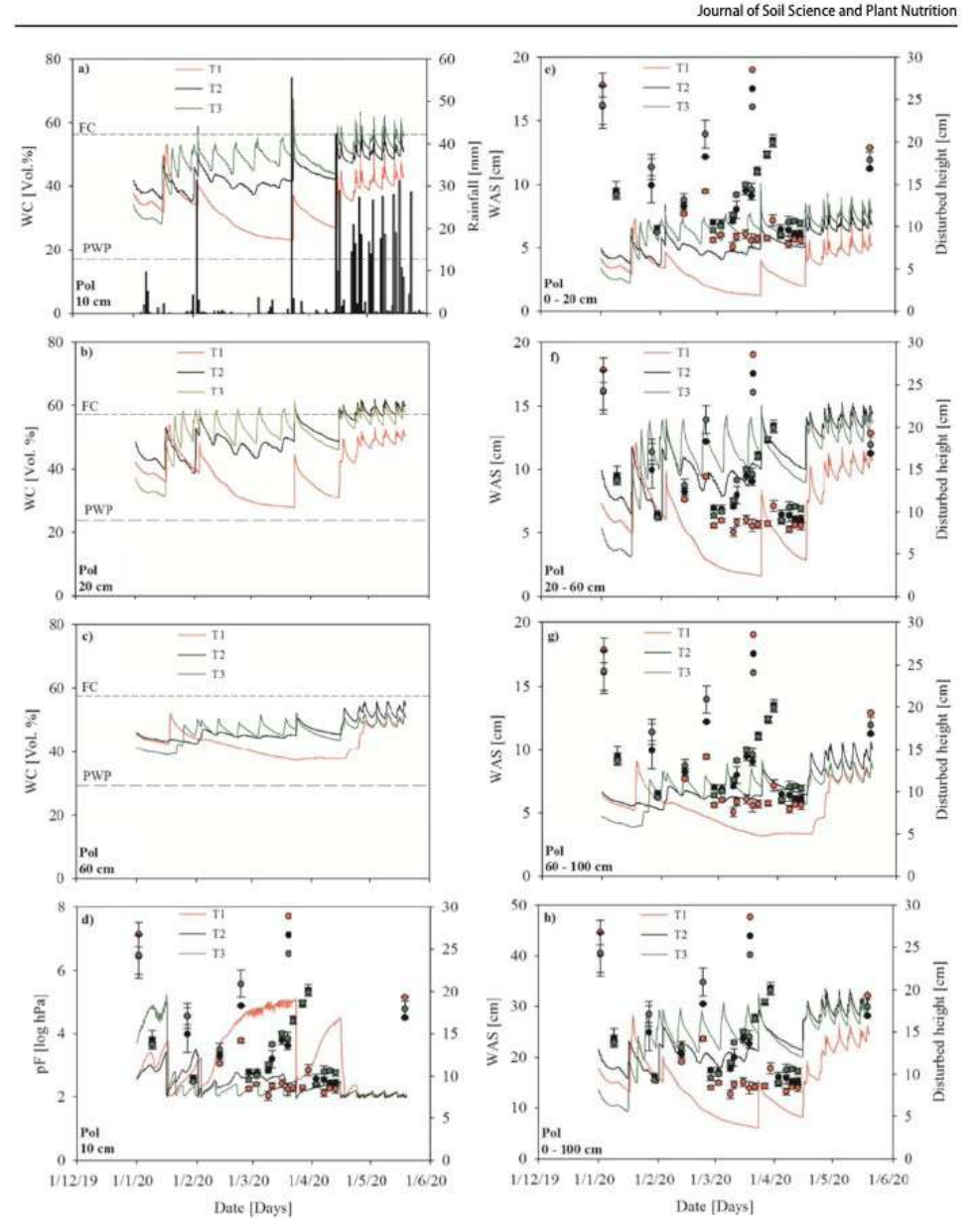
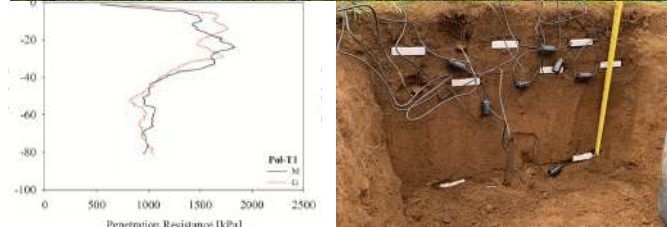
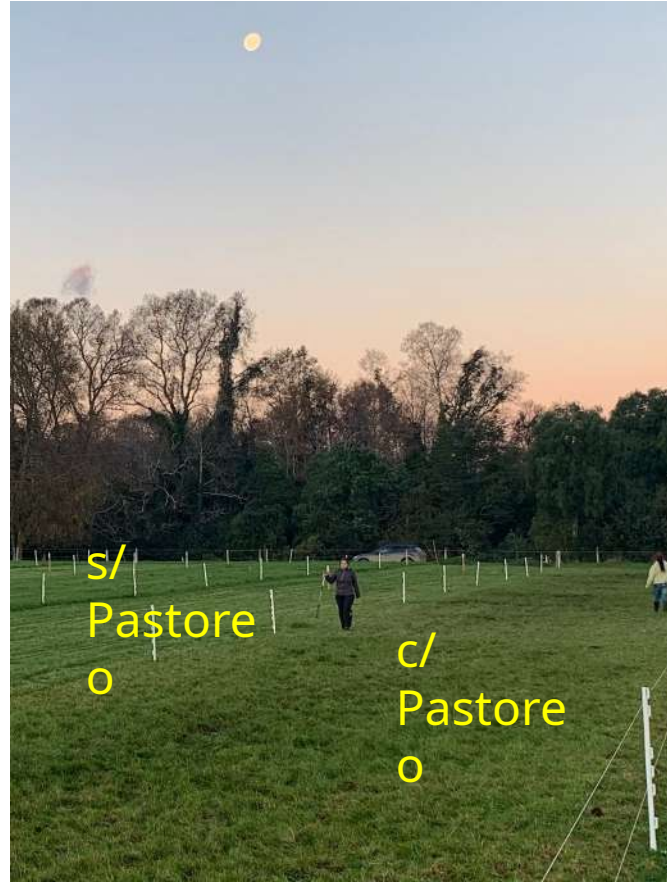
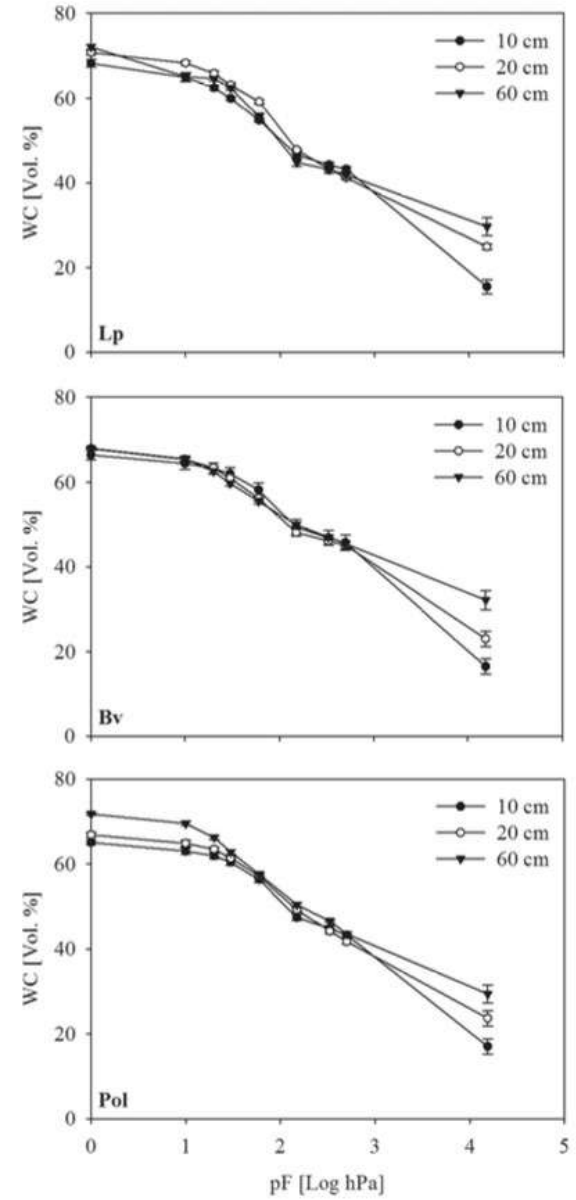
15	15		
	Pol	BV	BV
	LP	Pol	LP
	BV	LP	Pol
	LP	Pol	BV
	Pol	LP	Pol
	BV	LP	BV
	LP	BV	Pol
	Pol	LP	BV
	BV	Pol	LP
135			



