



# IV Jornadas Nacionales de Suelos de Ambientes Semiáridos



Córdoba, 25 y 26 de septiembre de 2019.

Facultad de Ciencias Agropecuarias- Universidad Nacional de Córdoba.

## MINERALIZACIÓN Y ESTABILIZACIÓN DE CARBONO DE RAICES ADICIONADO AL SUELO

Ing. Agr. Julius Koritschner

**RESUMEN:** El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de las propiedades de suelo y de raíces en los procesos de mineralización del C de raíces aportado al suelo y su estabilización en las fracciones de la materia orgánica. Se utilizaron 15 suelos de diferentes características, y residuos de raíces de soja (SJ), maíz (MZ) y sorgo (SOR), a las que se les determinó composición elemental y bioquímica. Se realizaron incubaciones de laboratorio de cada suelo con las tres raíces y un control, a 25 °C y 80 % de capacidad de campo durante 6 meses y se midió el C-CO<sub>2</sub> liberado. Se cuantificó el C en la fracción <53µm y C en fracción >53µm mediante fraccionamiento físico, y C ácidos húmicos (C-AH) y C en ácidos fúlvicos (C-AF) por fraccionamiento químico. Se observó una fase lag en raíces con mayor contenido de lignina y celulosa (SJ y MZ) ausente en SOR, que presentaron más solubles. El pH y el contenido de N de los suelos influyeron en la mineralización. Se mineralizó más las raíces de SOR (47% del C de raíz) que MZ y SJ (36 y 34%). La incorporación de C al suelo se observó principalmente en la fracción >53 micras, con una acumulación de entre el 10 y 50% del C de raíz adicionado, y siguió la secuencia SJ>MZ>SOR, inversa a la de mineralización. Este patrón se replicó en todos los suelos. En SJ y MZ se incrementó el C-AH y el C-AF (4,2% y 8%) del C de raíz. Aunque SJ mostró mayor acumulación de C en los suelos, la relación C-AH/C-AF fue la menor entre raíces, indicativa de menor procesamiento de las sustancias. La incorporación de residuos de raíz a los suelos mostró que con información de suelo y de raíz es posible predecir la mineralización del residuo vegetal.



## IV Jornadas Nacionales de Suelos de Ambientes Semiáridos



Córdoba, 25 y 26 de septiembre de 2019.  
Facultad de Ciencias Agropecuarias- Universidad Nacional de Córdoba.

# MINERALIZACIÓN Y ESTABILIZACIÓN DE RAÍCES DE SOJA, MAÍZ Y SORGO EN DISTINTAS FRACCIONES DEL CARBONO ORGÁNICO TOTAL DEL SUELO

Julius José Koritschoner  
Ariel Rampoldi  
Susana Hang

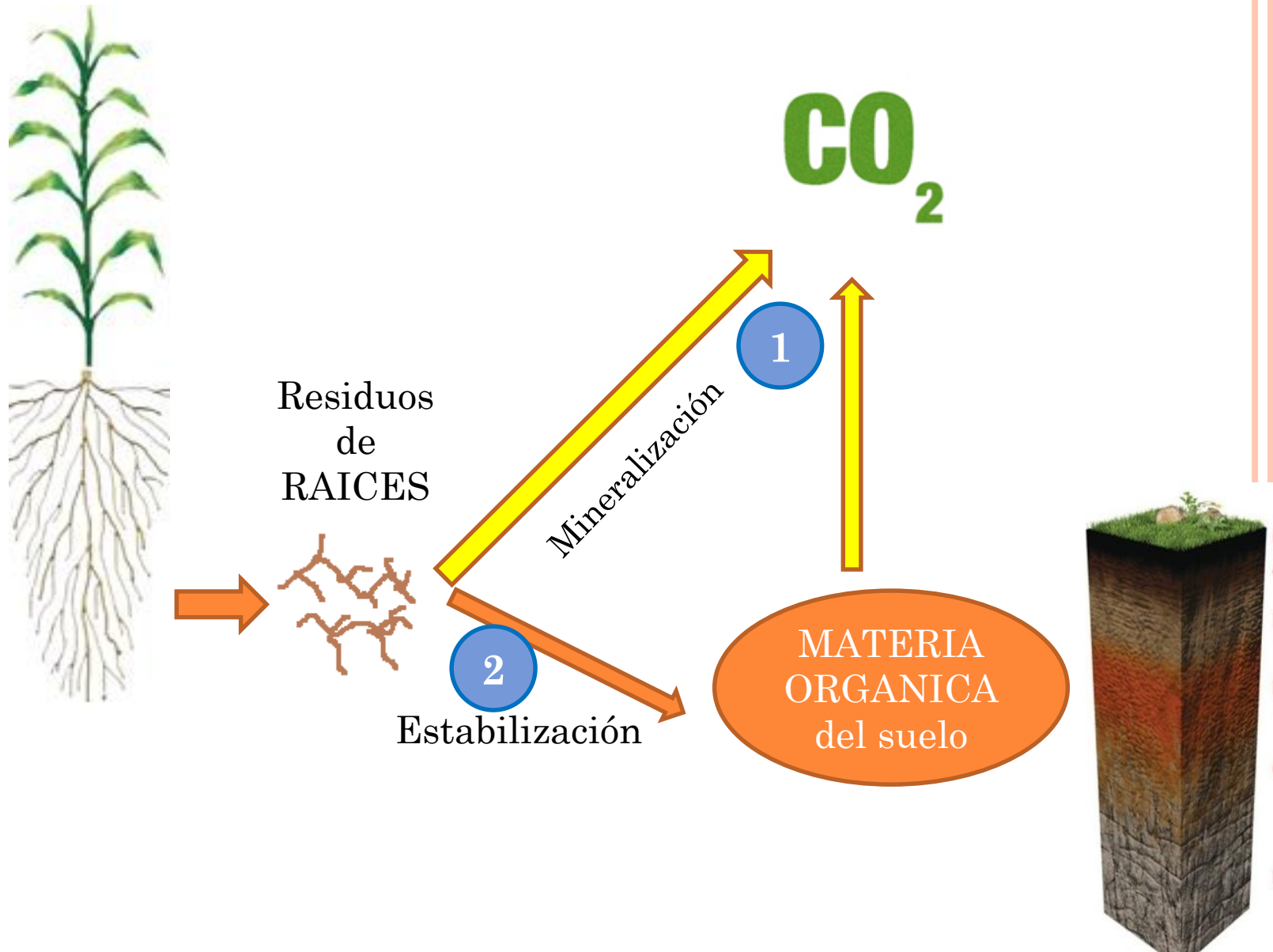


# ESTRUCTURA

- MINERALIZACION DE RAÍCES EN SUELOS DE LA REGIÓN CENTRAL ARGENTINA
- ESTABILIZACIÓN DE C DE RAICES EN LAS FRACCIONES DE C DE SUELOS DE LA REGIÓN CENTRAL ARGENTINA
- PREDICCIÓN DE LA MINERALIZACIÓN DE CARBONO ORGANICO DE SUELOS Y RAICES CON EL MODELO DE SIMULACIÓN EPIC



# ANTECEDENTES





# IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DE LA MINERALIZACIÓN DE DE RAÍCES

## RAICES

**MAS DEL 40% DE LA BIOMASA DE LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES<sup>1</sup>**

**SON EL PRINCIPAL APORTE A LA MATERIA ORGANICA DEBIDO A SU HUMIFICACIÓN PREFERENCIAL<sup>2</sup>**

En general, no hay extracciones debidas a la cosecha de los cultivos

**POSEEN MAS LIGNINA QUE LOS RESIDUOS AÉREOS**

<sup>1</sup>Vogt, K. A. et al. Review of root dynamics in forest ecosystems grouped by climate, climatic forest type and species. *Plant and Soil* 187, 159–219 (1995).

<sup>2</sup>Jackson, R. B., Lajtha, K., Crow, S. E., Hugelius, G., Kramer, M. G., & Piñeiro, G. (2017). The ecology of soil carbon: Pools, vulnerabilities, and biotic and abiotic controls. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 48, 419-445.



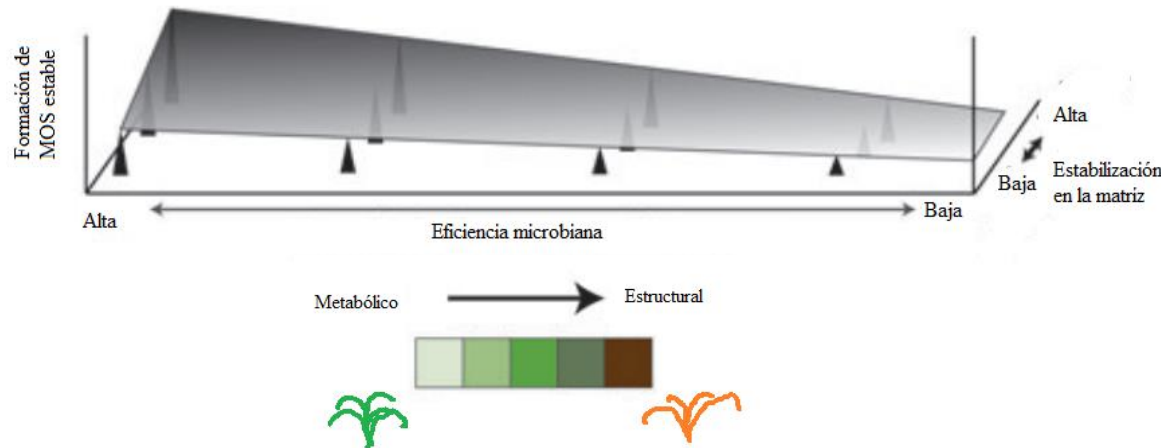
# PREGUNTAS GENERALES DE INVESTIGACIÓN

- ¿Cuales son los factores que mas influyen en la mineralización del C de las raíces?
- ¿Se pueden clasificar funcionalmente las raíces de los principales cultivos según su composición y descomposición en el suelo?
- ¿Puede predecirse el C mineralizado y estabilizado de las raíces a partir de propiedades edáficas y composicionales de las raíces?



# Marco conceptual

Modificado de Cotrufo *et al.*, (2013)



Las características de la materia orgánica del suelo y de los materiales adicionados interactúan en la descomposición:

- i) Raíces con mayor nivel de C recalcitrante aumentaran mas la fracción particulada del suelo,  
Raíces con una mayor fracción soluble presentaran incrementos en las fracción fina, con mayor procesamiento microbiano.
- ii) Los suelos de mayor fertilidad química y matrices mas reactivas permiten mayor estabilización de C.



# PARA PONER A PRUEBA LAS HIPÓTESIS SE DISEÑARON EXPERIMENTOS..

- Incubaciones para analizar la mineralización de C de raíces.
- Fraccionamientos de materia orgánica para caracterizar la estabilización del C de raíces.
- Modelo de simulación para predecir la mineralización del C de raíces.



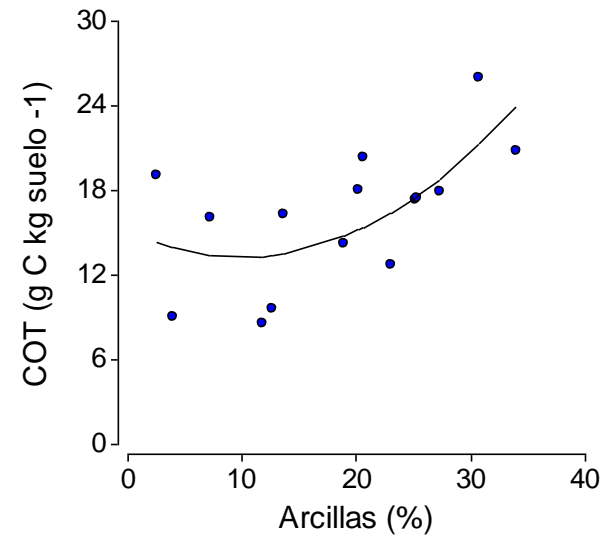
# SUELOS UTILIZADOS



# RESULTADOS SUELOS

Variable	Media	Mín.	Máy.
COT (g kg <sup>-1</sup> )	16	<b>8.6</b>	<b>26.0</b>
Nt (%)	0,15	0,05	0,23
pH	6,9	6,0	7,7
CIC (mmol kg <sup>-1</sup> )	17	8	28
P Bray (ppm)	46	20	88
Arcillas (%)	19	<b>3</b>	<b>34</b>

Se captó un buen gradiente  
de COT-Textura



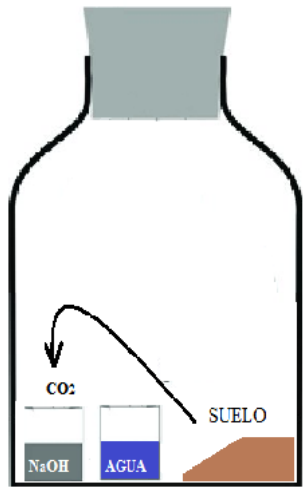
# RAICES

Nombre científico	Nombre vulgar	Abrev.
<i>Glycine max</i> (L.) Merr.	Soja	SJ
<i>Zea mays</i>	Maíz	MZ
<i>Sorghum halepense</i> (L.) Perr.	Sorgo de Alepo	SA
<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench. cv. Biosilero INTA	Sorgo silero	SB
<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench. cv. Pakari	Sorgo granífero	SP



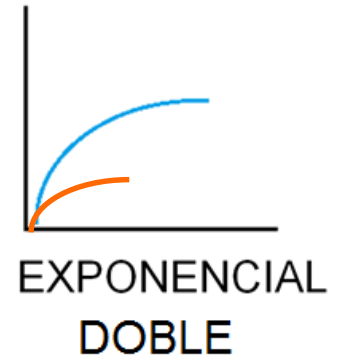
# METODOLOGÍA

## INCUBACIONES DE SUELO: MEDICIÓN DE C-CO<sub>2</sub>



C-CO<sub>2</sub>  
acumulado  
Hasta 140 d

Regresión  
no-lineal



- 28 °C.
- 80 % de la capacidad de campo de cada suelo.
- 20g suelo+ 400mg raíces

### PARÁMETROS ESTIMADOS

C<sub>1</sub>: carbono lábil

k<sub>1</sub>: tasa de mineralización C lábil

k<sub>2</sub>: tasa de mineralización C estable

100-C<sub>1</sub>: C estable

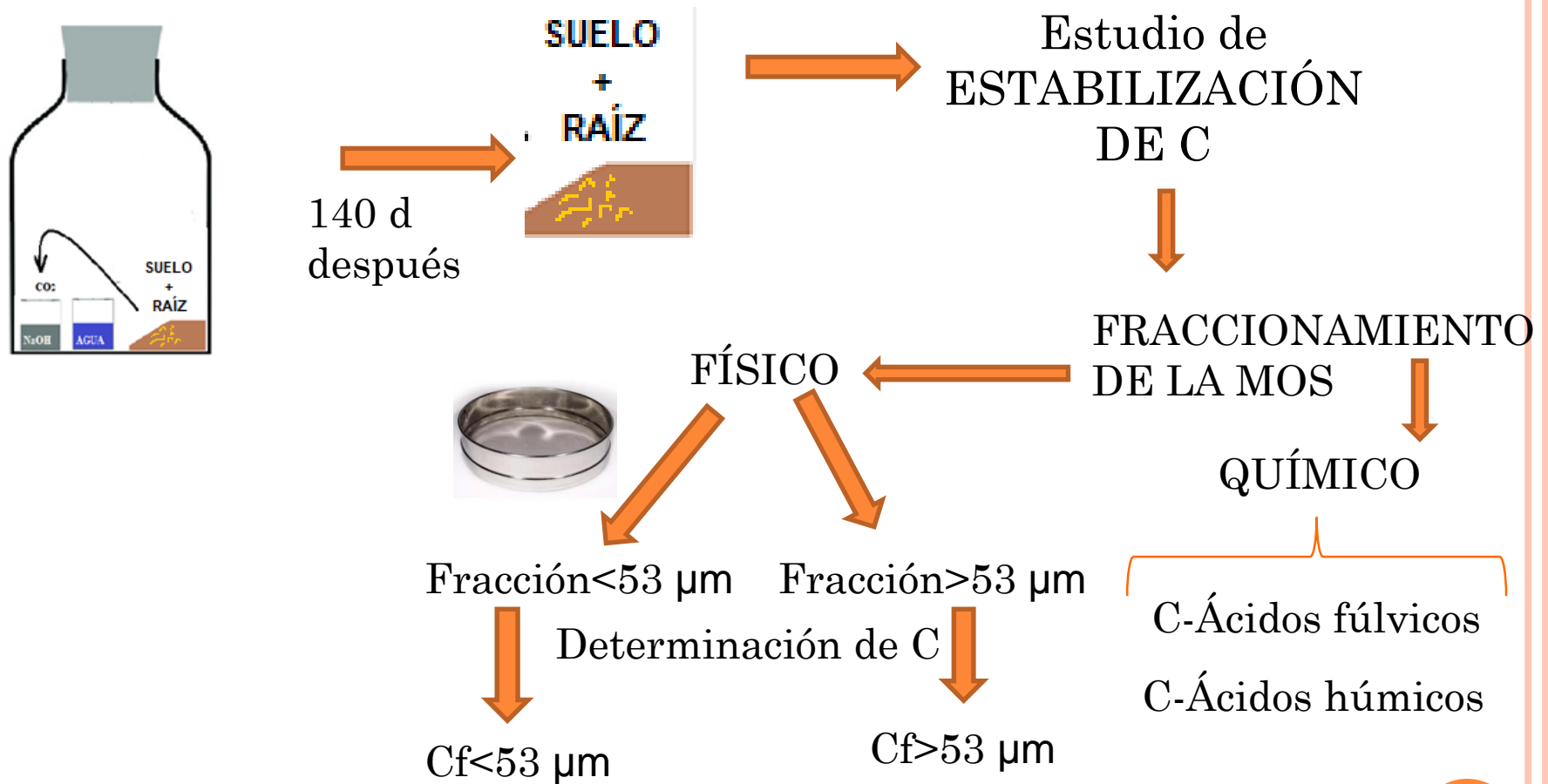
Correlaciones y regresión múltiple con propiedades edáficas