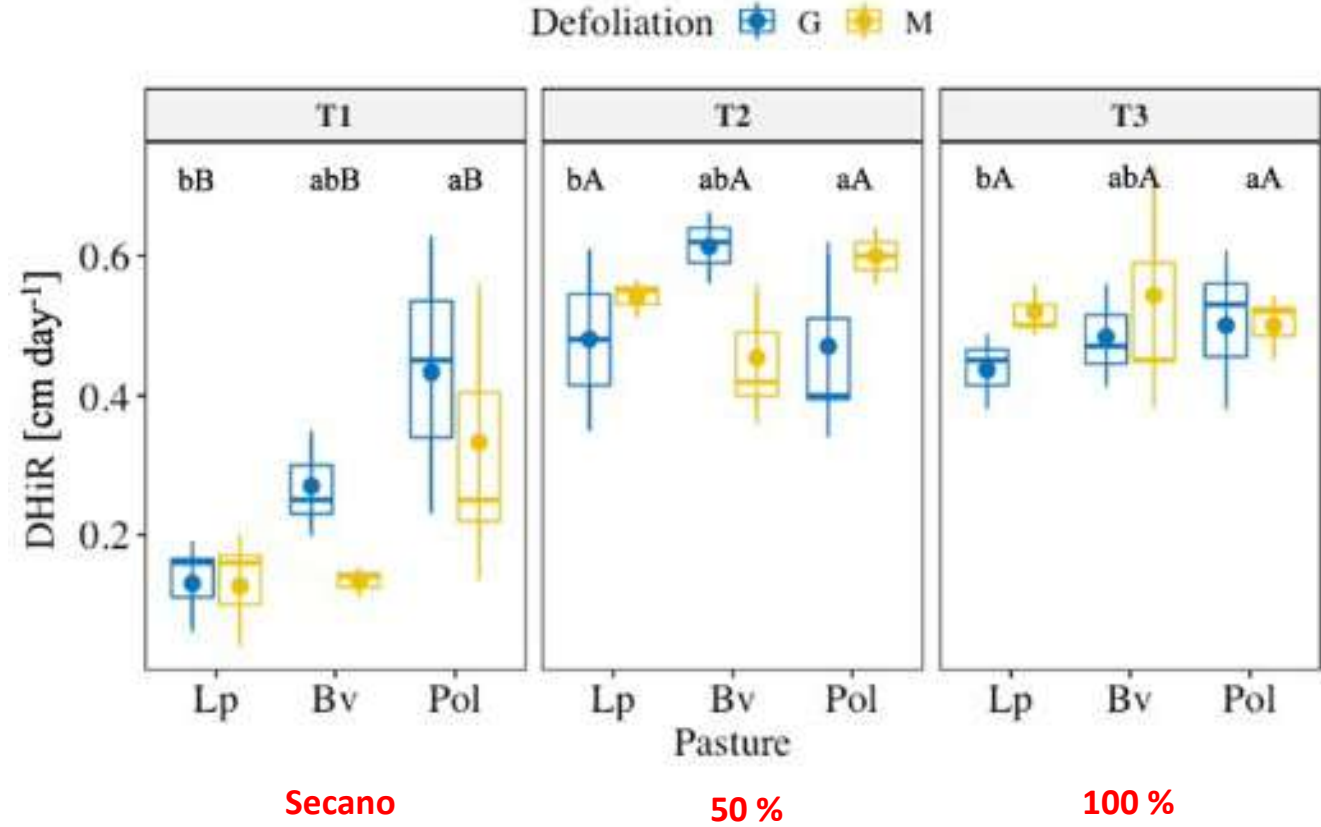
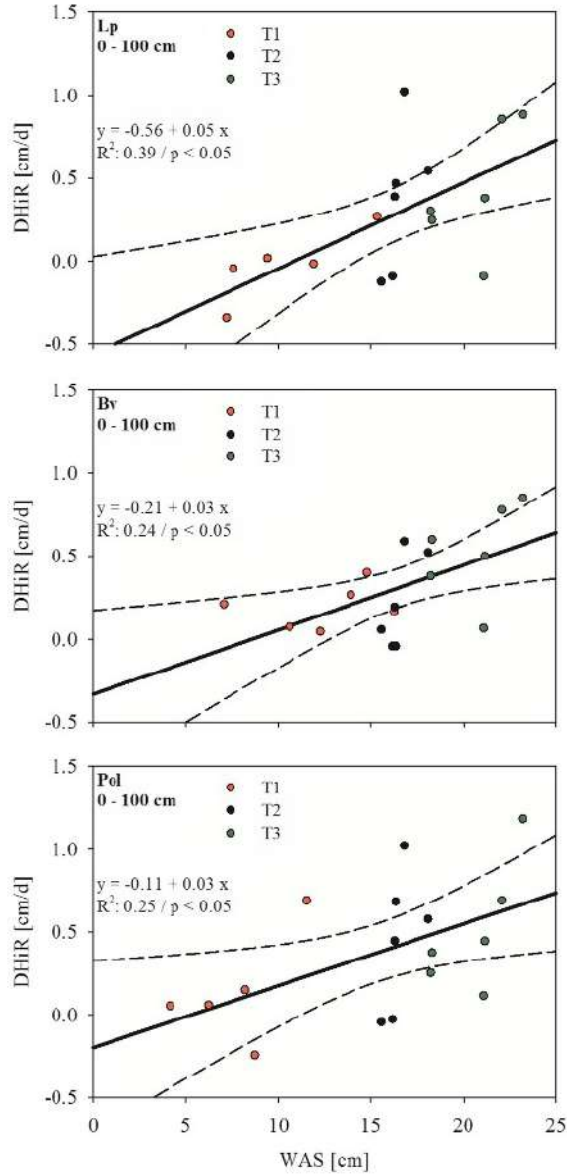
¿Es posible reducir el agua de riego
considerando el rol del suelo como
almacén de agua y las características

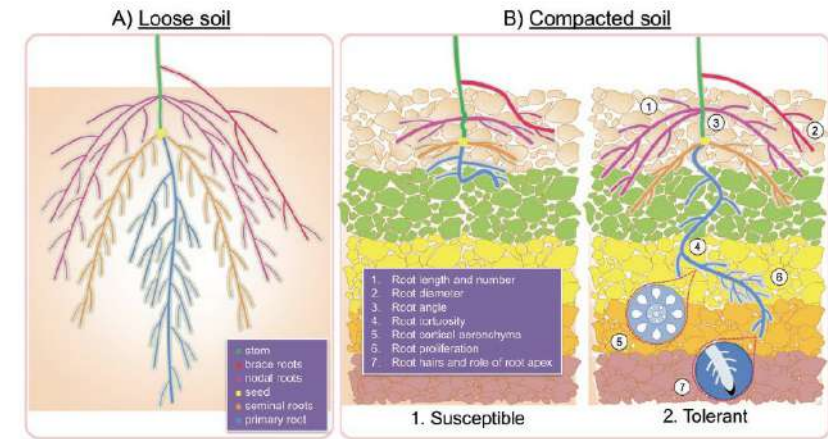
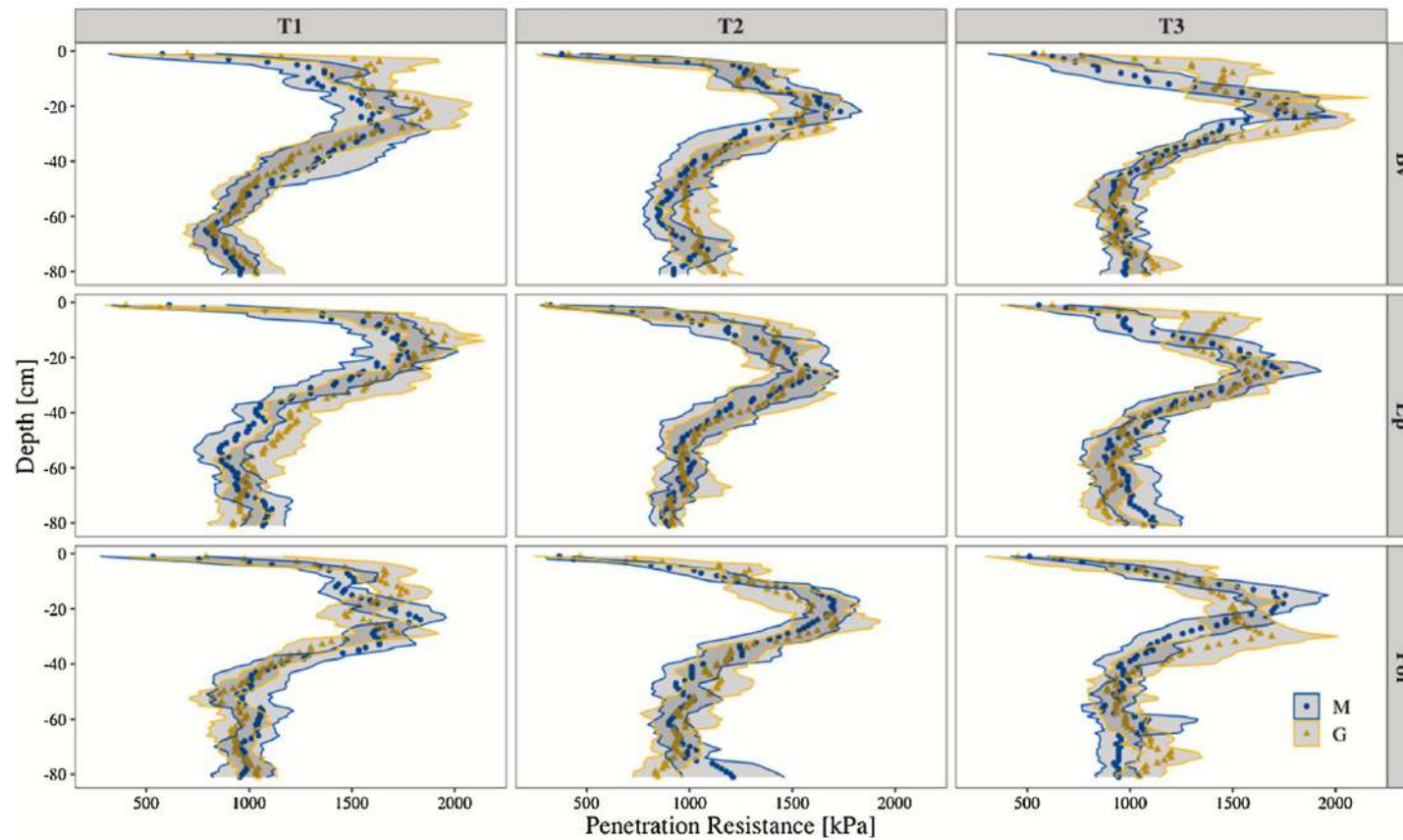
Dec et al. (2021) / STU

IRRIGATION OF PASTURE SYSTEMS ON VOLCANIC ASH SOILS IN SOUTHERN CHILE: EFFECTS ON PASTURE PRODUCTIVITY, WATER USE EFFICIENCY AND SOIL STRUCTURE DYNAMICS (FONDECYT 1181515, Dec et al. 2018 – 2021)



IRRIGATION OF PASTURE SYSTEMS ON VOLCANIC ASH SOILS IN SOUTHERN CHILE: EFFECTS ON PASTURE PRODUCTIVITY, WATER USE EFFICIENCY AND SOIL STRUCTURE DYNAMICS (FONDECYT 1181515, Dec et al. 2018 – 2021)

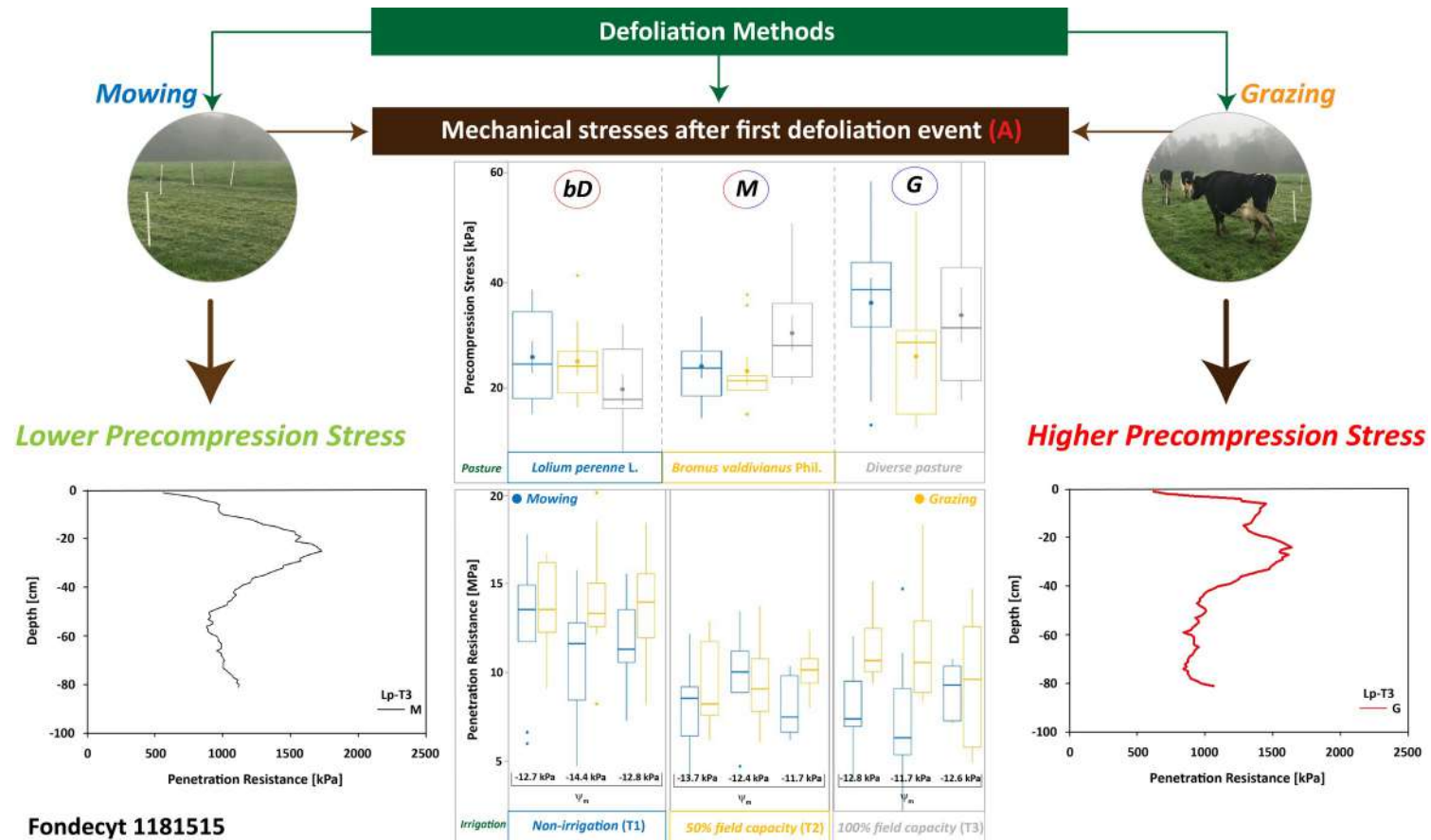




Correa et al. (2019) / JexpB

Fig. 8. Penetration resistance (PR) profile measured at 26.05.20 (21 months after experiment establishment) in mowed (M) and grazed (G) pastures. Lp: *Lolium perenne* L., Bv: *Bromus valdivianus* Phil., Pol: Diverse pasture. T1: rainfed pasture, T2: irrigated pasture till 50 % field capacity, T3: irrigated pasture till 100 % field capacity.

IRRIGATION OF PASTURE SYSTEMS ON VOLCANIC ASH SOILS IN SOUTHERN CHILE: EFFECTS ON PASTURE PRODUCTIVITY, WATER USE EFFICIENCY AND SOIL STRUCTURE DYNAMICS (FONDECYT 1181515, Dec et al. 2018 – 2021)



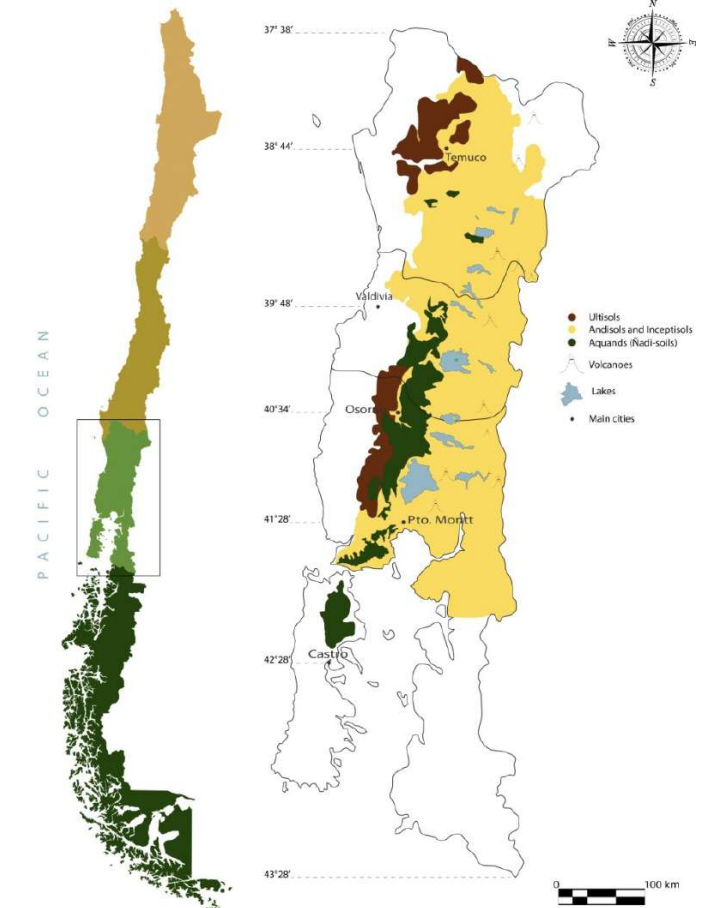
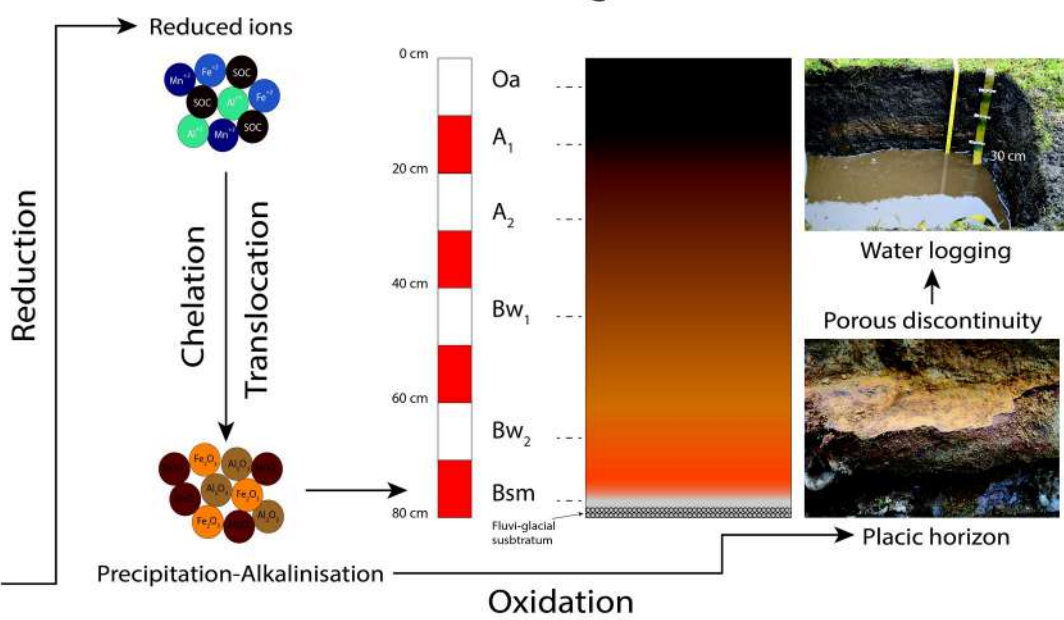
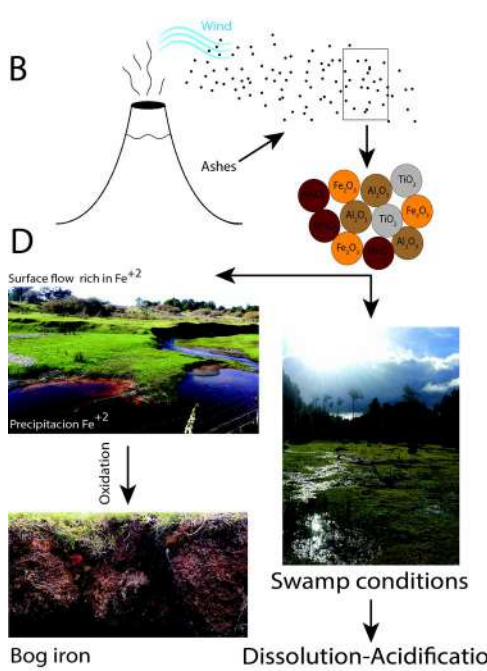
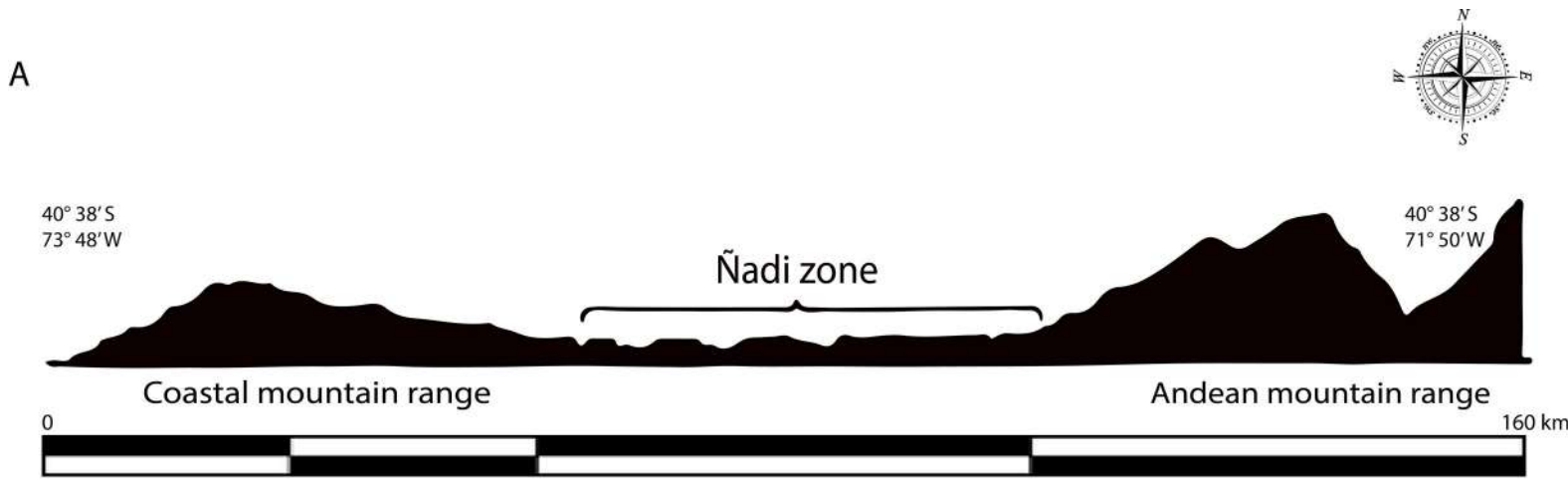
Defining a basis for medium- and long-term studies to evaluate the impact of the...