# METODOLOGÍA DE TRABAJO

## FRACCIONAMIENTOS



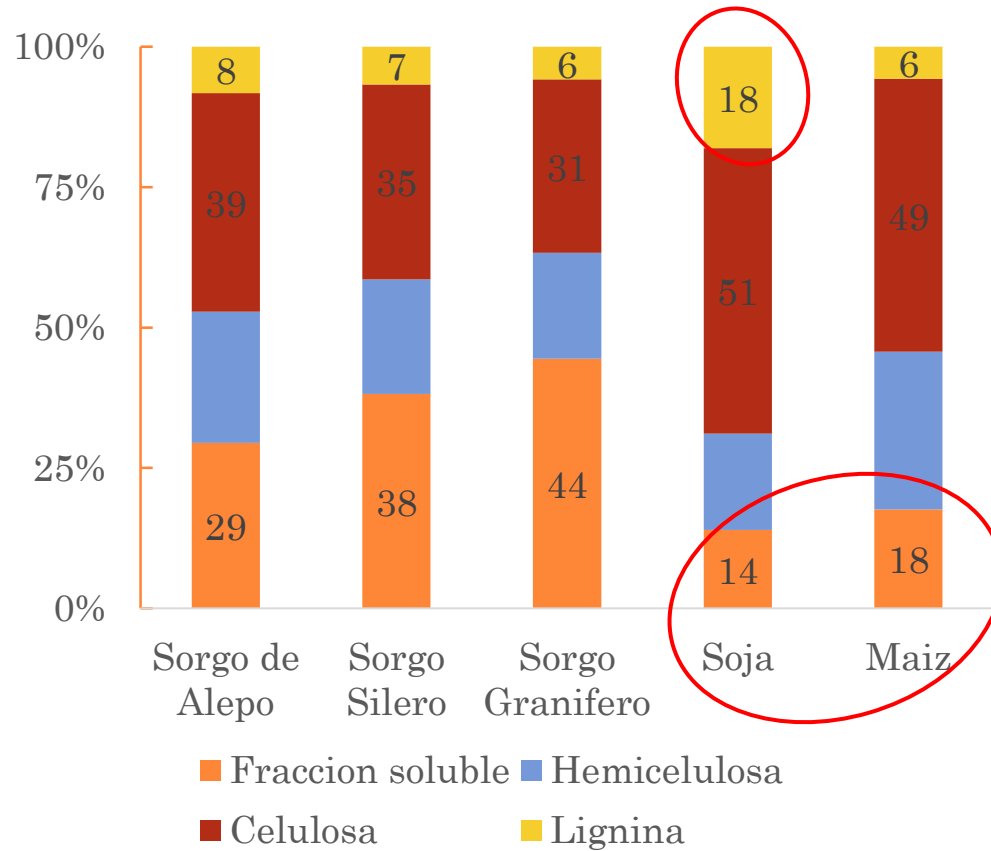
- 25 °C.
- 80 % de la capacidad de campo de cada suelo.

# ÍNDICES DE ENRIQUECIMIENTO (IE)

- Cociente entre el contenido de C en la fracción de interés para el tratamiento con adición de una raíz y el contenido de C en la fracción de interés para el suelo control.
- $IE = C_{\text{tratamiento}} / C_{\text{control}}$

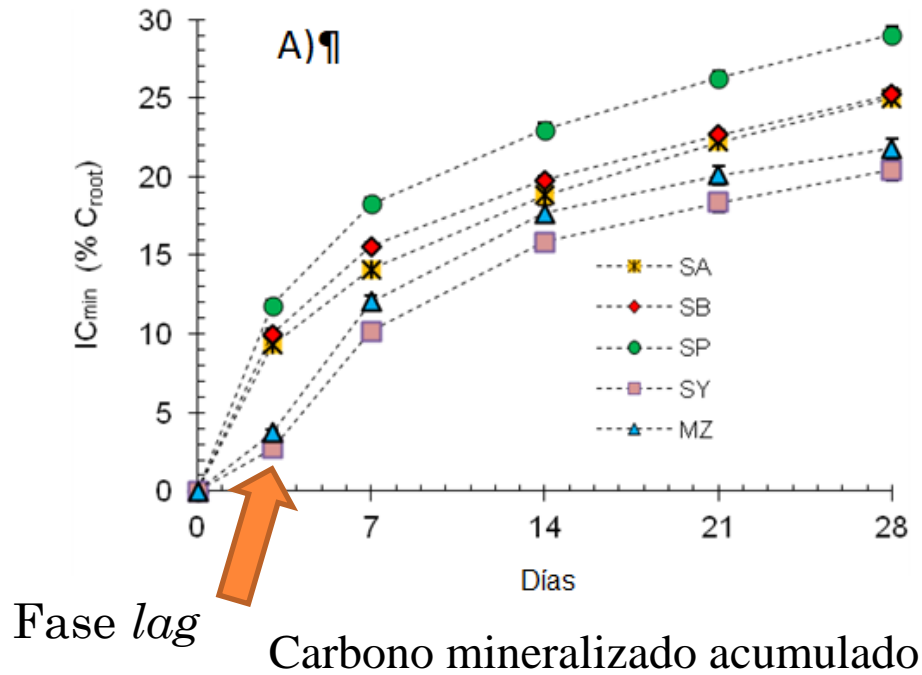


# COMPOSICIÓN BIOQUÍMICA DE LAS RAÍCES



# RESULTADOS

## UN MES DE INCUBACIÓN



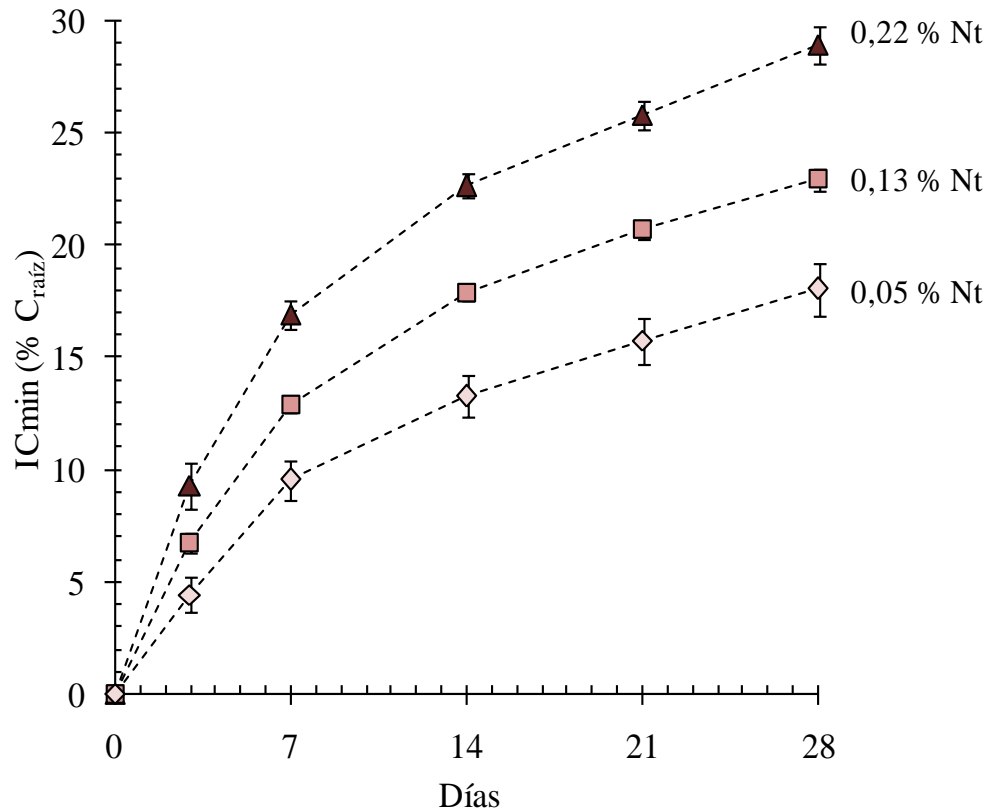
La mineralización de raíces de los tres sorgos fue superior a la mineralización de las raíces de soja y maíz



# RESULTADOS

## 1 MES DE INCUBACIÓN

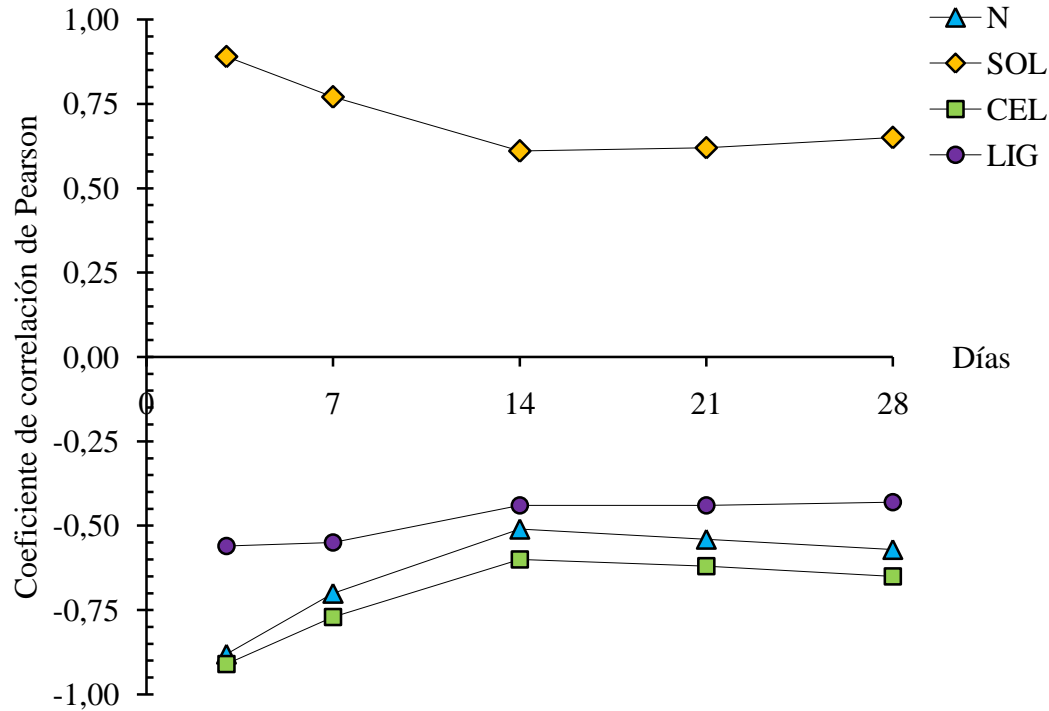
### EFFECTO DEL NITRÓGENO TOTAL DEL SUELO



Todas las raíces presentaron **mayor mineralización** en suelos con **mayor contenido de nitrógeno total**.



# EFECTO DE LA COMPOSICIÓN INICIAL DE LA RAÍZ



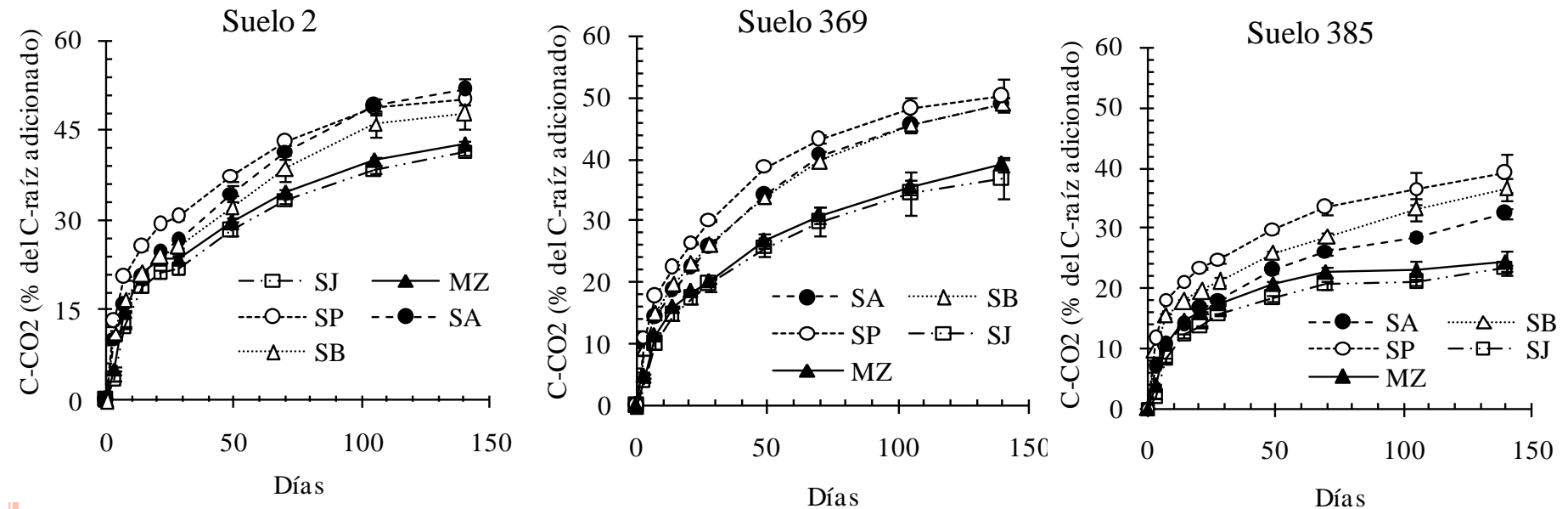
La **fracción soluble** de las raíces se correlacionó de manera positiva con el C mineralizado ( $R=0,9$ ).



# RESULTADOS

## 5 MESES DE INCUBACIÓN

Se mantuvo e incremento la diferencia de mineralización de C entre raíces



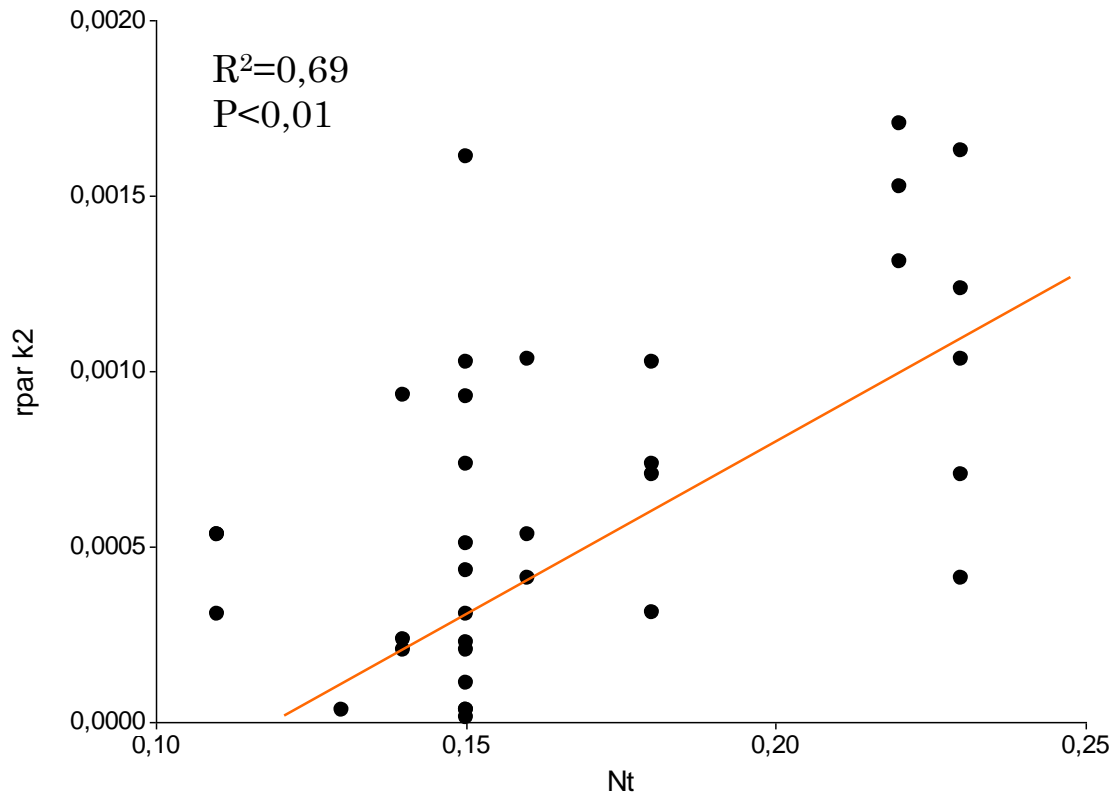
Parámetro	SA	SB	SP	MZ	SJ
k1	0,13	0,19	0,17	<b>0,09</b>	<b>0,07</b>
k2	0,00257	0,00289	0,00289	<b>0,00143</b>	<b>0,00111</b>
C1	22,1	32,2	51,3	40,7	48,4
TMR k1	7,9	5,3	5,8	11,4	14,9
TMR k2	389	346	<b>346</b>	699	<b>901</b>



# RESULTADOS

## 5 MESES DE INCUBACIÓN

### EFFECTO DEL N DE SUELO SOBRE LA TASA DE MINERALIZACIÓN DEL C ESTABLE



Entre propiedades de suelo y  $k_1$  no se encontraron asociaciones significativas





# INFLUENCIA DE LA COMPOSICION BIOQUÍMICA DE LAS RAÍCES: CORRELACIONES CON LOS PARÁMETROS

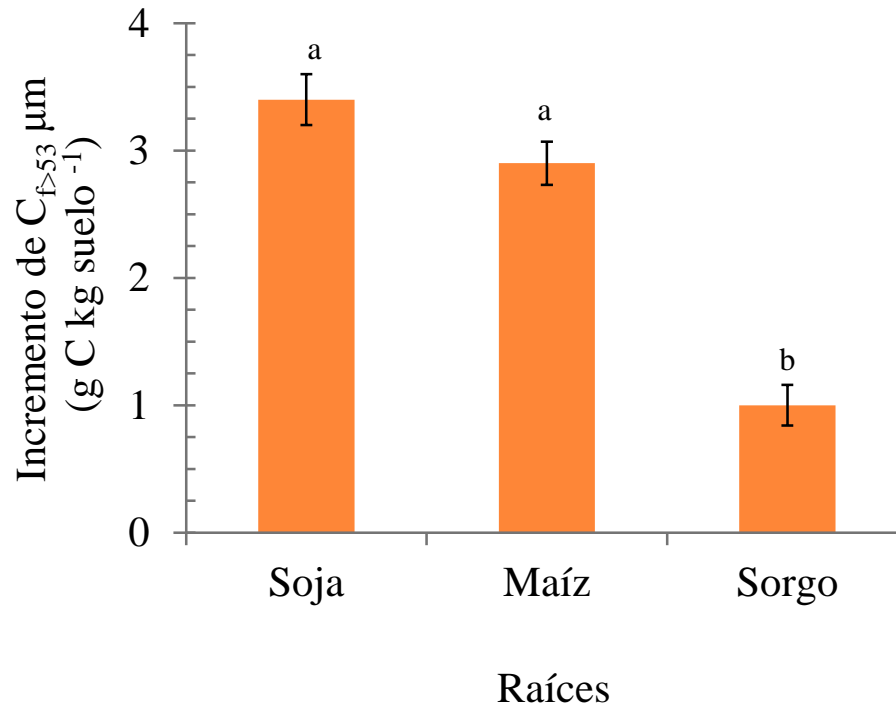
	$k_1$	$k_2$	$C_1$
Hemicelulosa	ns	ns	ns
Celulosa	-0,95	-0,98	ns
Lignina	ns	ns	ns
Fracción soluble	0,95	0,96	ns



# RESULTADOS

## FRACCIONAMIENTO FÍSICO

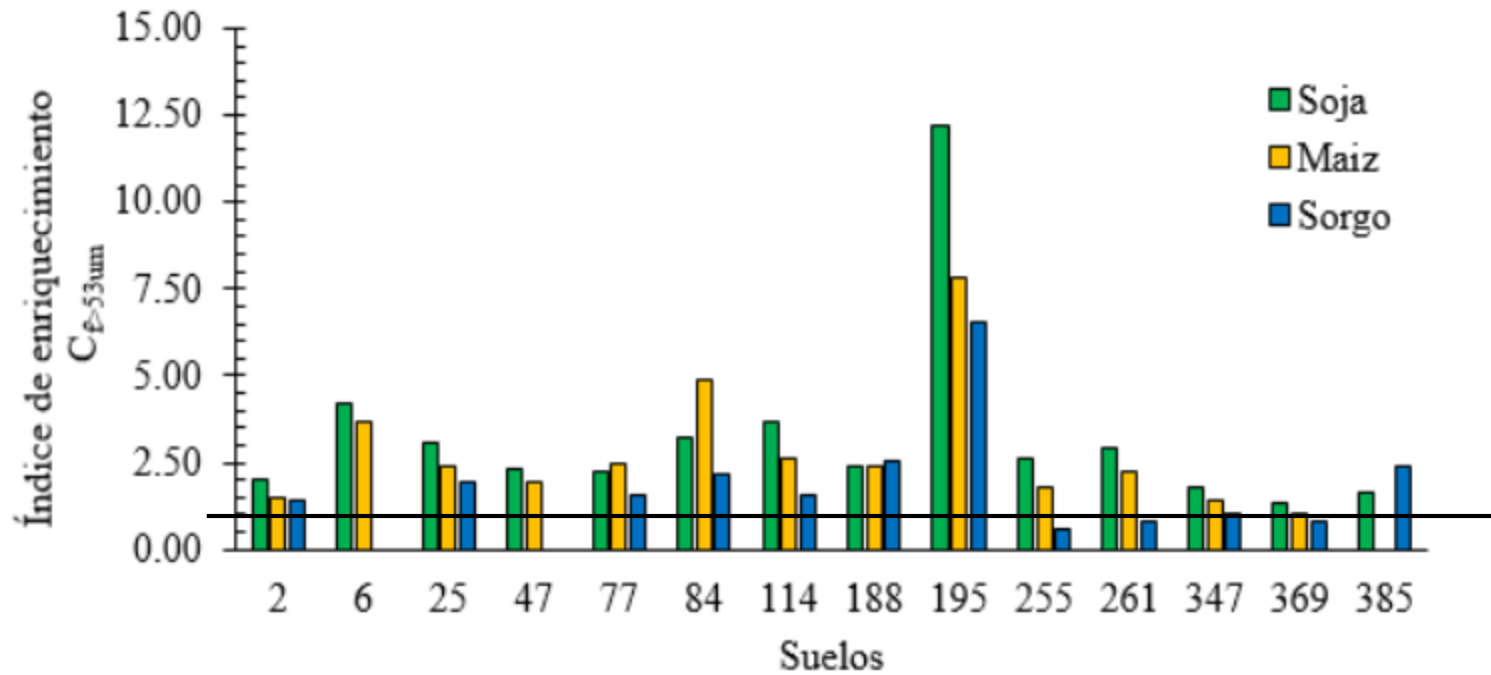
- La adición de raíz produjo un incremento significativo de C en la fracción mayor a  $53 \mu\text{m}$ .
- Entre raíces, el mayor aumento fue para los suelos con raíz de soja, seguido de maíz y el menor incremento fue en los suelos tratados con raíces de sorgo.



# RESULTADOS FRACCIONAMIENTO FÍSICO

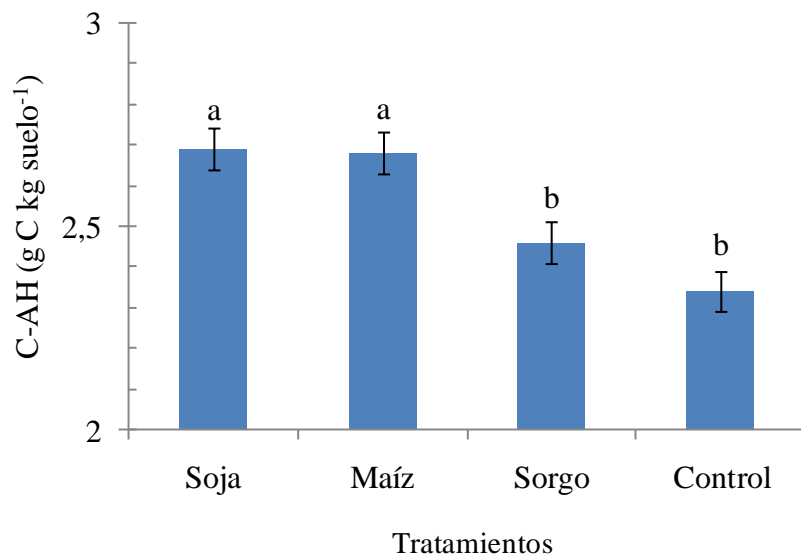
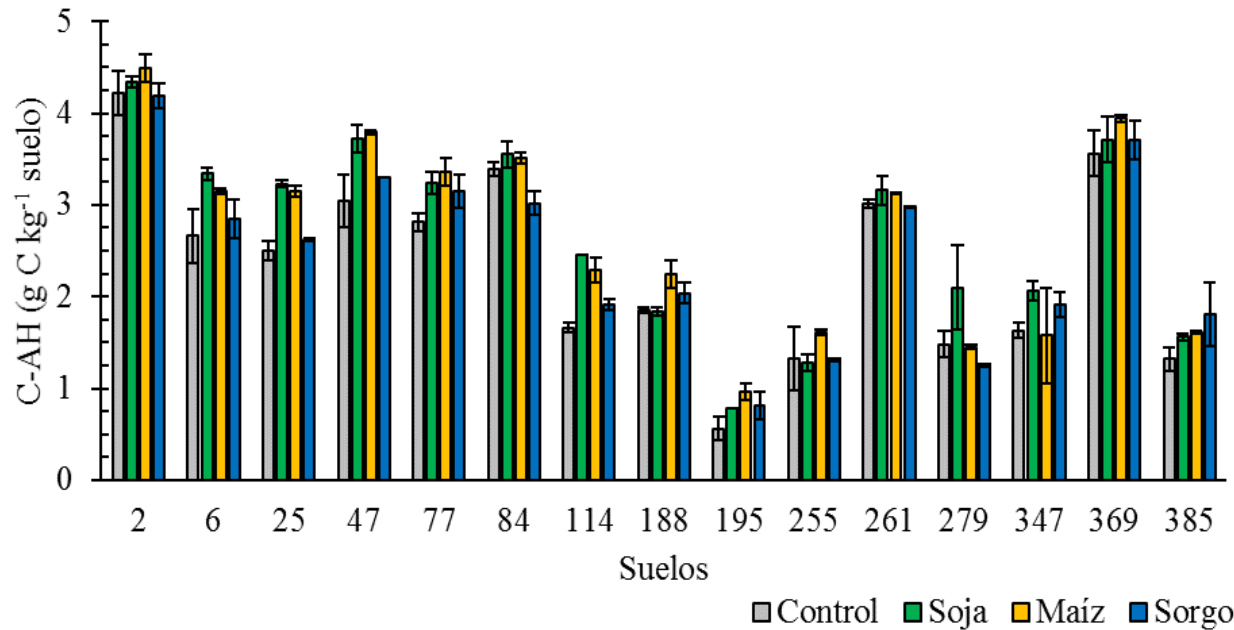
## ÍNDICES DE ENRIQUECIMIENTO

Fracción mayor 53  $\mu\text{m}$



# RESULTADOS

## FRACCIONAMIENTO QUÍMICO



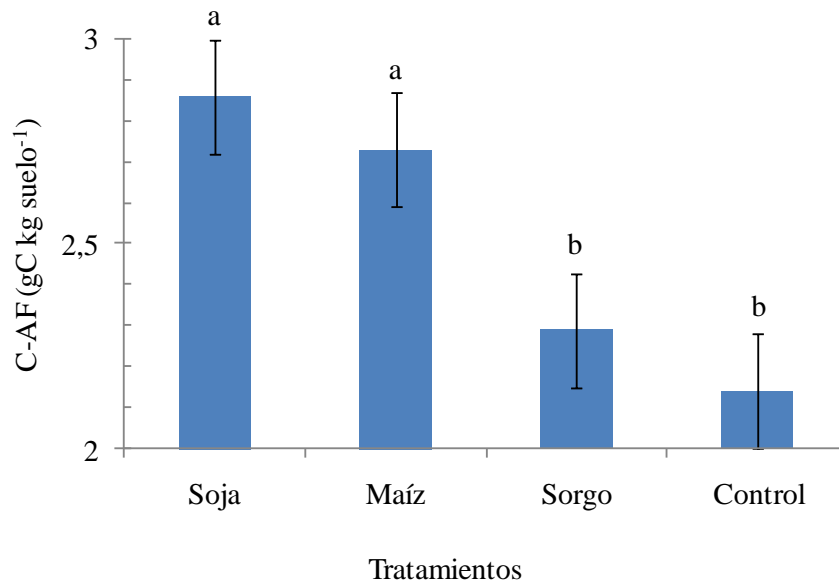
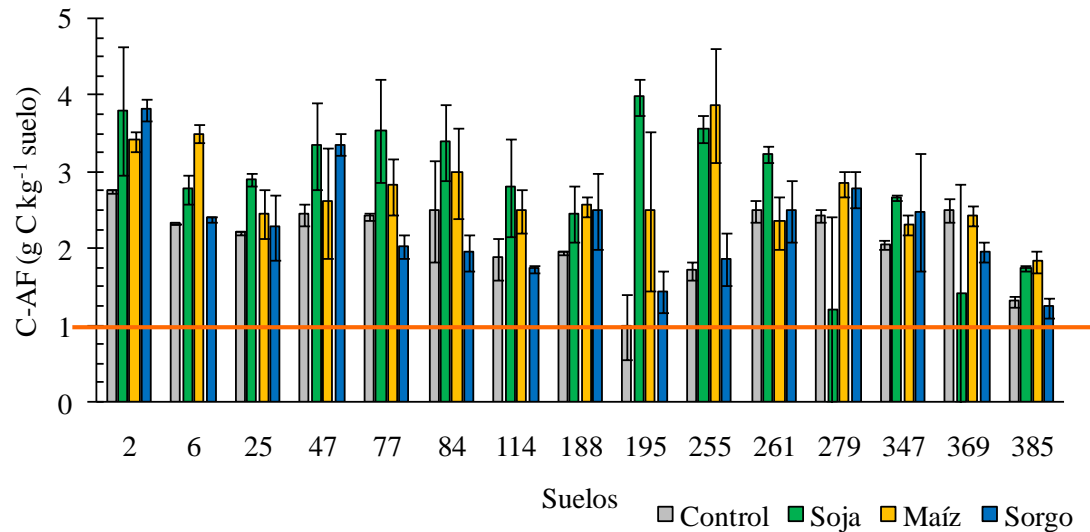
La incorporación de raíces causó **incremento en el contenido de C-AH** en los suelos con adición de Soja y Maíz ( $p < 0,05$ ).