...coupling effects of grazing and irrigation on soil/ /pasture/animal systems in Andisols of southern Chile

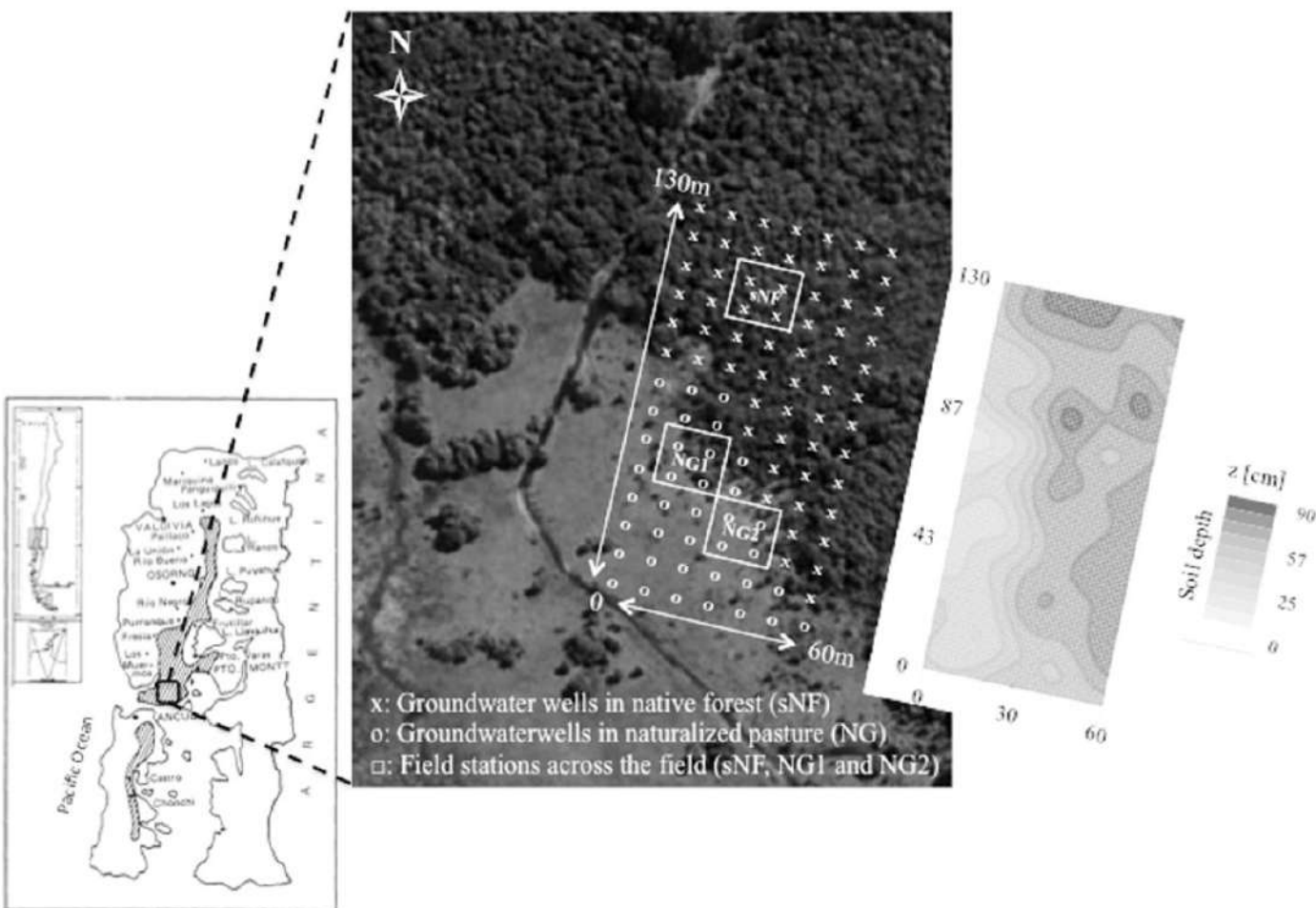
Hydraulic stresses after short-term irrigation strategies (B)



THE LAND USE CHANGE AND DRAINAGE OF ÑADI SOIL (AQUANDS) IN SOUTHERN CHILE: EFFECTS ON SOIL STRUCTURE DEPENDENT PROPERTIES, RELATED PORE FUNCTIONS, CHEMICAL PROPERTIES AND GHG EMISSIONS (FONDECYT 1130546, Dörner et al. 2019 – 2022)



¿En qué medida el CUS y Drenaje de un Andosol poco profundo puede generar limitaciones físicas en suelos bajo producción y



ÑADI (Mapudungun): *suelos anegados debido a un pobre drenaje bajo condiciones de topografía plana y de suelo poco profundo que permiten una densa cobertura forestal*

Ubicación: Sur de Chile, 38°30' – 43°00' S
 Área: 475.000 has.
 Cenizas volcánicas
 Profundidad: 20 – 90 cm
 Horizontes Plácico



Fig. 1. Spatial variability of soil depth (z) across the different land uses in the studied field in southern Chile. Maps consider the spatial distribution of field measurements and soil sampling. Adapted from Teuber (1996) and Dörner et al. (2016).

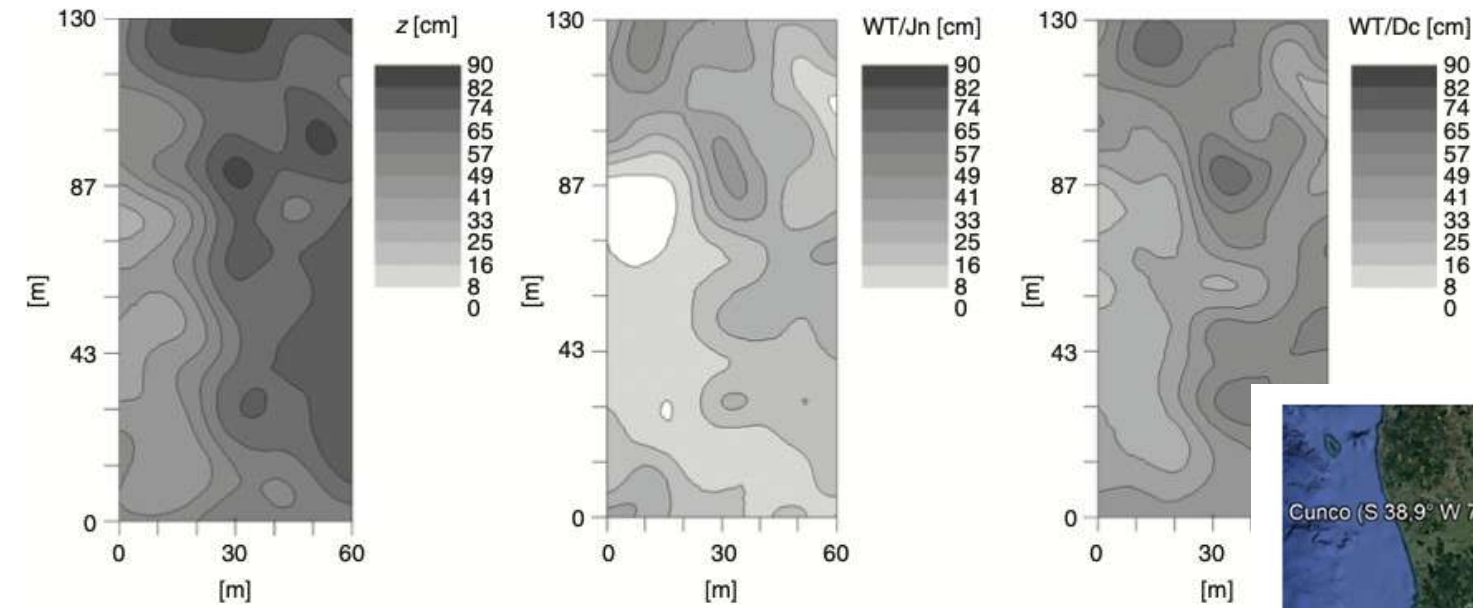


Figure 3 Spatial variability of soil depth (z) and water-table depth (WT) across the different land uses in the studied field December (Dc).

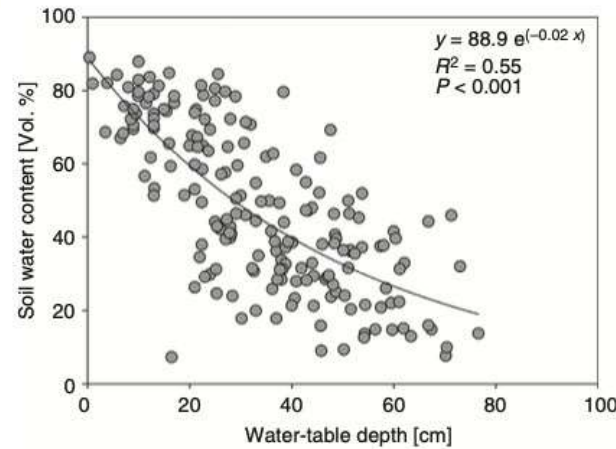


Figure 5 Soil volumetric water content at 10 cm depth as a function of the water-table depth.

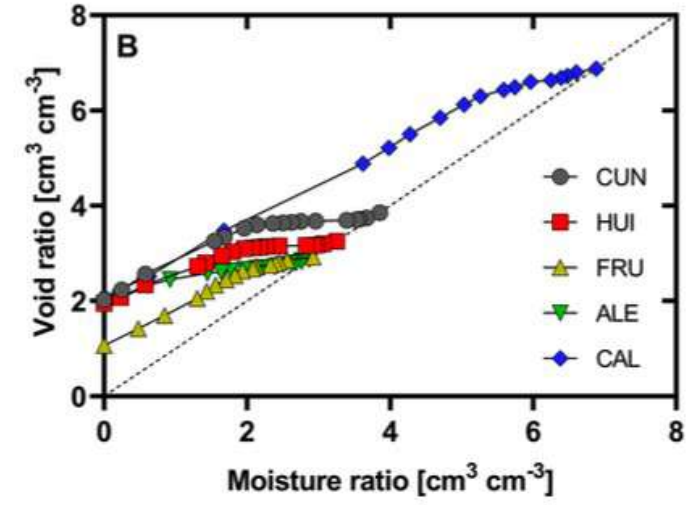
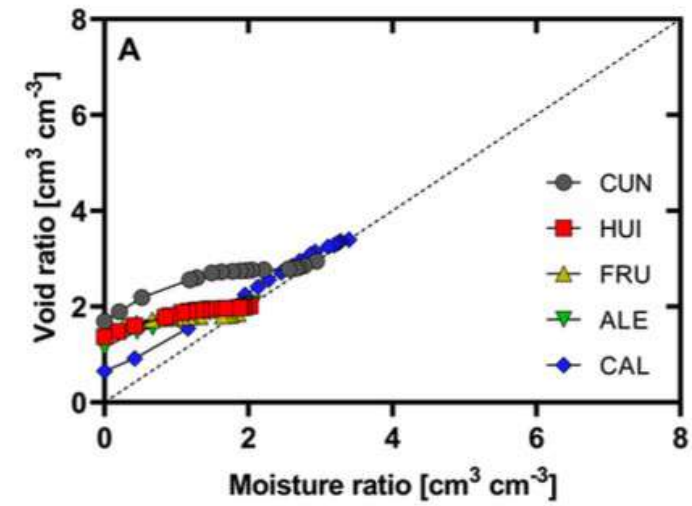
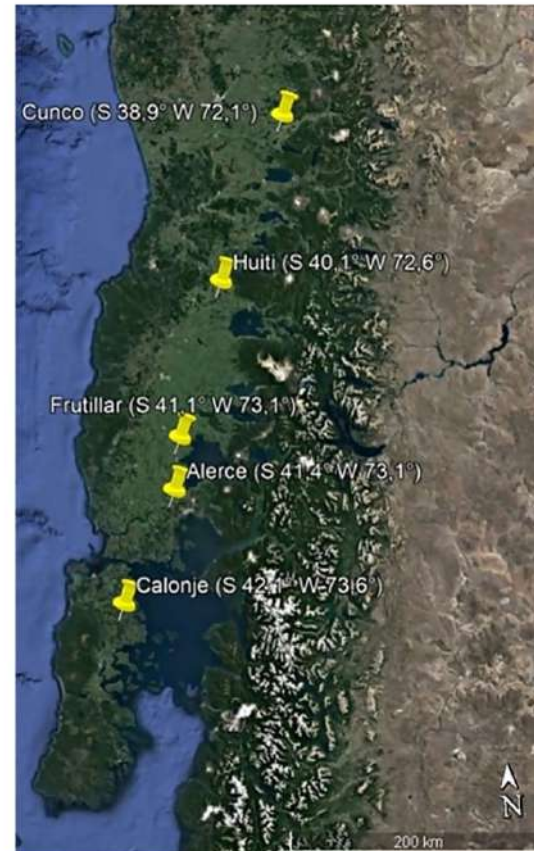


Fig. 2 Shrinkage curves of Aquands for 0–20 cm and 20–40 cm

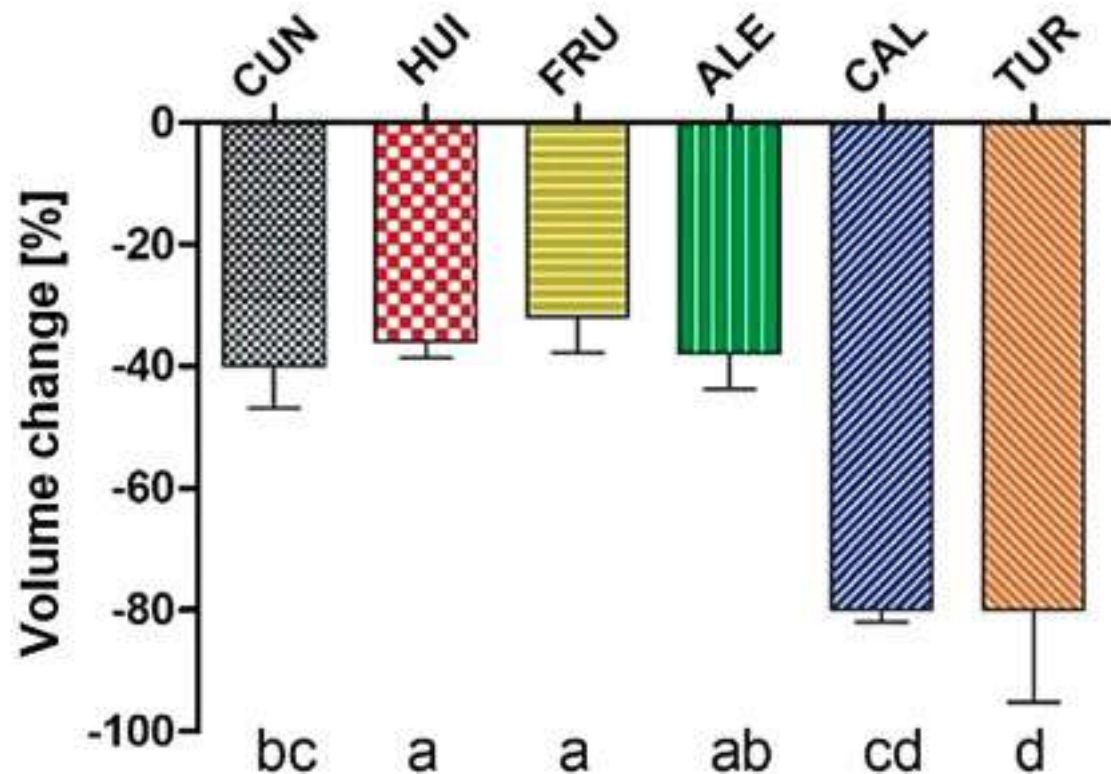


Fig. 5 Soil shrinkage potential based on its volume change from saturation to complete dryness. Letters show statistical differences among soils for each depth ($p \leq 0.05$). Bars indicate the standard error ($n = 7$)

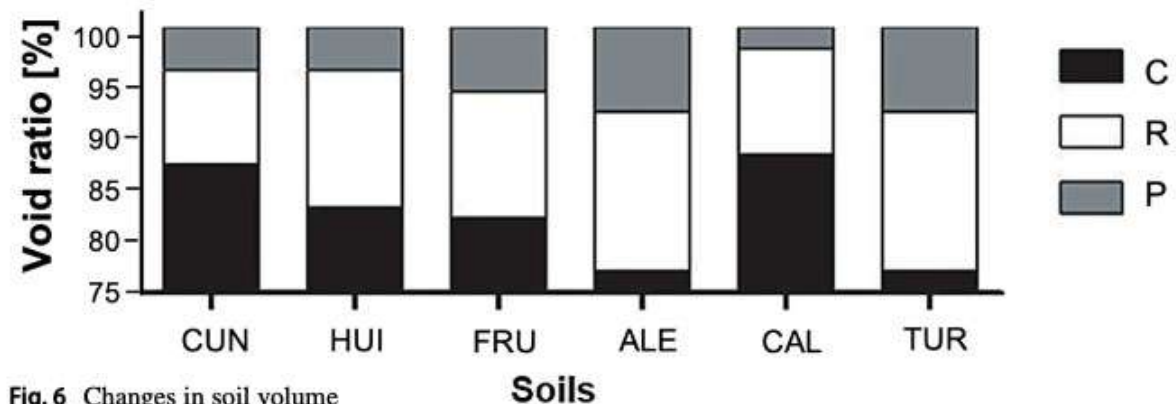


Fig. 6 Changes in soil volume after the application of hydraulic stress; C: contraction in relation to its total volume, at a tension of -500 hPa (black bars); R: rewetting (white bars); and P: proportion of volume loss due to shrinkage (gray bars) in the five Aquand soils and one peat soil under *Sphagnum magellanicum*



“ASSESSING THE SOIL PHYSICAL QUALITY AND SOIL WATER AVAILABILITY OF VEGA SOILS UNDER GRAZING SYSTEMS IN CHILEAN PATAGONIA” (FONDECYT 1231934, Dec et al. 2023 – 2026)

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la implementación de un sistema drenaje controlado en una Vega bajo pastoreo con el fin de mejorar la productividad de la pradera sin efectos perjudiciales sobre las propiedades estructurales del suelo y del funcionamiento de sus poros.

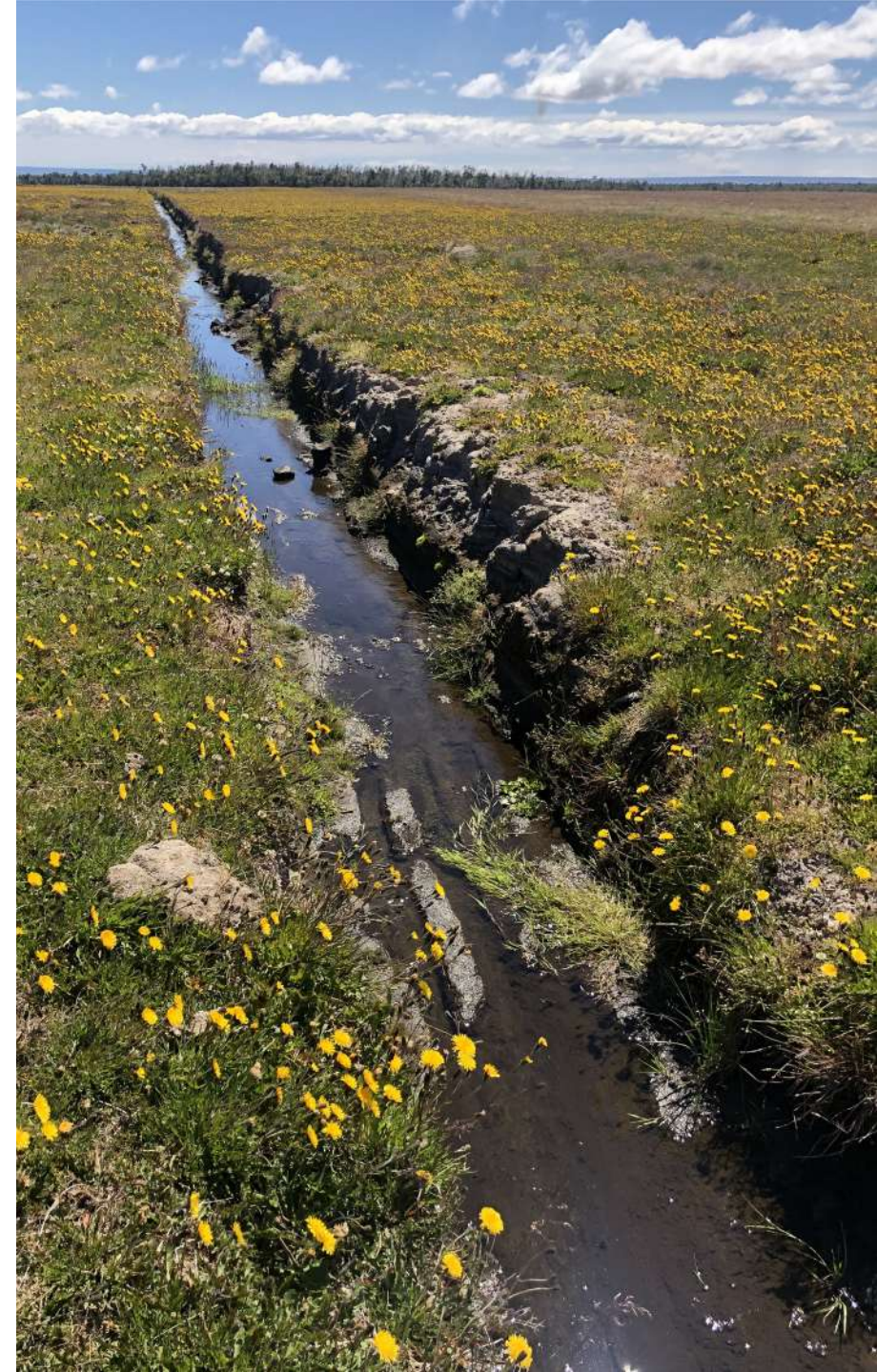
OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Analizar dinámica del contenido de agua y de la temperatura del suelo y su relación con el crecimiento y composición botánica de la pradera (aéreo y raíces) en función de la profundidad del nivel freático alcanzado bajo los diferentes tratamientos de drenaje.
- 2) Evaluar el impacto de la carga animal sobre la respuesta de la pradera, las propiedades dependientes de la estructura del suelo y las funciones de los poros de las diferentes tratamientos de drenaje.
- 3) Relacionar el potencial de contracción (subsistencia) del suelo y la repelencia al agua con historial hidrológico y contenido de materia orgánica de Vegas.

UACH: Dorota Dec, José Dörner

INIA Kampenaike: Iván Ordóñez, Jorge Ivelic

UdeC: José Luis Arumí



"ASSESSING THE SOIL PHYSICAL QUALITY AND SOIL WATER AVAILABILITY OF VEGA SOILS UNDER GRAZING SYSTEMS IN CHILEAN PATAGONIA" (FONDECYT 1231934, Dec et al. 2023 – 2026)

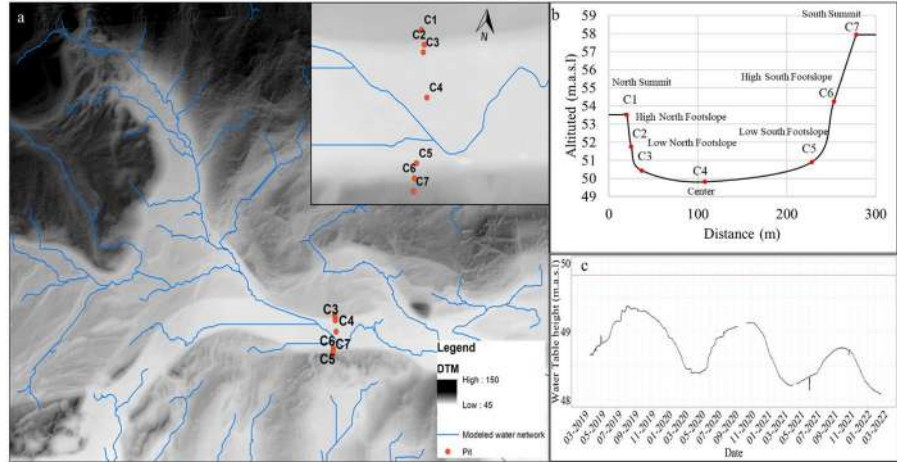


FIGURE 1 | Study site. (a) Digital elevation model (DEM) and modelled water network of the study area. Orange points indicate the different topographic positions (Dig from C1–C7), (b) transversal topographic profile of the Vega, with the pits as reference and (c) seasonal variation of water table height. The red line indicates the surface elevation (49.827 m above sea level).