# RESULTADOS

## FRACCIONAMIENTO QUÍMICO

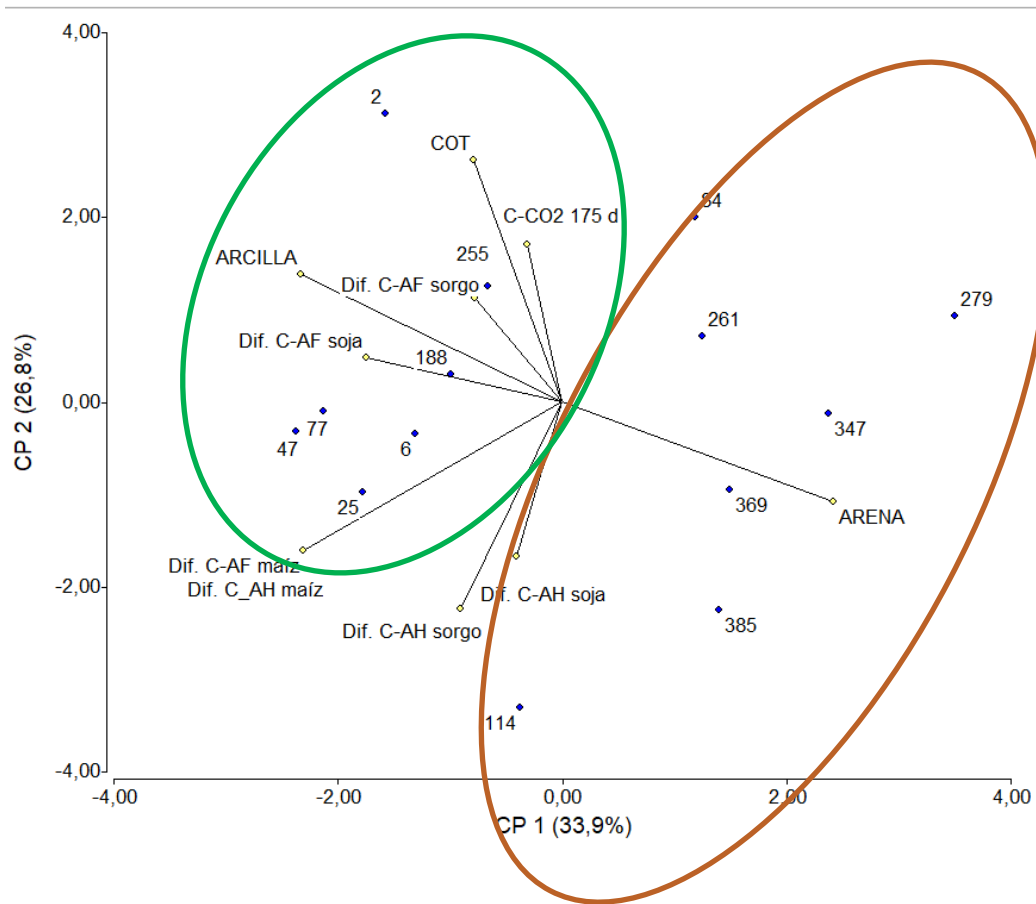
### C en ácidos fúlvicos



La incorporación de raíces causó **incrementó en el contenido de C-AF** en los suelos con adición de **Soja y Maíz** ( $p < 0,05$ ).



# EFFECTO SUELO EN LA ESTABILIZACIÓN DE C

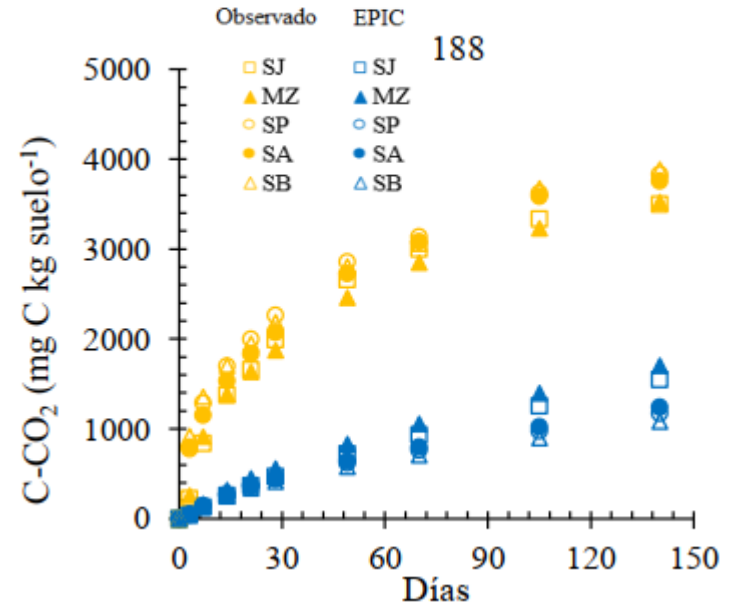
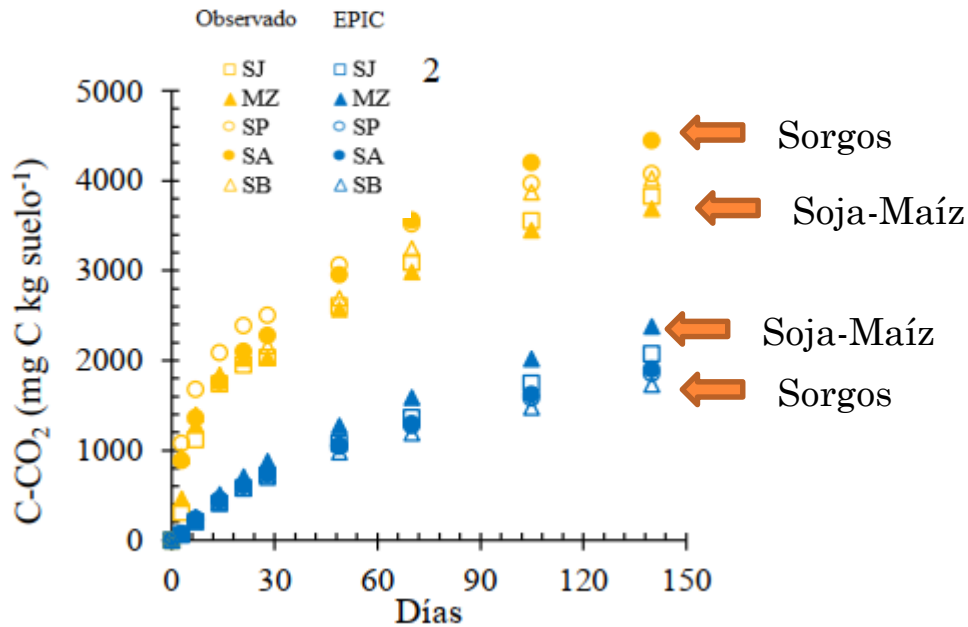


Suelos con matrices de mayor contenido de arcillas y COT incrementaron mas el C-AF y el C-AH



# RESULTADOS

## MINERALIZACIÓN DEL C DE RAÍCES

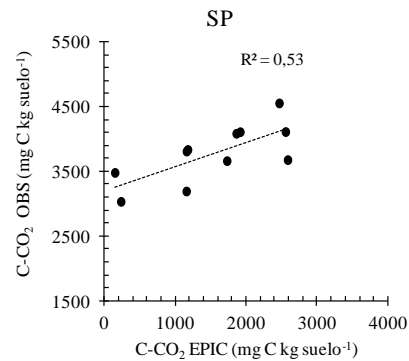
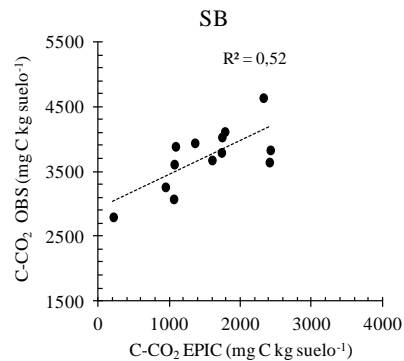
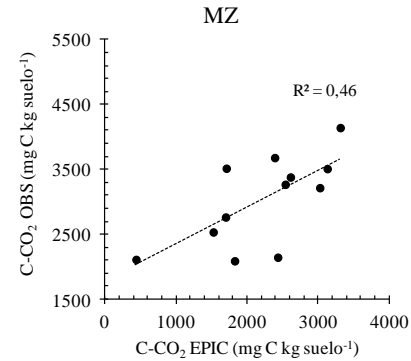
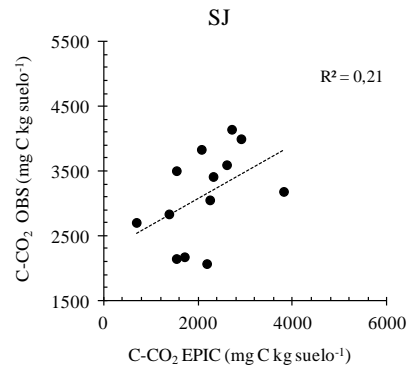


En la simulación de EPIC, las raíces de soja y maíz mineralizaron más C que las de sorgo, mientras que en las incubaciones se observó lo opuesto.



# RESULTADOS

## MINERALIZACIÓN DEL C DE RAÍCES



**EFFECTO SUELO:** Se observó asociación entre la mineralización observada de C de una raíz incubada en distintos suelos y la mineralización predicha por EPIC para las raíces en distintos suelos ( $p < 0,05$ ).





# CONCLUSIONES

- La mineralización de raíces depende no solo de las propiedades bioquímicas de las raíces, sino también de las propiedades del suelo.
- El contenido de N de los suelos fueron las propiedades del suelo con mayor influencia sobre la mineralización en toda la incubación, y la fracción soluble junto a la celulosa por parte de las raíces.
- La fracción física que reflejo mayoritariamente cambios cuantitativos fue la del carbono ubicado en la fracción >53 micras, que se incrementó con la adición de raíces a los suelos.
- Los suelos con adición de raíces con mayor contenido de compuestos estructurales presentaron mayores incrementos en las sustancias húmicas luego de 6 meses
- Con las propiedades de suelo utilizadas, el modelo EPIC copio de manera satisfactoria las diferencias entre suelos para mineralizar una misma raíz.
- El modelo EPIC no captó de manera adecuada las diferencias de mineralización entre raíces.
- Los suelos con mas carbono orgánico y arcillas tendieron a acumular mas C en las sustancias húmicas ante la adición de raíces.
- Las raíces con composición bioquímica mas rica en compuestos estructurales (soja y maíz) fueron los residuos que significativamente enriquecieron en sustancias húmicas a los suelos y las que se mineralizaron en menor medida.



MUCHAS GRACIAS





# Dinámica de la materia orgánica en sistemas semiáridos y estrategias para aumentarla

Gervasio Piñeiro, Priscila Pinto y Sebastián Villarino



Facultad de Agronomía/IFEVA CONICET  
Unidad integrada Balcarce, UNMdP - INTA, CONICET  
Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Uruguay

# Hoja de ruta

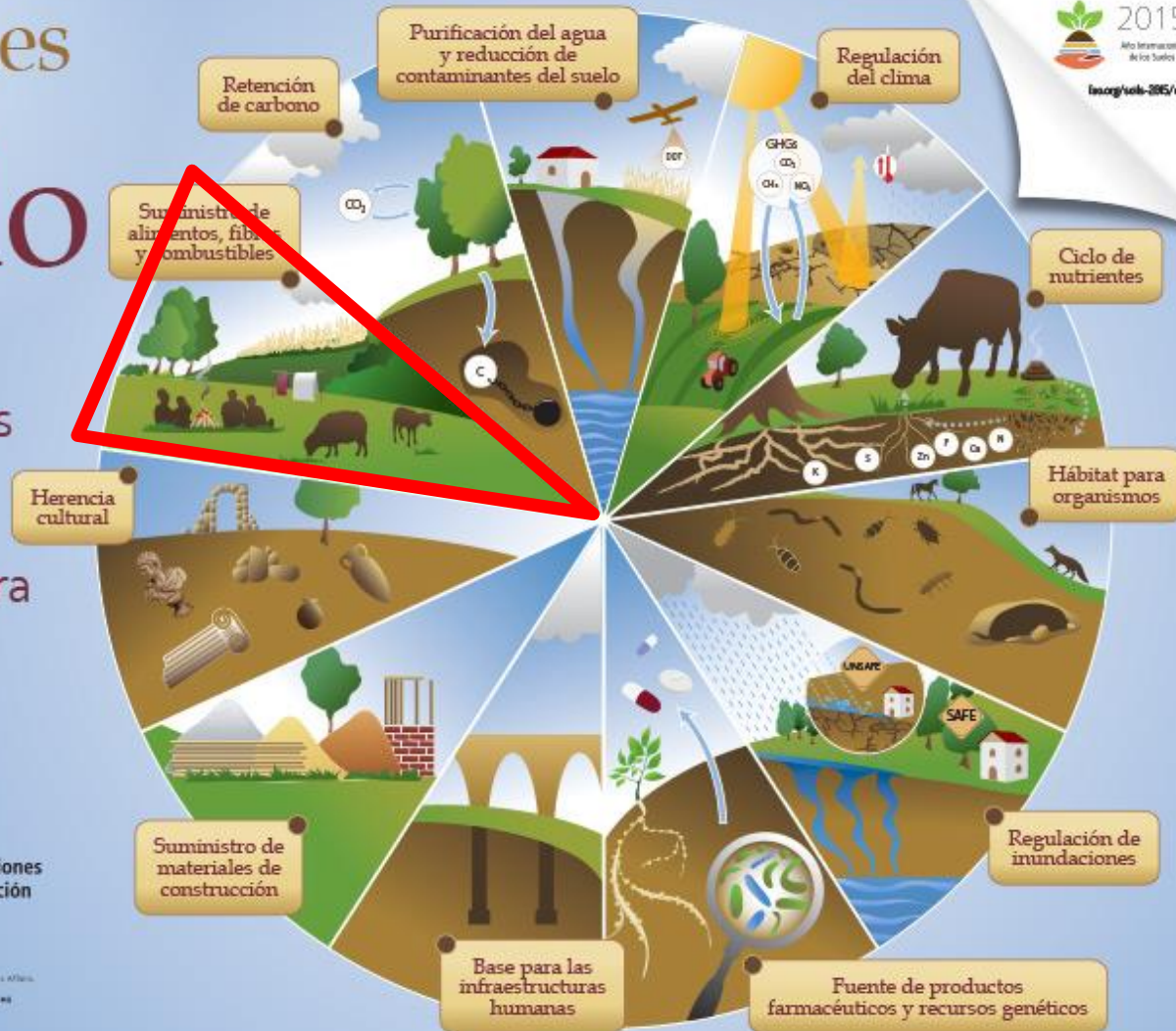
- **Importancia de la materia orgánica del suelo y servicios ecosistémicos**
- **Nuevas herramientas y modelos sobre funcionamiento de la materia orgánica**
- **¿Qué medir de la materia orgánica del suelo?**
- **Mediciones en sistemas semiáridos**
- **Estrategias de manejo de la materia orgánica del suelo con cultivos de servicios**



# El suelo como factor clave de los servicios de regulación-soporte y producción

## Funciones del Suelo

Los suelos aportan servicios ecosistémicos que permiten la vida en la Tierra



Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

Con el apoyo de:



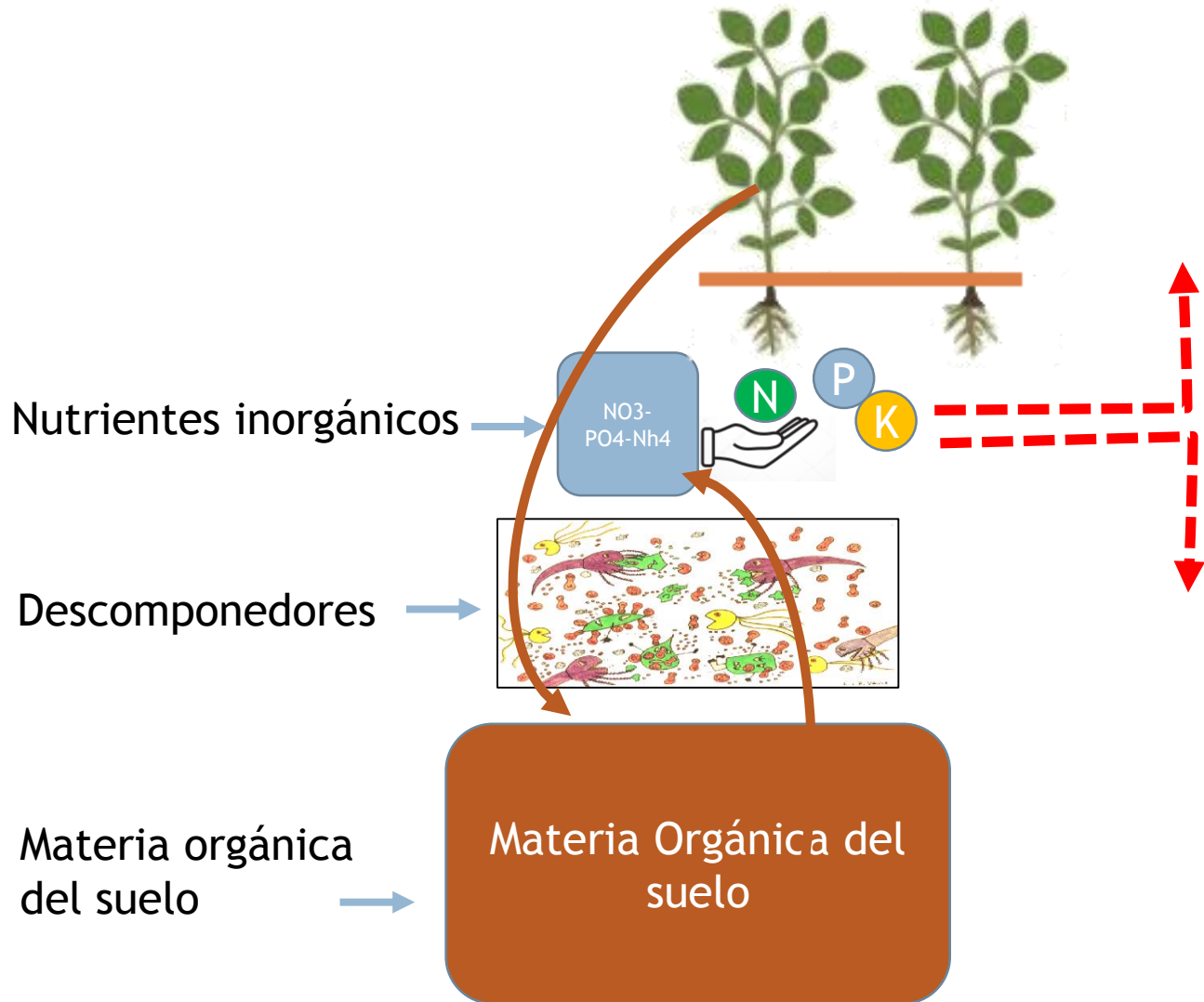
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Federal Department of Economic Affairs  
Education and Research, FARE  
Federal Office for Agriculture FOAG

2015 INTERNATIONAL YEAR OF SOILS



# Materia orgánica nos da nutrientes a pedido!



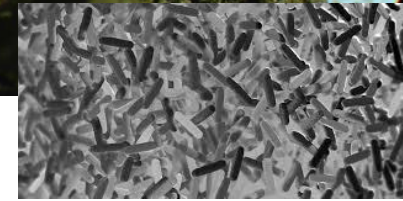
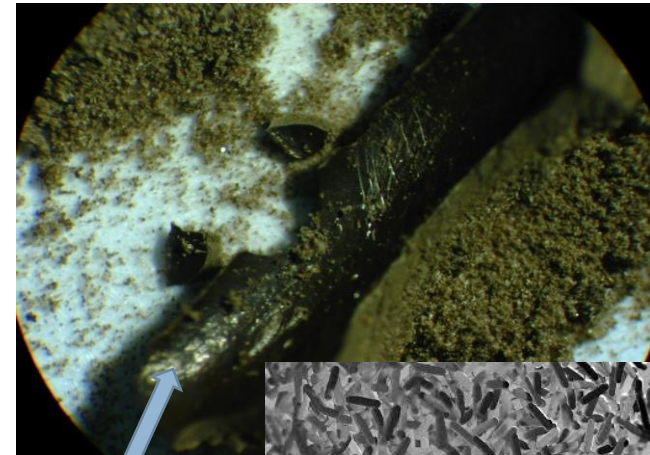
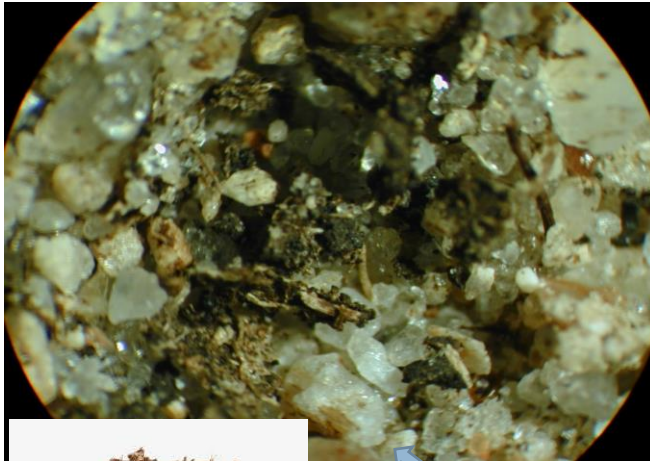


# Porque no la ponemos a jugar entonces (a la materia orgánica del suelo)?

- **Falta de conocimiento de su funcionamiento**
- **Falta de información e indicadores**
- **Resultados variables de investigación y confusos**



# ¿Que es la Materia orgánica entonces?



- **Trozos de plantas muertas**
- **Su descomposición depende de la complejidad bioquímica.**
- **Alta C/N**

**Materia Orgánica Particulada**

**Materia Orgánica Asociada a los Minerales**

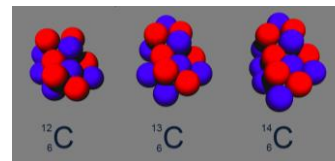
**No se puede formar sin N, P, K, etc**



- **Trozos y exudados de Microorganismos muertos**
- **Su descomposición depende de protección física por arcillas y limos**
- **Capacidad de almacenamiento finita**
- **Modelo esponja**
- **Baja C/N**



# Nuevas herramientas y descubrimientos recientes generaron una nueva visión de la Materia orgánica del suelo!



## -Visión clásica-

Humus: sustancias complejas, muy recalcitrantes, difíciles de descomponer  
Protegido de la descomposición por su calidad química



## -Visión actual-

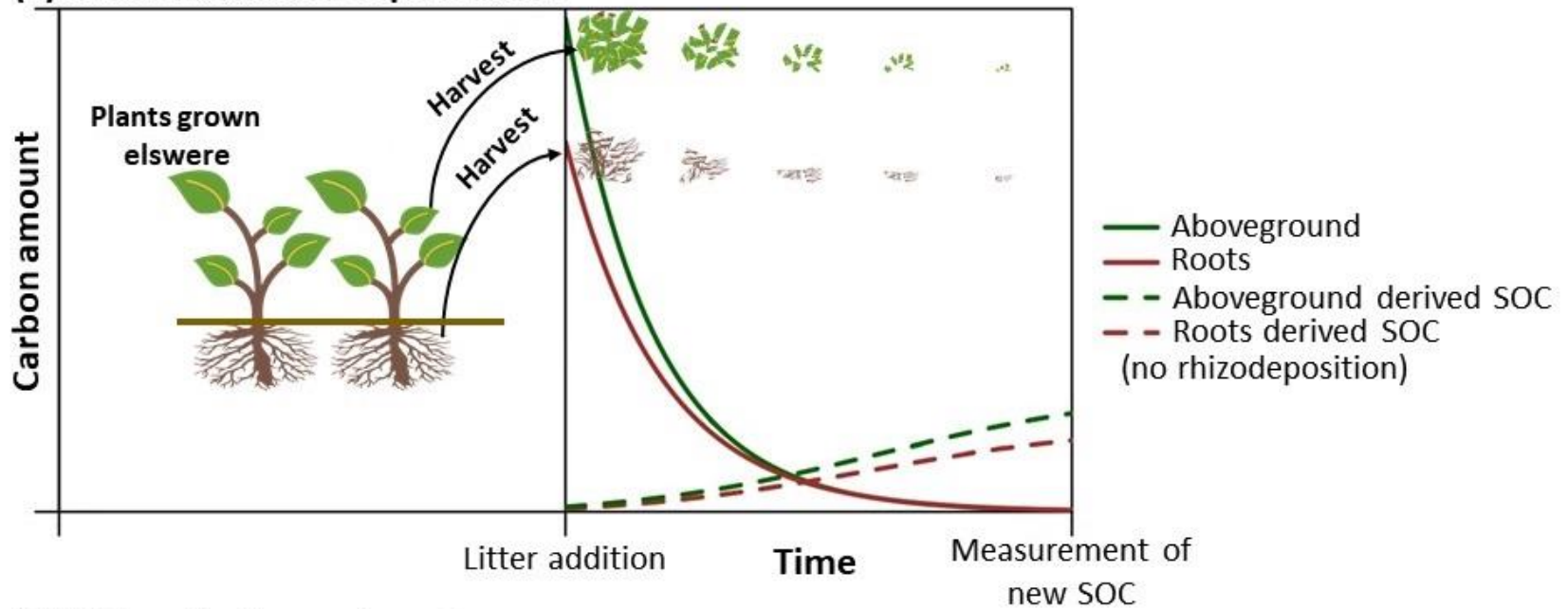
Las macromoléculas de humus no existen en el suelo  
Las sustancias simples se encuentran adsorbidas a los minerales y presentan una protección física a la descomposición



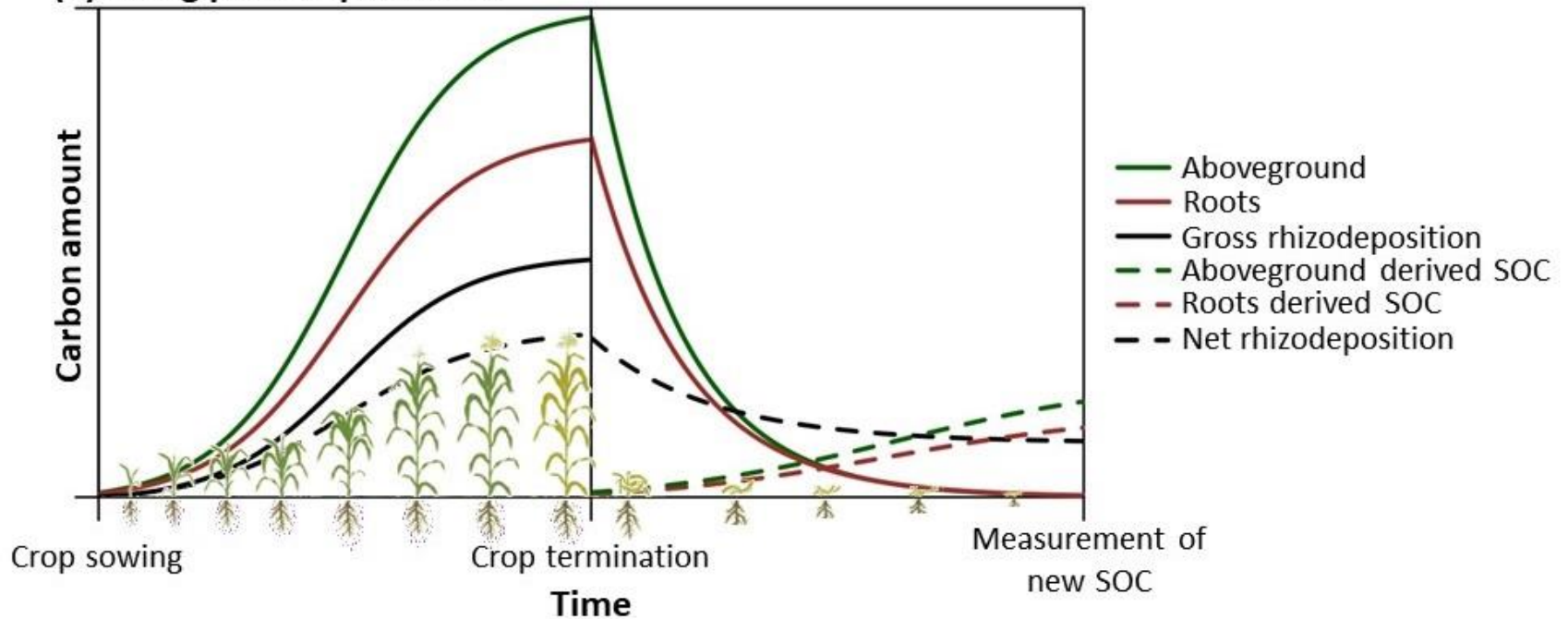
Materia orgánica del suelo esta compuesta de sustancias complejas de re-síntesis en el suelo que son difíciles de descomponer!!  
Huminas, Fulminas, etc.



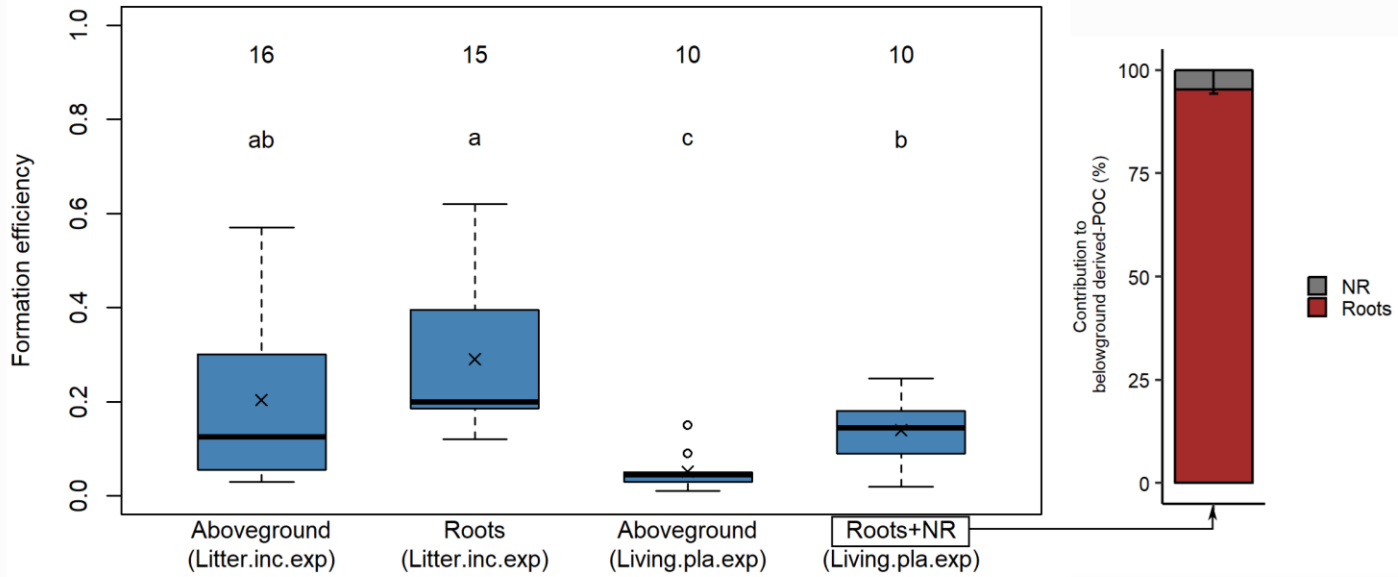
### (a) Litter incubation experiments



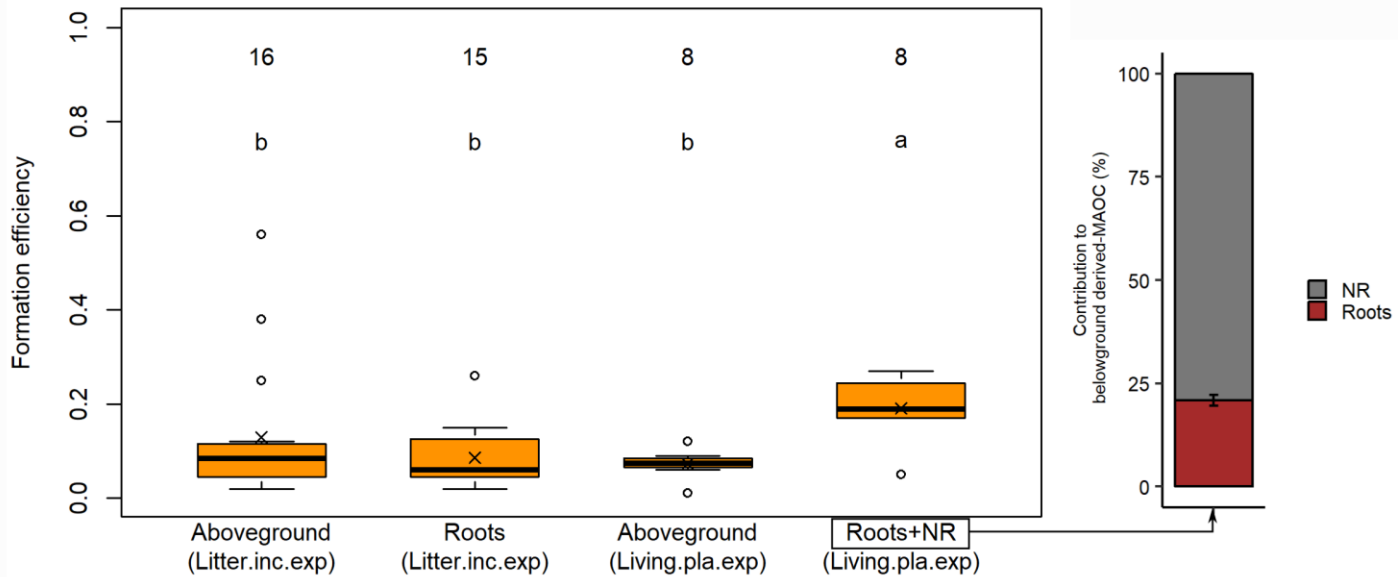
### (b) Living plant experiments



### (a) Particulate organic carbon

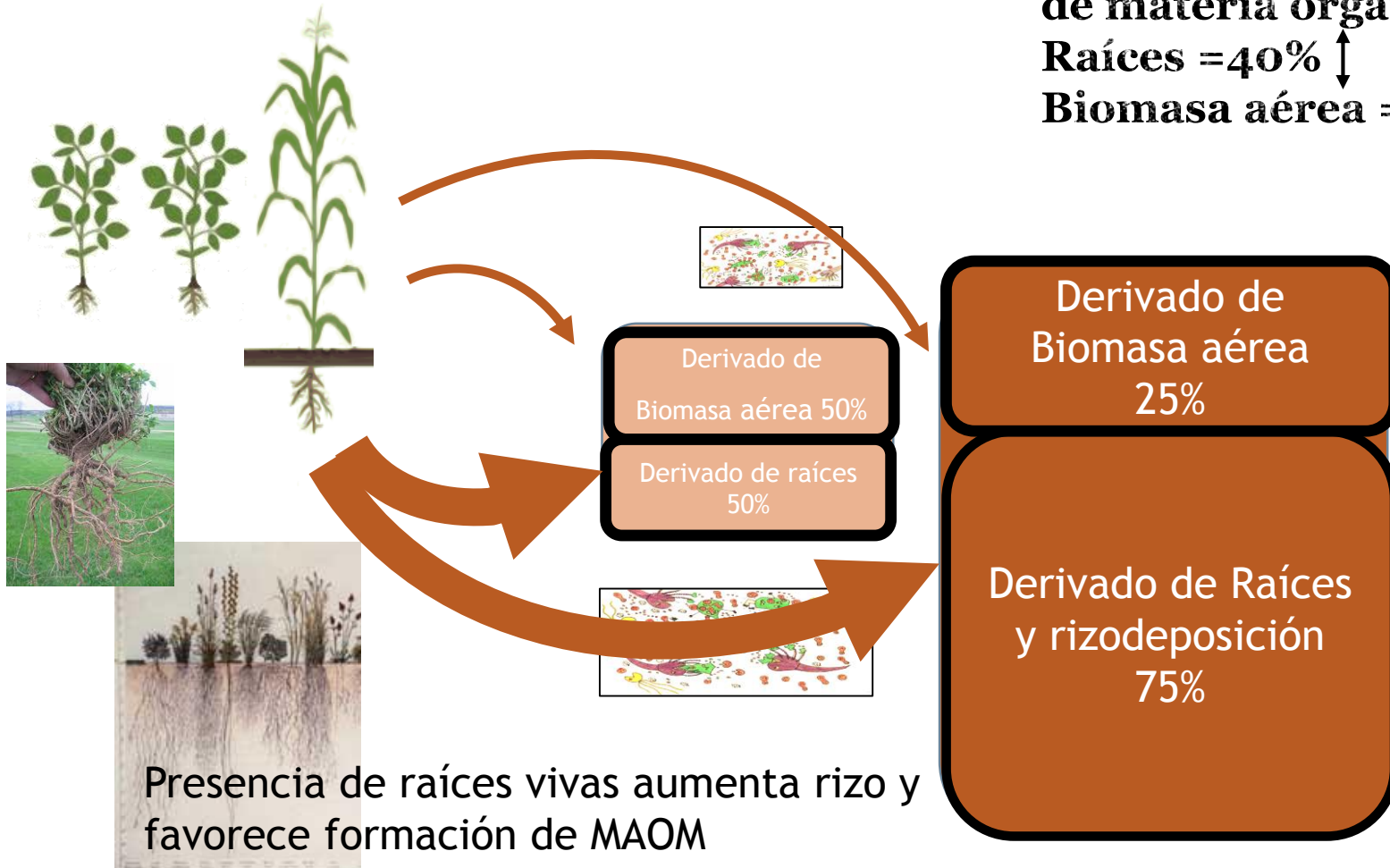


### (b) Mineral associated organic carbon



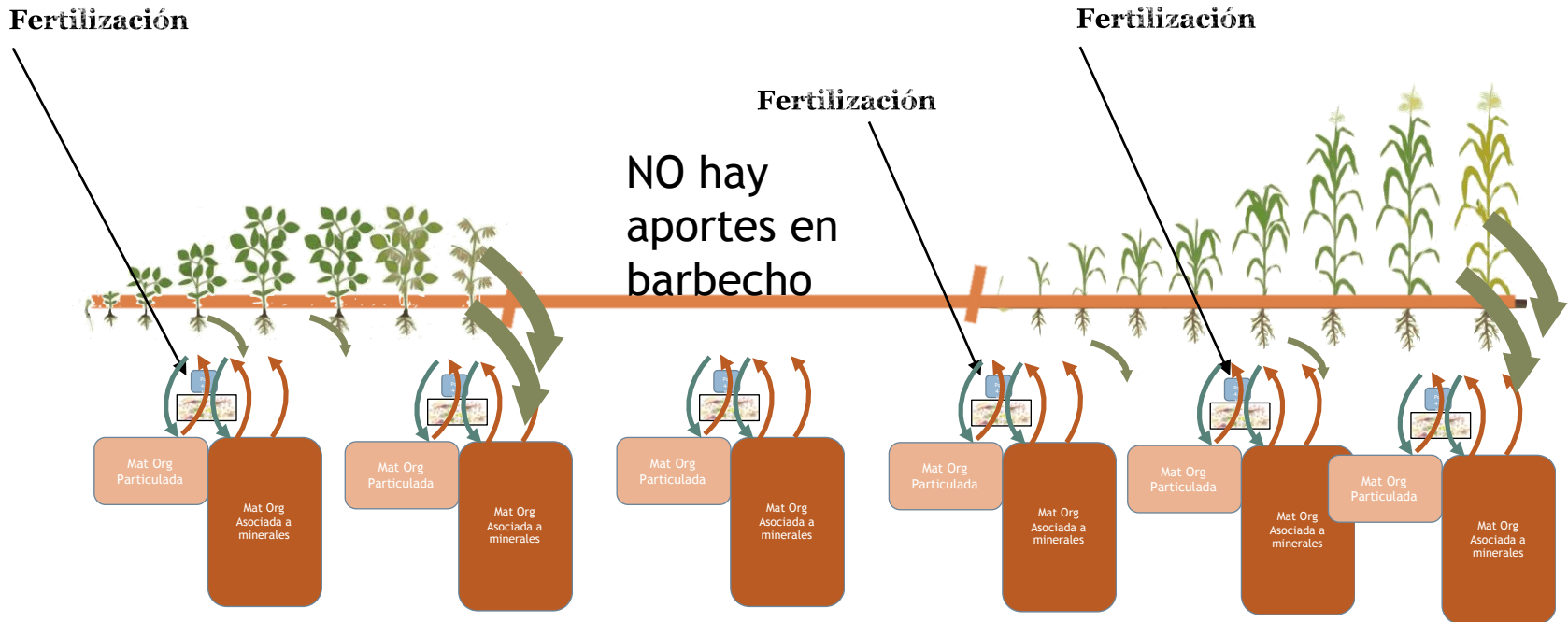
# Raíces y rizo-deposición son claves para formar materia orgánica del suelo!!

Eficiencia de formación de materia orgánica  
Raíces = 40% ↑  
Biomasa aérea = 7% ↓





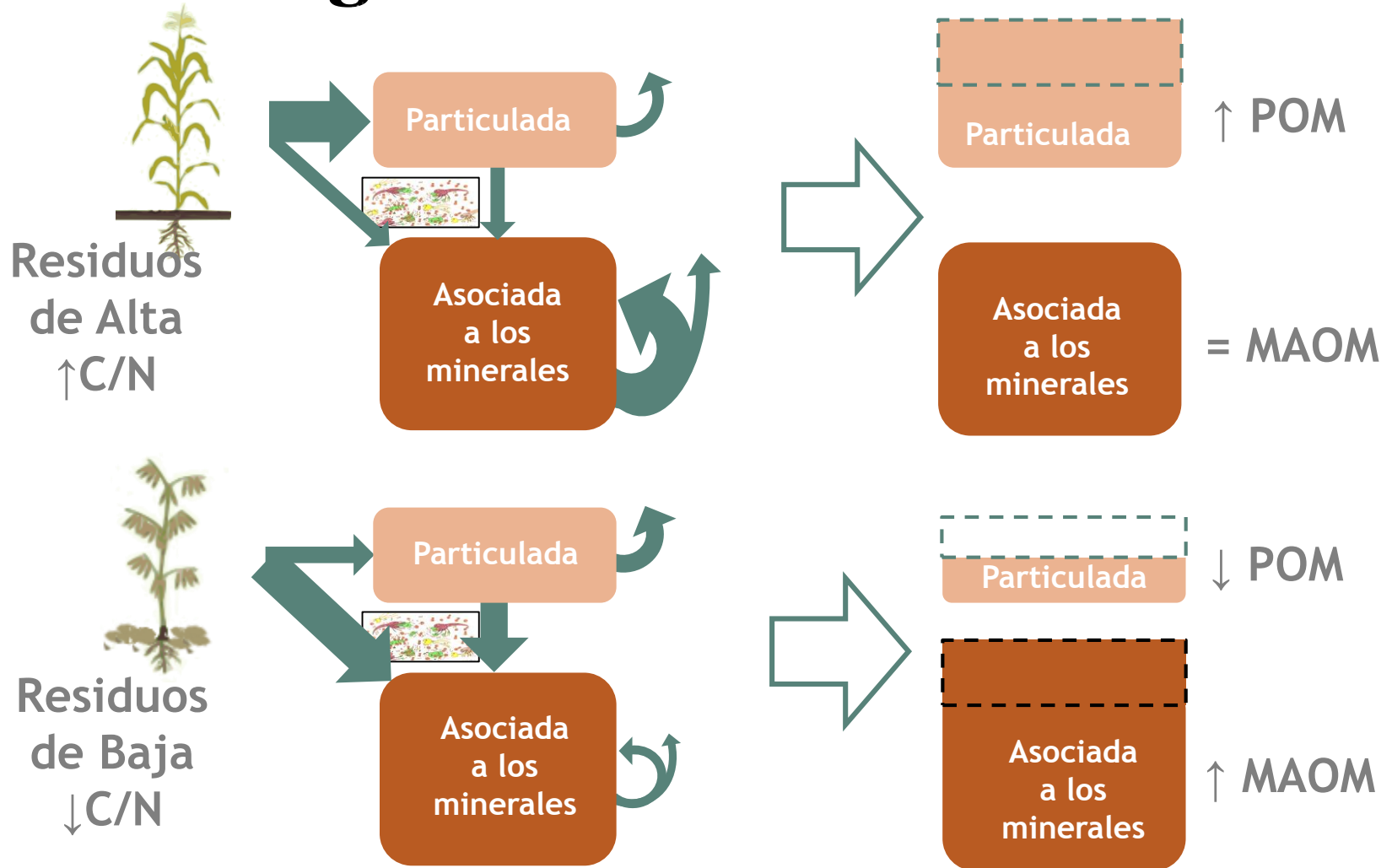
# Formación y descomposición de la materia orgánica ocurre continuamente



- ***Aumentar la materia orgánica del suelo es darle la mayor CANTIDAD de comida posible al suelo y continuamente, sobre todo darle de comer raíces!***



# CALIDAD de residuos afecta de manera distinta la formación de la materia orgánica del suelo



# ¿Como sabemos el estado de nuestra materia orgánica o cuantificar efectos de manejo?

**Medir cantidad de materia orgánica particulada y asociada a los minerales y estimar las ton de C/ha (en primeros 20 cm de profundidad, por ejemplo).**



Productor de San Luis	Bosque referencia	Agricultura
Ton de C/ha MO Particulada	20,1	3,6
Ton de C/ha en MO Asociada a minerales	15,4	8,9
Kg de N Particulada	1009	180
K de N Asociada a minerales	1580	887



# Nuevos indicadores: Nitrógeno mineralizado en anaerobiosis -Nan



**Nahuel Ignacio Reussi Calvo**  
Laboratorio de suelos FERTILAB



**Nicolás Wyngaard**  
Universidad Nacional de Mar del Plata



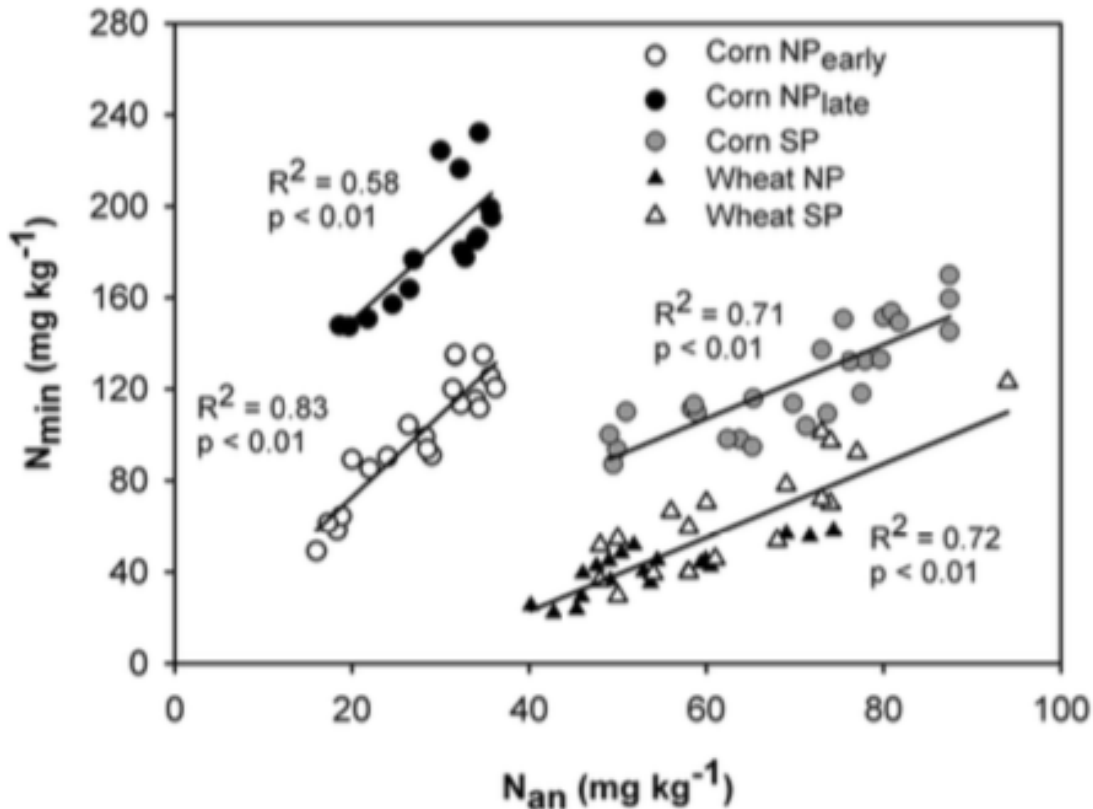
**Juan Manuel Orcellet**  
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria,...