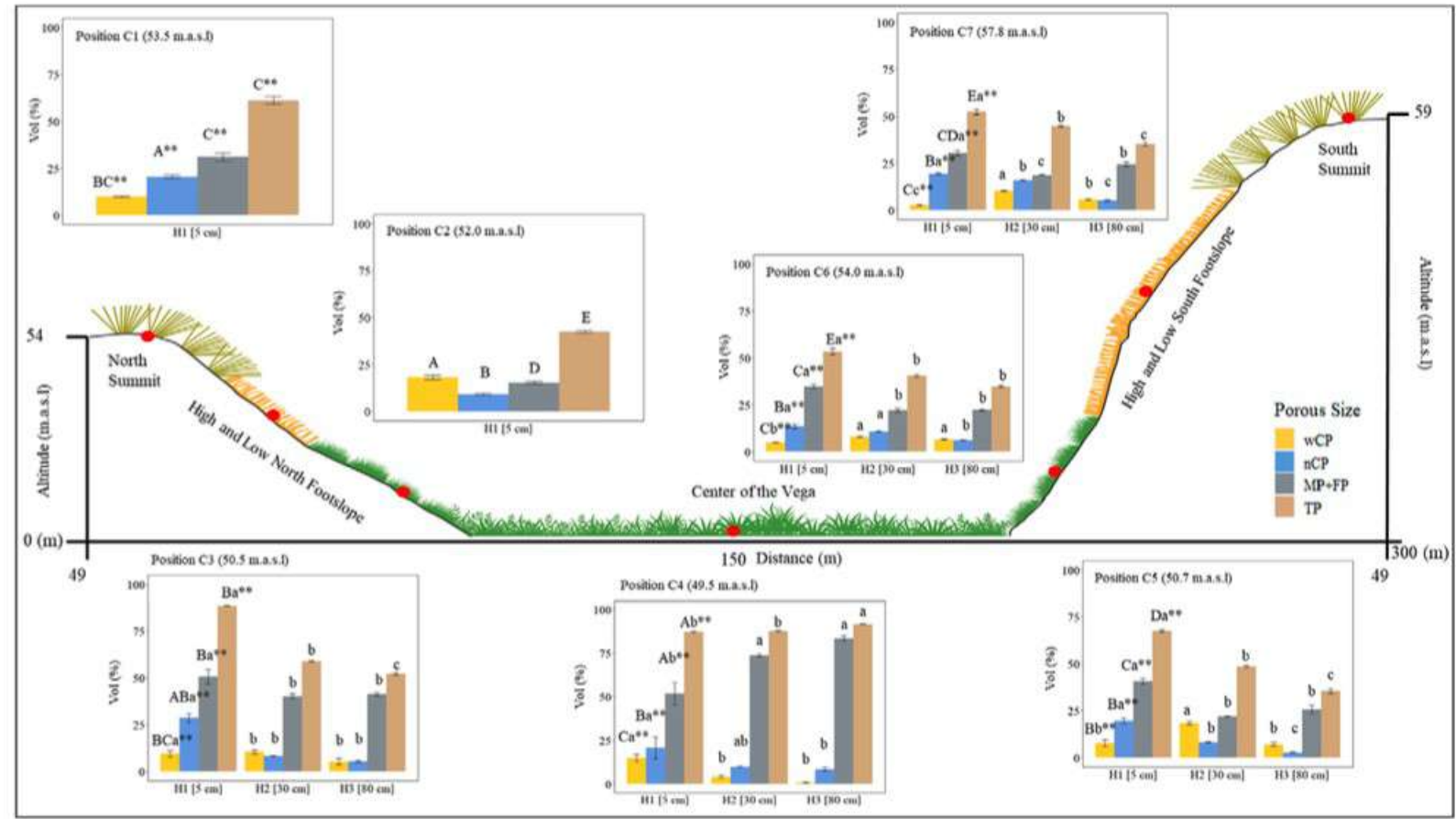


FIGURE 2 | Pore size distribution: wide coarse pores (wCP, > 50 μm), narrow coarse pores (nCP, 50–10 μm), finer and medium pores (MP + FP, < 10 μm) and total porosity (TP) of each topographic position and soil depth. Bars show ±1 standard error. Capital letters indicate differences between positions for an individual pore size. Significance is indicated by the first capital letter of C1 for each pore size. Lowercase letters indicate differences between horizons within each position for each pore size. Significance is indicated next to the first letter of the first horizon. **p* < 0.05, ***p* < 0.01 and ^{ns}*p* > 0.05. Red circle marks the sampling point.

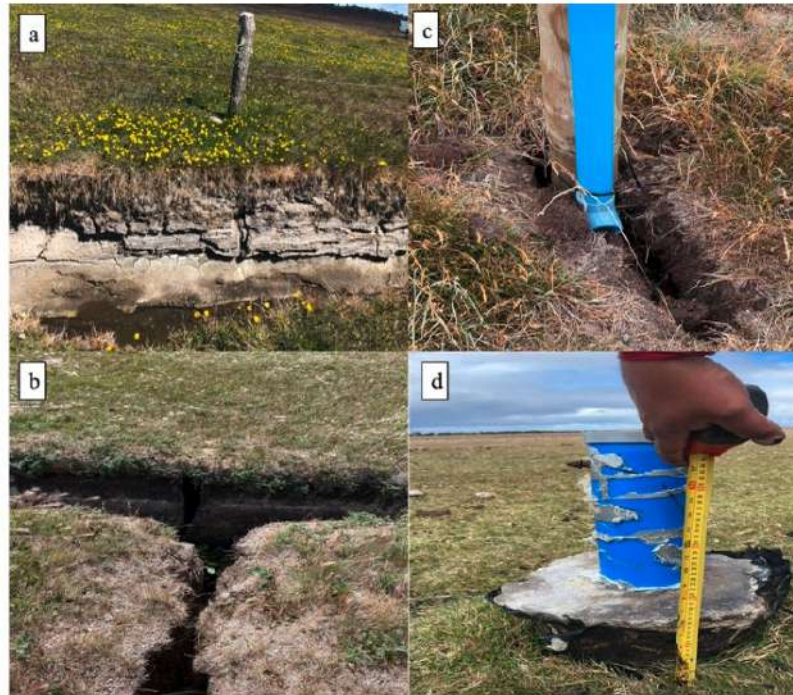


FIGURE 10 | Soil cracks formed in situ in the studied watershed due to (a) drainage or (b) a period of prolonged water deficit and (c) and (d) due to prolonged water deficit.

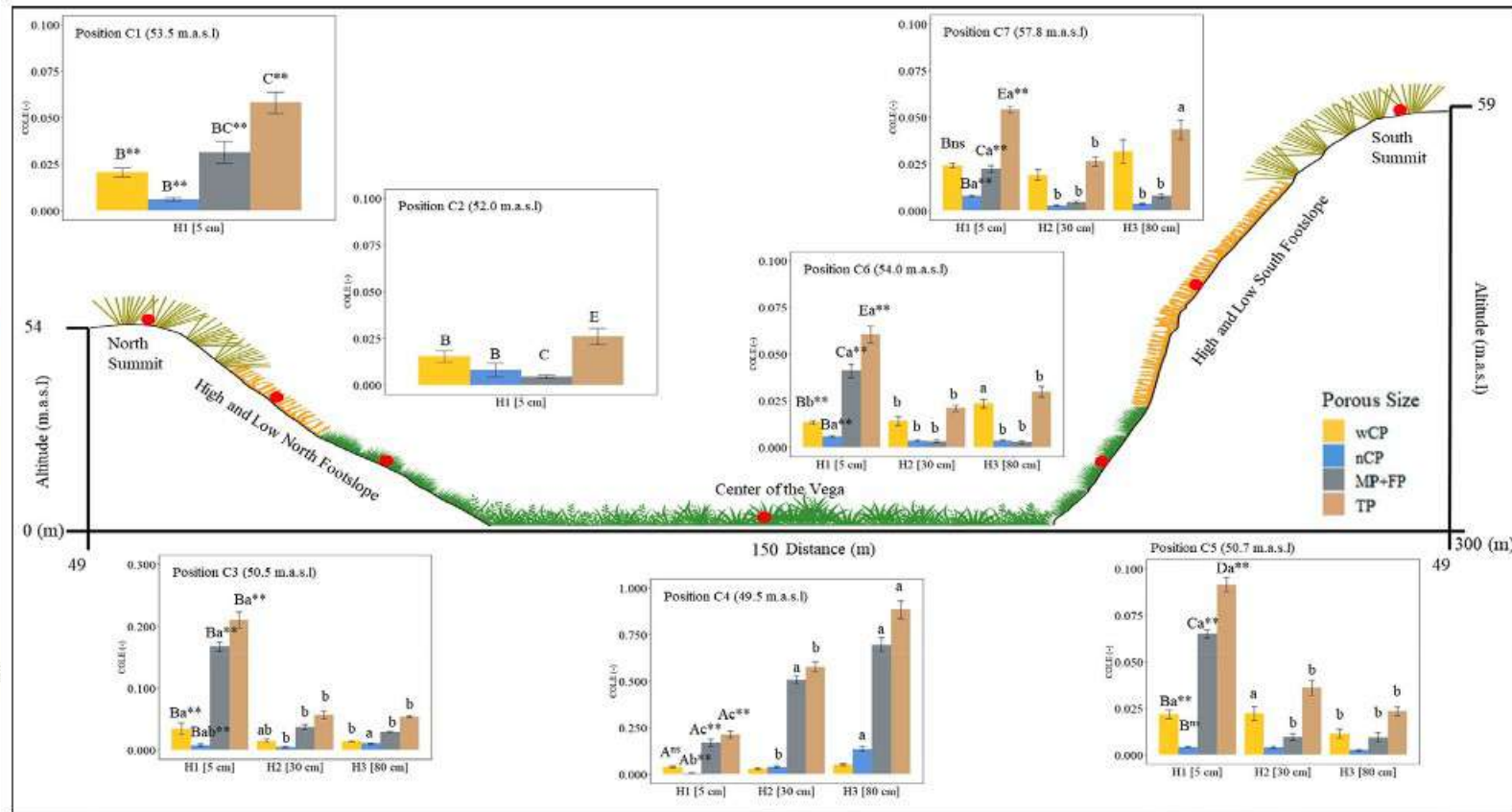
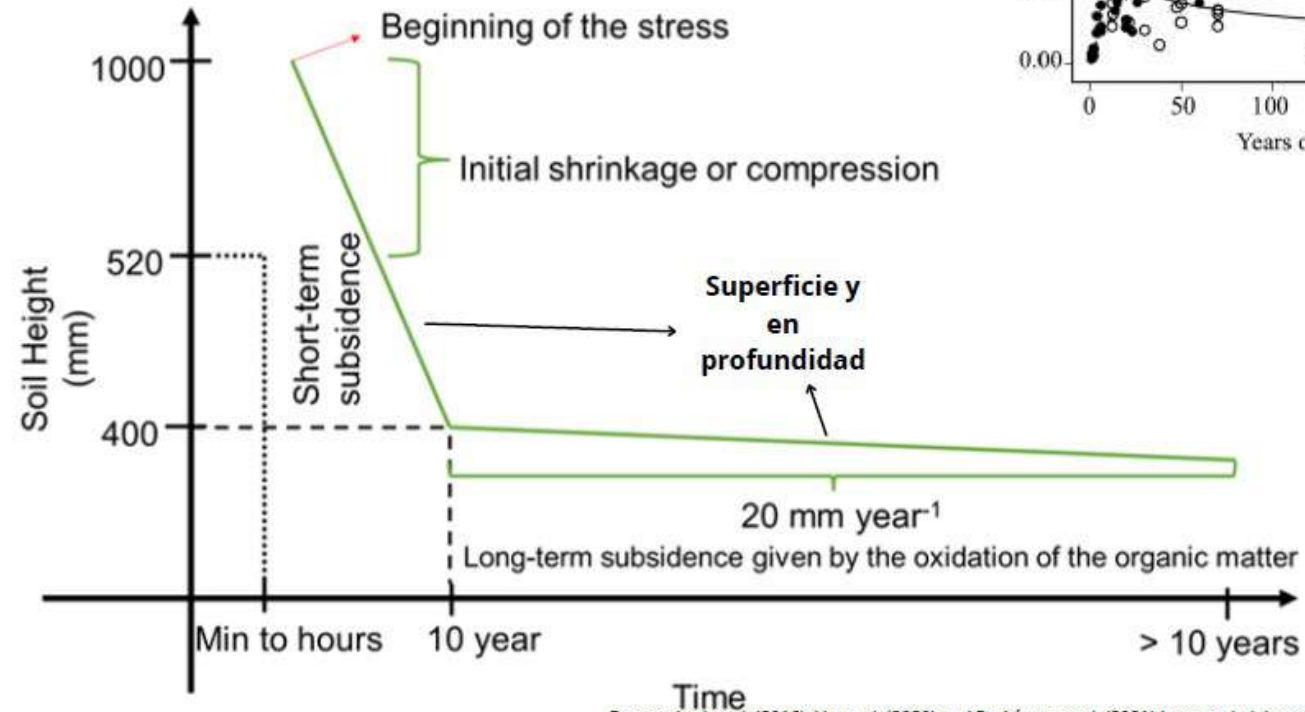
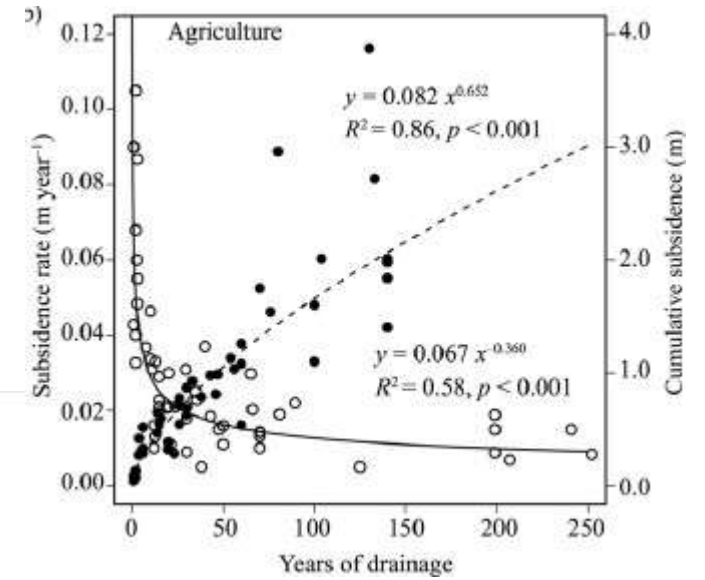