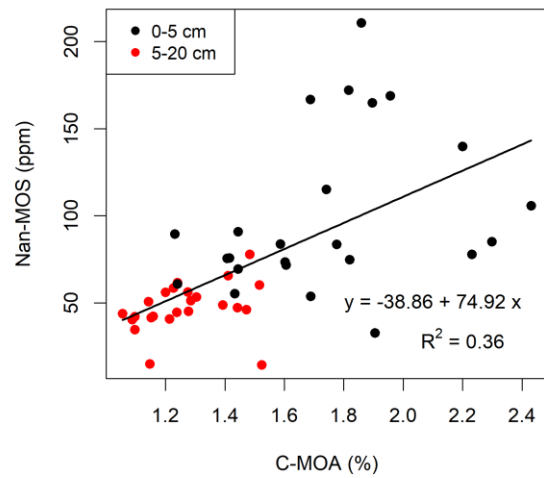
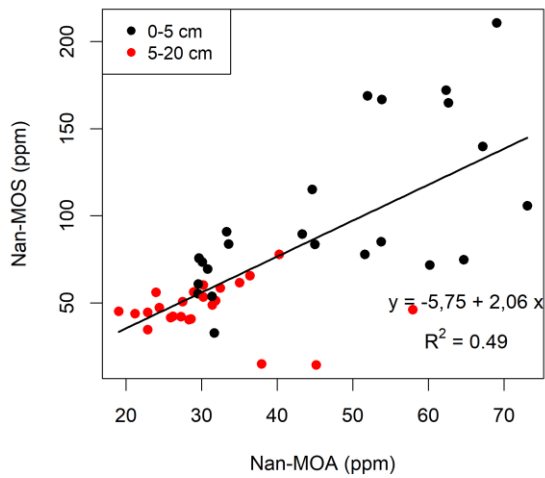
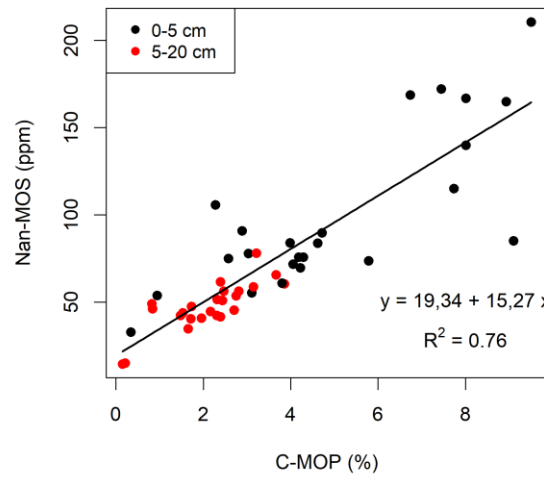
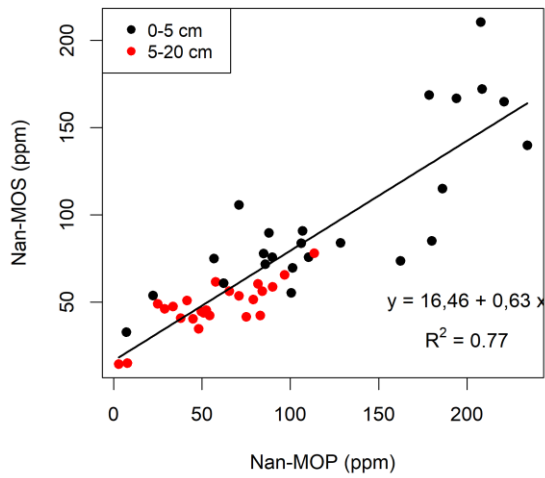
**Hernán Rene Sainz Rozas**  
Not yet on ResearchGate



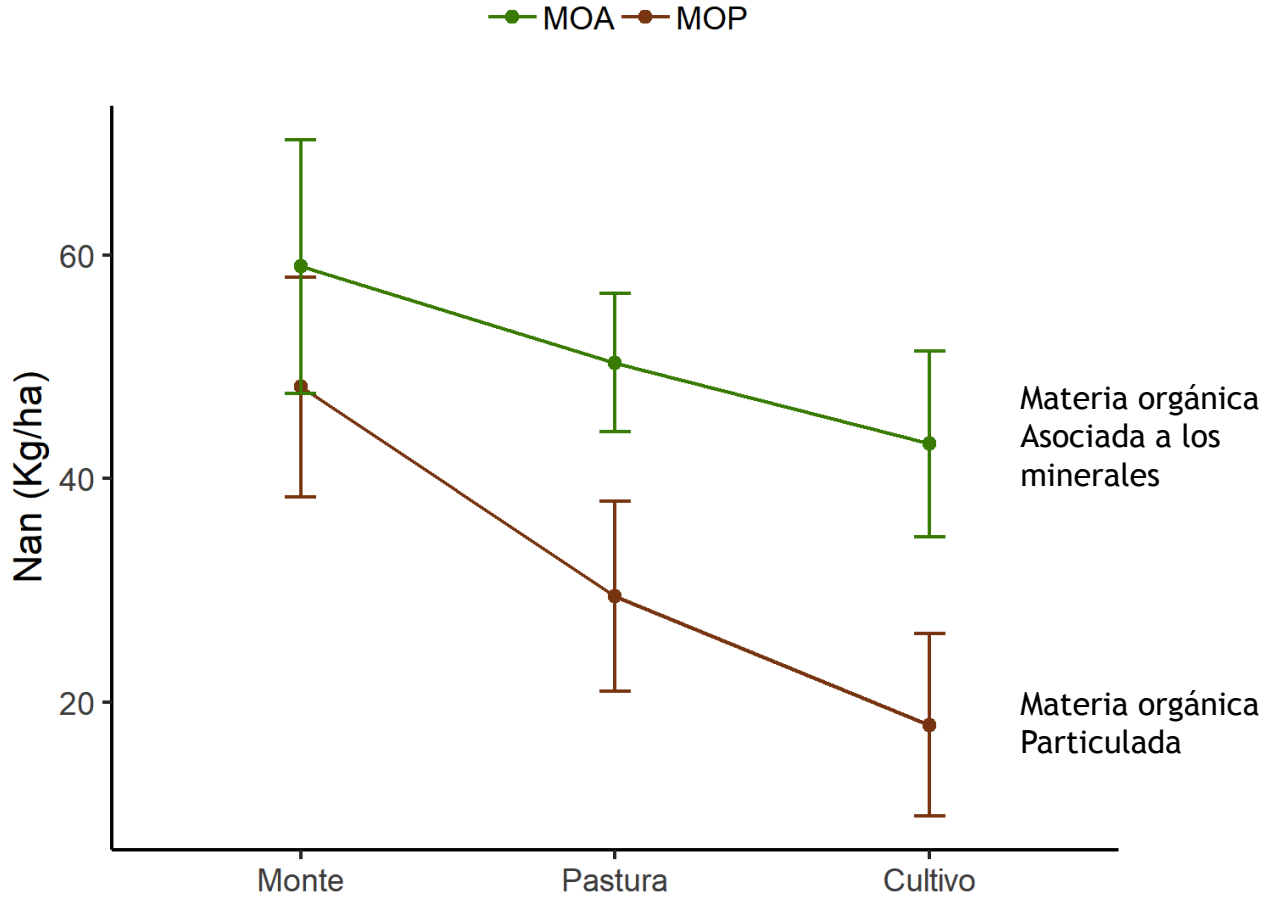
**Hernan Echeverría**  
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria



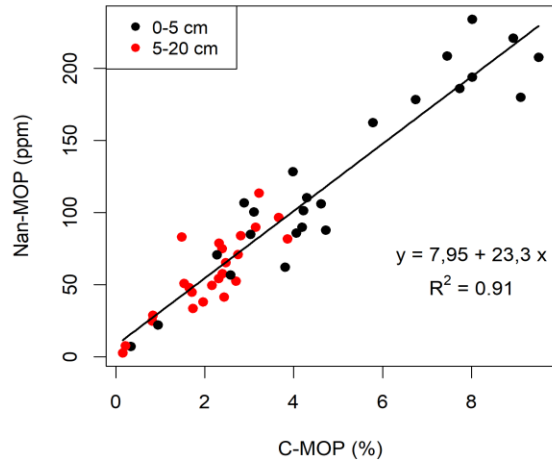




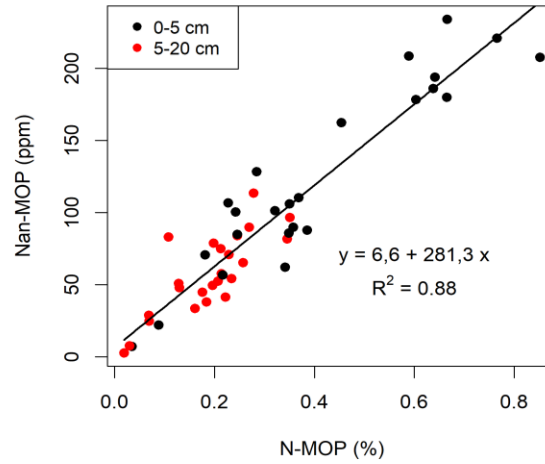
# Nuevos indicadores: Nan en MO particulada y Nan en MO asociada a minerales



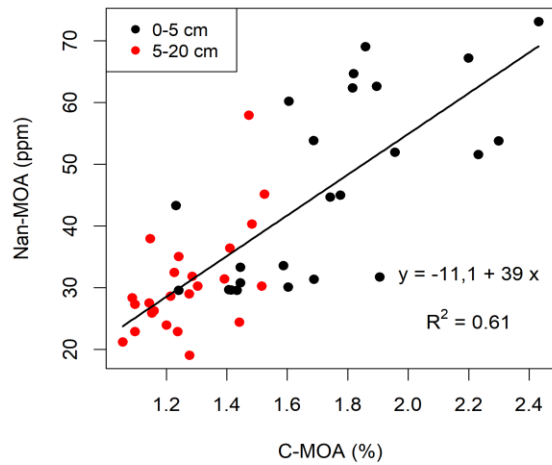
**C-MOP y Nan-MOP**



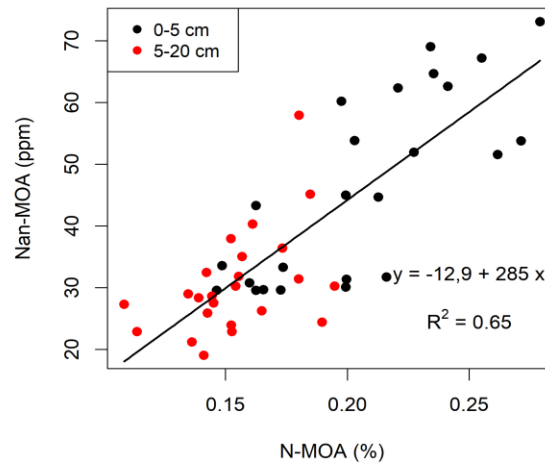
**N-MOP y Nan-MOP**

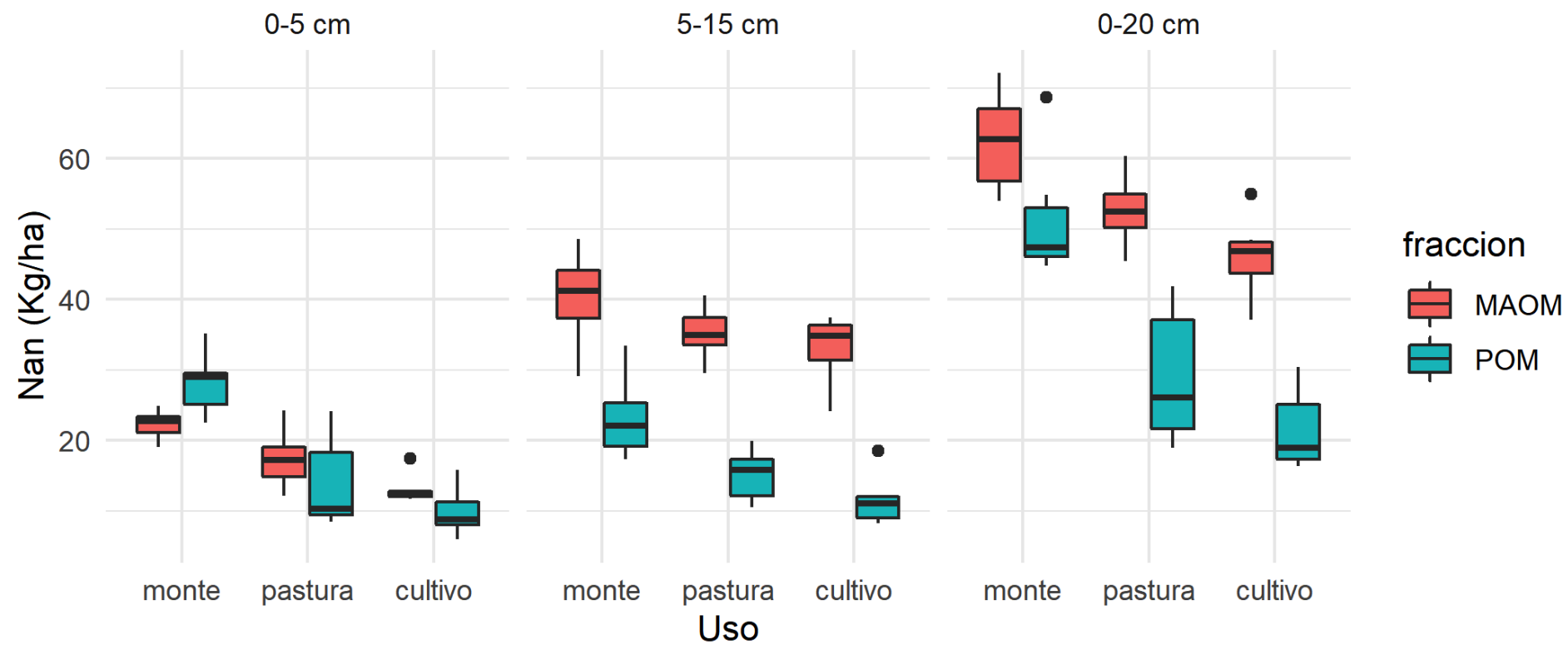


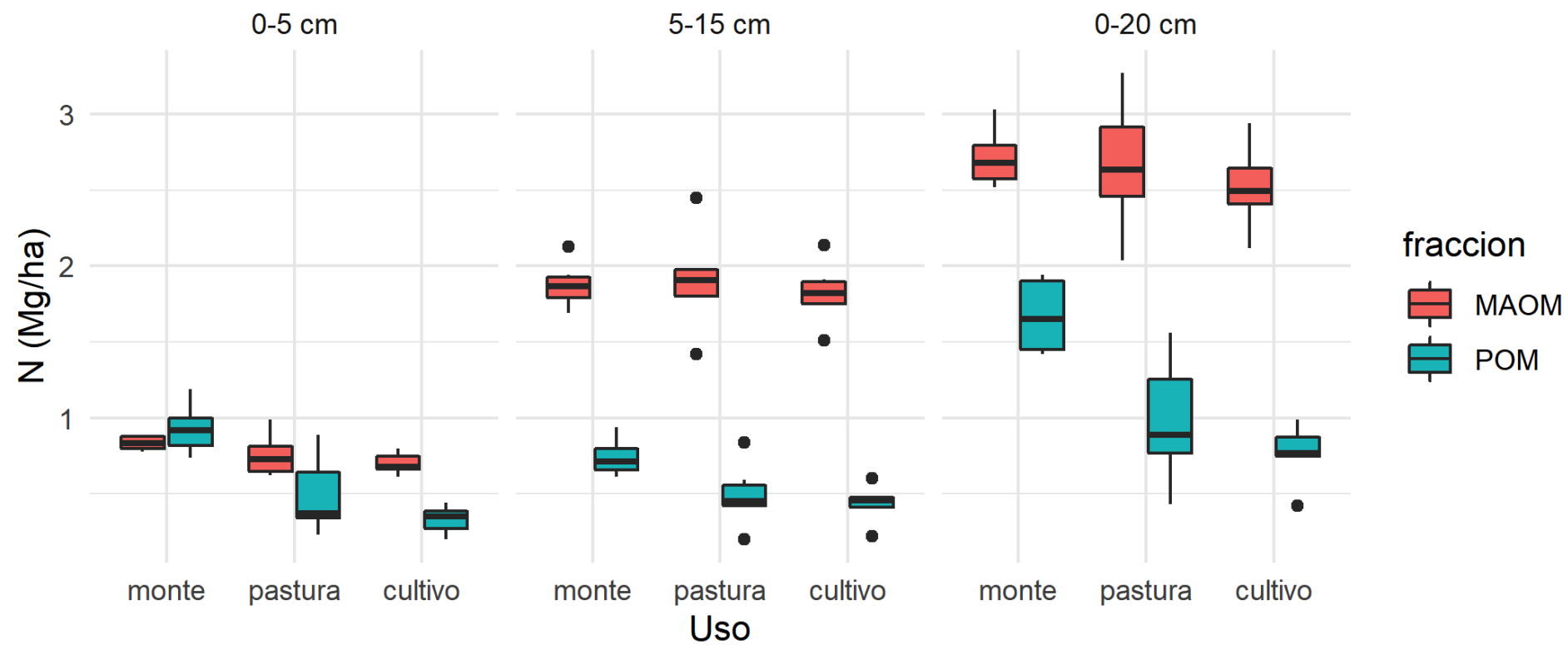
**C-MOA y Nan-MOA**

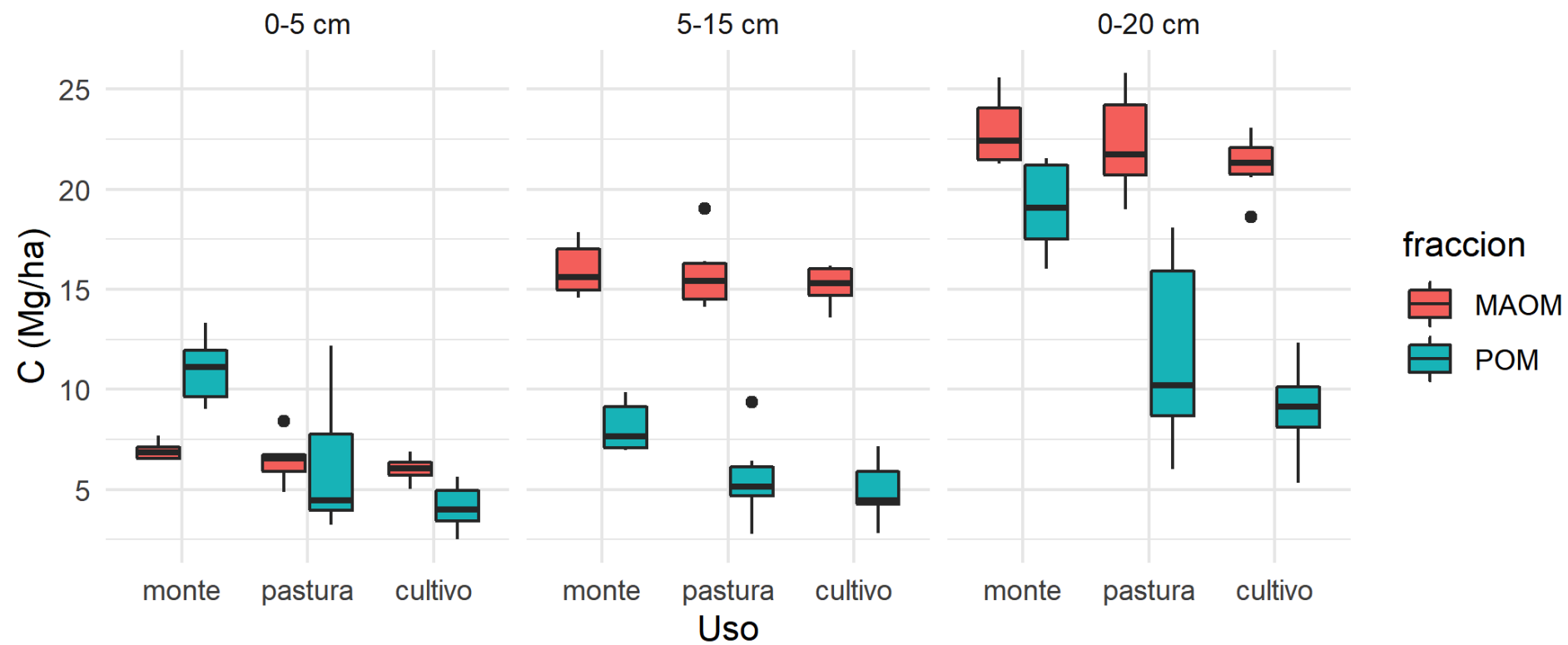


**N-MOA y Nan-MOA**



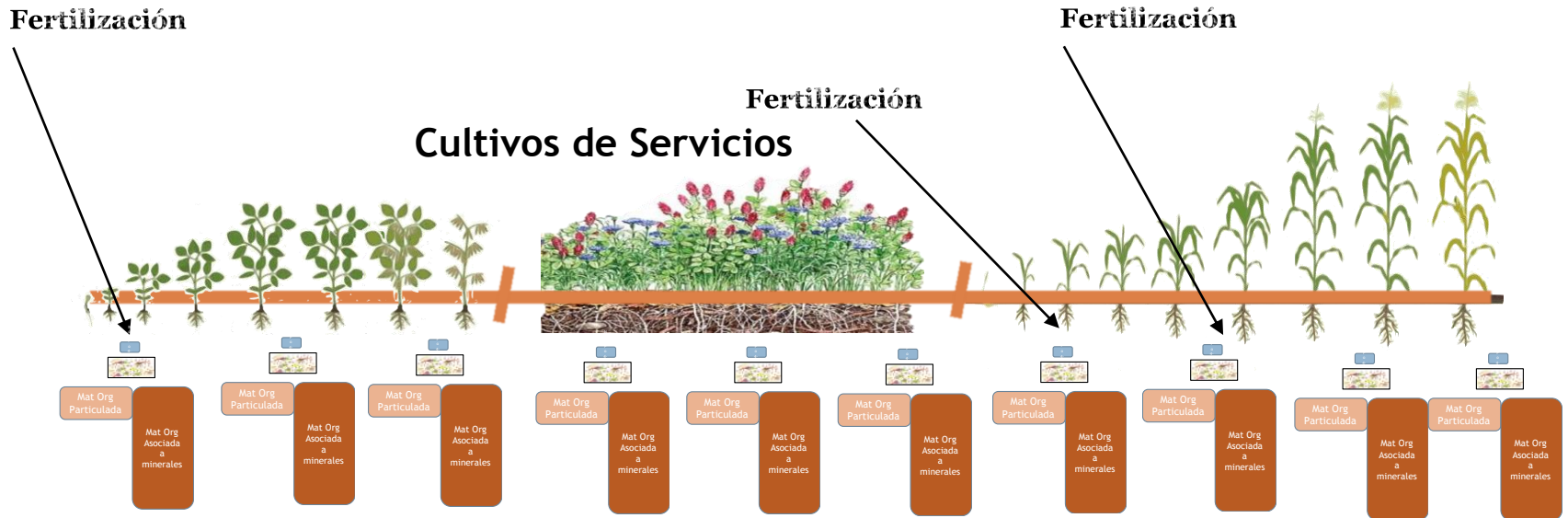






# Que hacemos entonces? Cultivos de servicios!

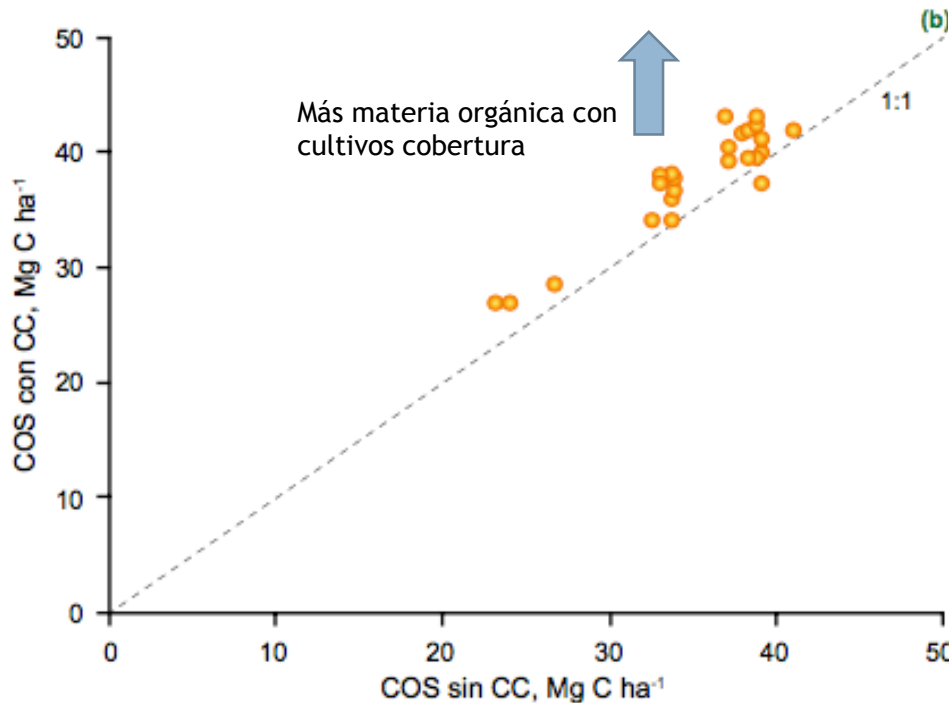
*Servicio: formar materia orgánica del suelo,  
aumentar la caja de ahorro de nutrientes!*



# ¿Cuánta materia orgánica puede construir un cultivo de servicio?

Helena Rimski-Korsakov et al 2015

Cover crops in the agricultural systems of the Argentine Pampas. *Journal of Soil and Water Conservation* 2015



Cover crop effects on soils and subsequent crops in the pampas: A meta-analysis



Roberto Alvarez<sup>a,b,\*</sup>, Haydee S. Steinbach<sup>a</sup>, Josefina L. De Paepe<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup>Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Av. San Martín 4453(1417) Buenos Aires, Argentina

<sup>b</sup>CONICET, Buenos Aires, Argentina

Aumentos del 7% de C en suelo.

Cerca de 1 tonelada  
de Carbono ha por  
año!  
(va con 100 a 50 kg  
de N)





# **Construir materia orgánica!!**

## **En que conviene invertir para aumentar la caja de ahorro de nutrientes!**

**Formas de lograrlo:**

- 1. Producir mas raíces**
- 2. Producir más biomasa total**
- 3. Nutrición balanceada del suelo**
- 4. Nutrición diversificada**
- 5. Reponer nutrientes**
- 6. Evitar perdidas de nutrientes**



# Otros beneficios de la Materia orgánica del suelo- no solo nutrientes...



1. Estructura del suelo
2. Infiltración de agua
3. Retención de agua
4. Aireación del suelo
5. Protección contra erosión eólica e hídrica
6. Etc....



# Otros beneficios de los cultivos de servicios- no solo nutrientes...

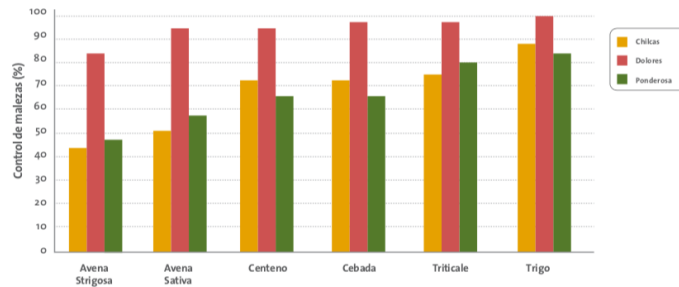


Fig. 8: Efecto de los CC sobre el control de malezas en 3 sitios de experimentación de la Chacra Bandera Aapresid (2014).

1. Control de malezas
2. Manejo de napas (inundaciones)
3. Control de la erosión
4. Aumento de organismos benéficos
5. Control de enfermedades y plagas
6. Disminución de gases de efecto invernadero
7. Descompactación del suelo
8. Etc....

Published January, 2005

## REVIEW AND INTERPRETATION

### Evaluating Cover Crops for Benefits, Costs and Performance within Cropping System Niches

S. S. Snapp,\* S. M. Swinton, R. Labarta, D. Mutch, J. R. Black, R. Leep, J. Nyiraneza, and K. O'Neil

#### ABSTRACT

The integration of cover crops into cropping systems brings costs and benefits, both internal and external to the farm. Benefits include promoting pest-suppression, soil and water quality, nutrient cycling efficiency, and cash crop productivity. Costs of adopting cover crops include increased direct costs, potentially reduced income if cover crops interfere with other attractive crops, slow soil warming, difficulties in predicting N mineralization, and production expenses. Cover crop benefits tend to be higher in irrigated systems. The literature is reviewed here along with Michigan farmer experience to evaluate promising cover crop species for four niches: Northern winter

regions shown in Fig. 1. We contrast northern cropping systems, including USDA Hardiness Zones 5 and 6 of Northeastern and Upper Midwestern states, to southern cropping systems of USDA Hardiness Zones 7 and 8 from the U.S. Southeast and eastern California. Overall, four niches for growing cover crops are considered: Northern winter cover crops (USDA Hardiness Zones 5-6), Northern summer cover crops (Zones 5-6), Southern winter cover crops (Zones 7-8), and Southern summer cover crops (Zones 7-8). The winter cover crop



# Conclusiones

1. La materia orgánica del suelo es clave para proveer muchos servicios ecosistémicos!!

2. Materia orgánica esta formada por al menos dos fracciones de muy distinta dinámica.

3. Nuevos Indicadores de la materia orgánica- tamaño de las fracciones y Nan de fracciones (hablar de kg de C y N).

4. Diseñar las rotaciones y utilizar cultivos de servicios para nutrir el suelo y también para proveer otros servicios ecosistémicos.

El suelo como factor clave de los servicios de regulación-soporte y producción



¿Que es la Materia orgánica entonces?



¿Como sabemos el estado de nuestra materia orgánica o cuantificar efectos de manejo?

Medir cantidad de materia orgánica particulada y asociada a los minerales y estimar las ton de C/ha en primeros az en de profundidad, por ejemplo.



Productor de San Luis	Bosque referencia	Agricultura
Ton de C/ha MO Particulada	20,1	3,6
Ton de C/ha en MO Asociada a minerales	15,4	8,9
Kg de N Particulada	1009	180
K de N Asociada a minerales	1580	887

Que hacemos entonces? Cultivos de servicios!

Servicio: formar materia orgánica del suelo, aumentar la caja de ahorro de nutrientes!







## Grupo de trabajo:

Priscila Pinto, Sebastián Mazzilli, Paola Eclesia; Bruno Bazzoni, Santiago Arana; Jorge Sawchik; Juani Díaz; Felix Gutiérrez; Rodrigo Zarza; José Terra, Ethel Barrios, Walter Ayala, Fernando Lattanzi, Gerardo Rubio y Andres Madias.



**@CS\_divulgacion**

**<http://cultivosdeservicios.agro.uba.ar/>**

## Financiamiento:

INIA, INTA, CONICET, UBA, AGENCIA, IAI, AAPRESID