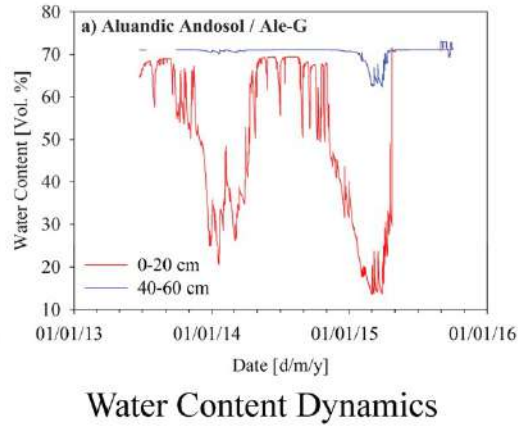
FIGURE 4 | Coefficient of linear extensibility (COLE) of wide coarse pores (wCP, > 50 μm), narrow coarse pores (nCP, 50–10 μm), finer and medium pores (MP + FP, < 10 μm) and total porosity (TP) of each position and wetland depth. Bars ± are standard error. Capital letters indicate differences between topographic positions for an individual pore size. Significance is indicated by the first capital letter of C1 for each pore size. Lowercase letters indicate differences between horizons within each position for each pore size. Significance is indicated next to the first letter of the first horizon. **p* < 0.05, ***p* < 0.01 and ^{ns}*p* > 0.05. Red circle marks the sampling point.



Rezanezhad et al. (2016), Liu et al. (2020) and Rodríguez et al. (2021) (personal elaboration).



Field Measurements



$$\theta = \frac{\left[\frac{SWC}{Bd} \right] \cdot Ds}{\frac{Ds}{Pd}} \quad \text{Eq. 7}$$

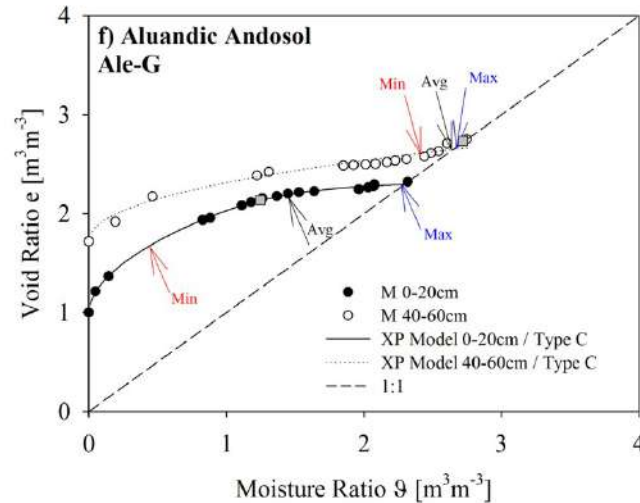
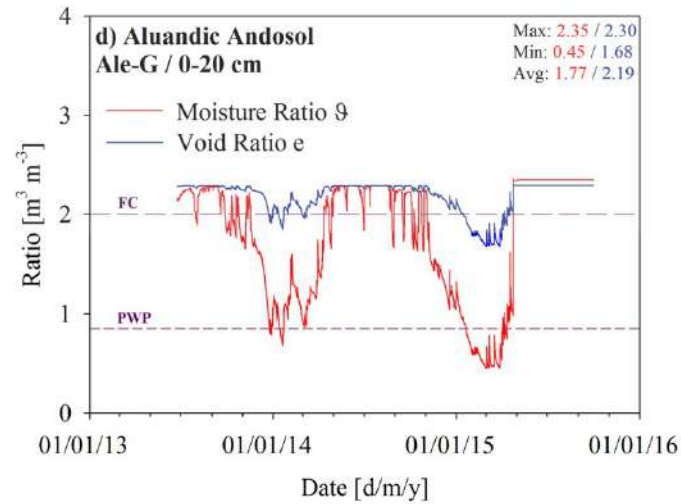
Laboratory Measurements



Soil Shrinkage Curve

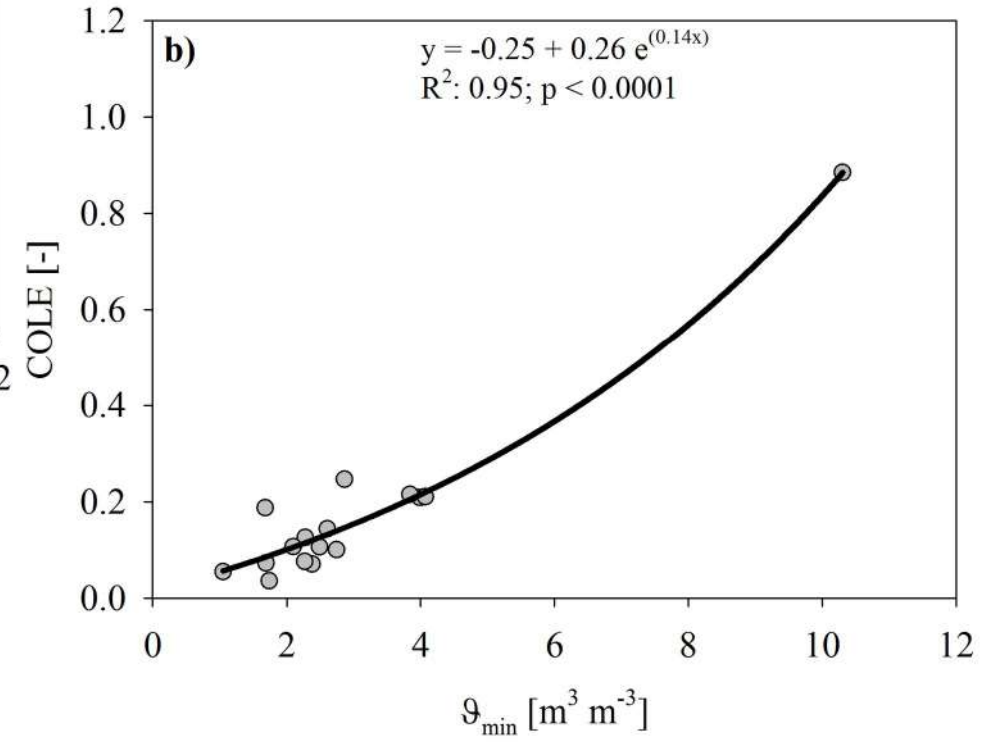
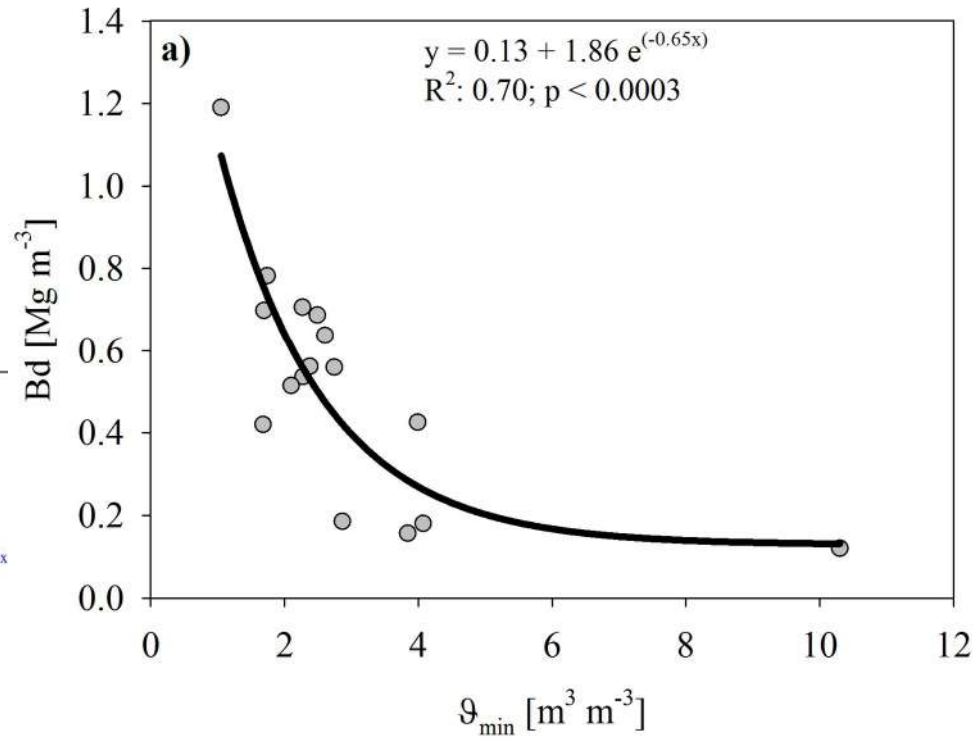
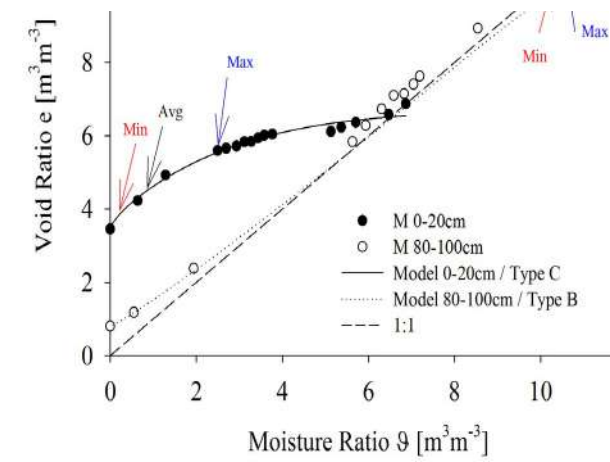
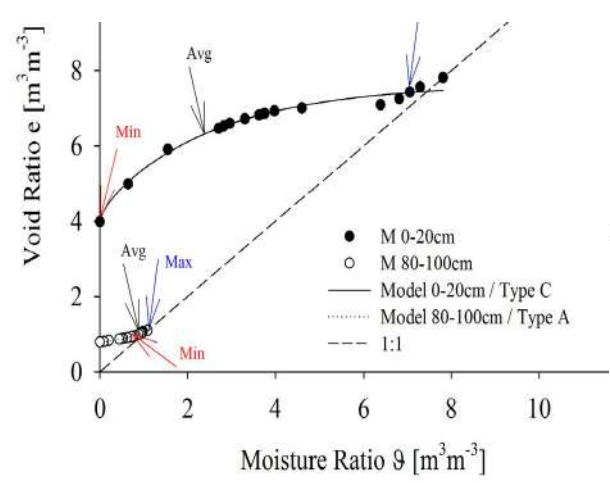
$$e(\theta) = e_r + \frac{e_s - e_r}{\left[1 + (\chi\theta)^{-p} \right]^q} \quad \text{Eq. 6}$$

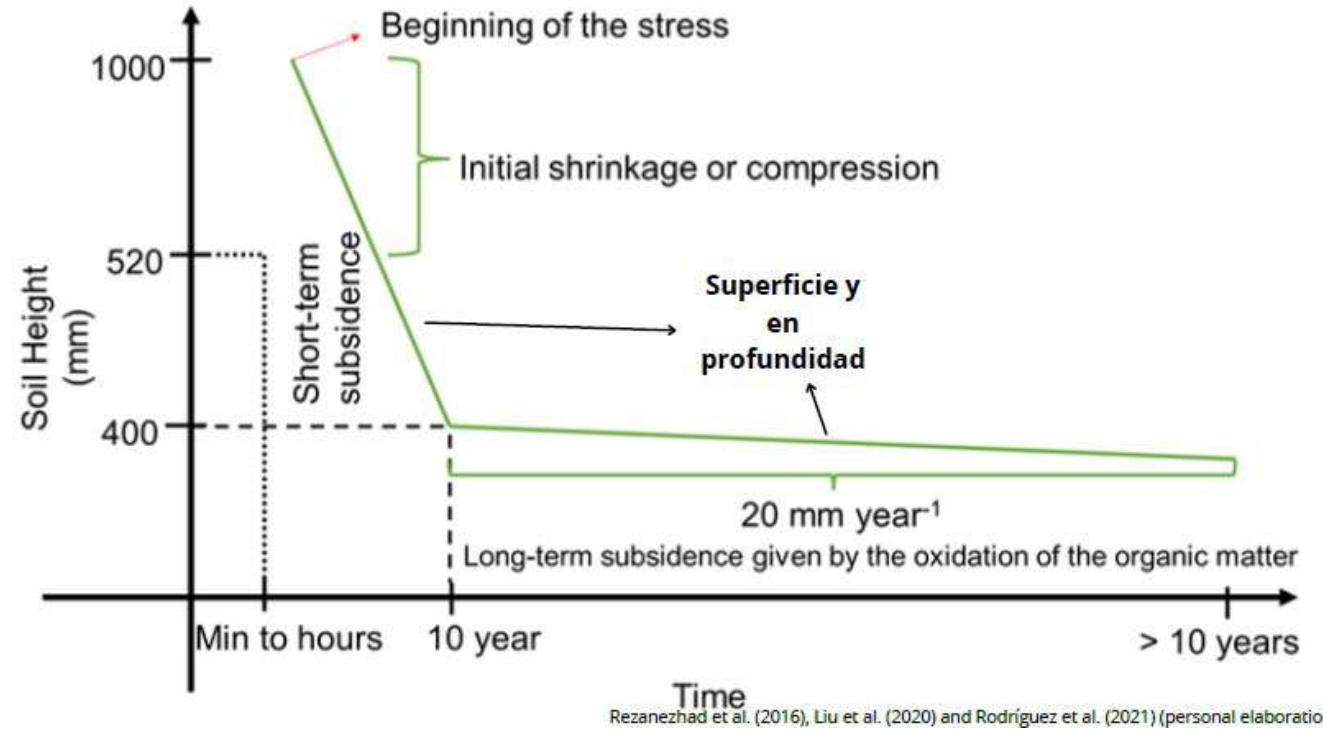
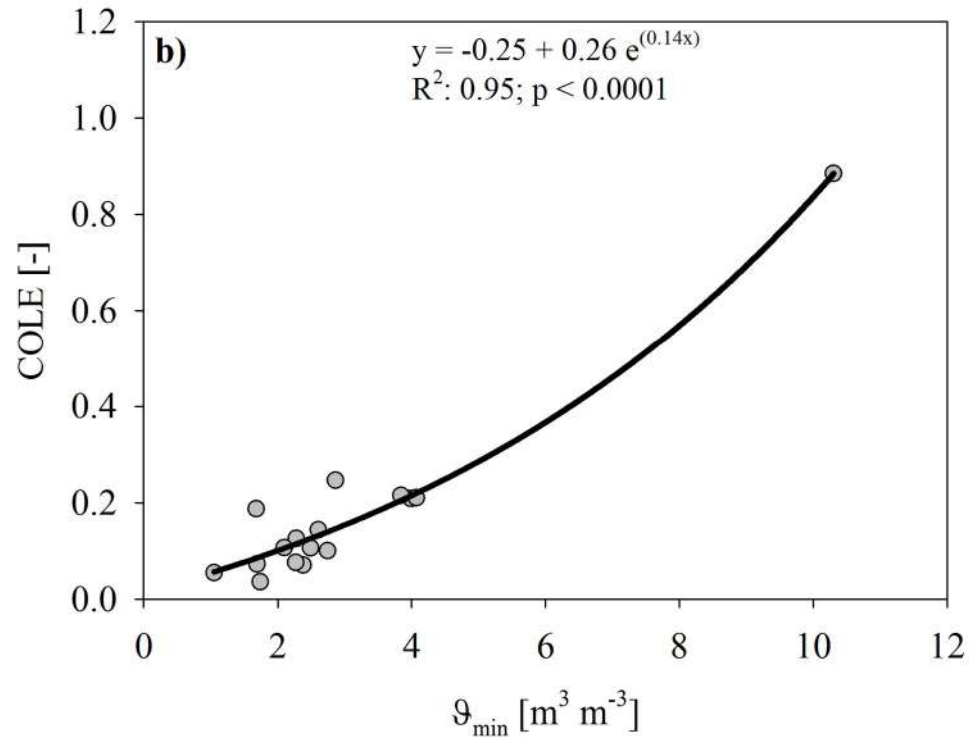
The combination of Laboratory and Field Measurements to improve our understanding of the hydraulic history of soils



¿Es posible analizar el historial hidrológico de un suelo combinando datos de campo (SWC) y laboratorio (SSC) para establecer los máx y min niveles de estrés hídrico vinculados a la curva de







La conservación de la estructura del suelo juega un rol importante en la accesibilidad de agua para las plantas, por tanto, es fundamental para que el suelo cumpla su rol como almacén de agua para sistemas agrícolas

El suelo esta expuesto a fuerzas externas (p.ej., pisoteo animal durante el pastoreo) e internas (p.ej., contracción por secado del suelo) que debe considerarse para conservar la estructura del suelo en sistemas de manejo agropecuario

El historial hídrico de los suelos volcánicos debe ser considerado al evaluar su manejo, especialmente, para el diseño de sistemas de



La consideración del rol del suelo como almacén de agua requiere considerar sus características específicas en cuanto a su profundidad efectiva, capacidad de retención y conducción de agua, como también, el uso de sensores calibrados de acuerdo al tipo de suelo (p.ej., Andisoles).

La Física de Suelos debe cumplir un rol relevante para evaluar la sustentabilidad de los sistemas productivos silvoagropecuarios para asegurar los SSEE del suelo.
Les deseo un exitoso desarrollo académico, aprovechen la oportunidad de formarse en una excelente Facultad/Universidad y cumplan sus sueños, trabajando diariamente para ser Excelentes Profesionales / Postgraduados



**MUCHAS GRACIAS!!!!
VISITENOS EN LA UACH!!!!**



La Relevancia del Rol del Suelo como Almacén de Agua para el Desarrollo Sostenible de la Agricultura en Chile

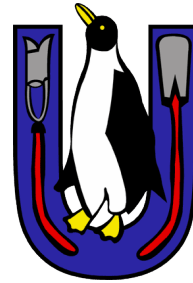
Dr. José Dörner

Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos
Facultad de Ciencias Agrarias y Alimentarias

UACH

CISVo – UACH

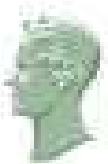
CISFECh



CISFECh
Soil and Ecosystem Functions
Research Center of Chile



Centro de Investigación
en Suelos Volcánicos



Alexander von Humboldt
Stiftung / Foundation

FONDECYT 11060130

FONDECYT 1100957

FONDECYT 1130795

FONDECYT 1130546

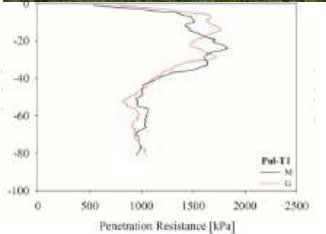
FONDECYT 1181515

FONDECYT 1191057

ACT210060

FONDECYT 1231934

DFG



Liderando la Sostenibilidad
Agroalimentaria

22 abril 2026
Inauguración Año
Académico