



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

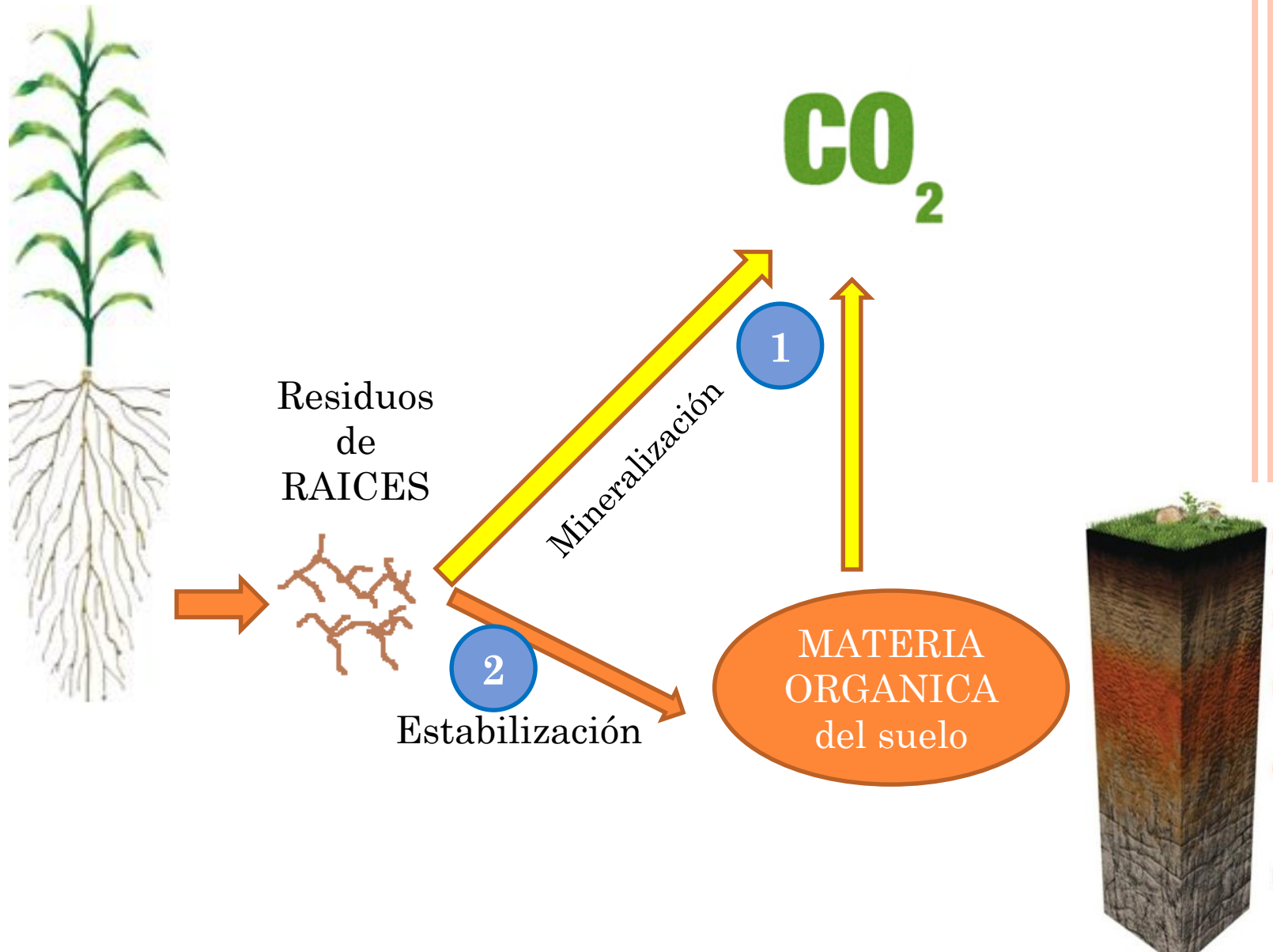


ESTRUCTURA

- 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 TERRESTRES¹

SON EL PRINCIPAL APORTE A LA MATERIA ORGANICA DEBIDO A SU HUMIFICACIÓN PREFERENCIAL²

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

POSEEN MAS LIGNINA QUE LOS RESIDUOS AÉREOS

¹Vogt, 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).

²Jackson, 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.



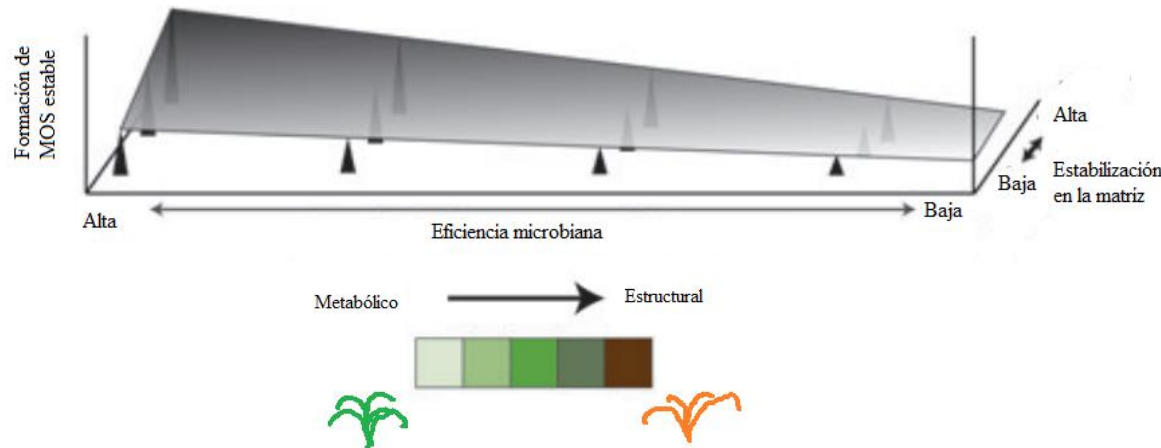
PREGUNTAS GENERALES DE INVESTIGACIÓN

- ¿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.



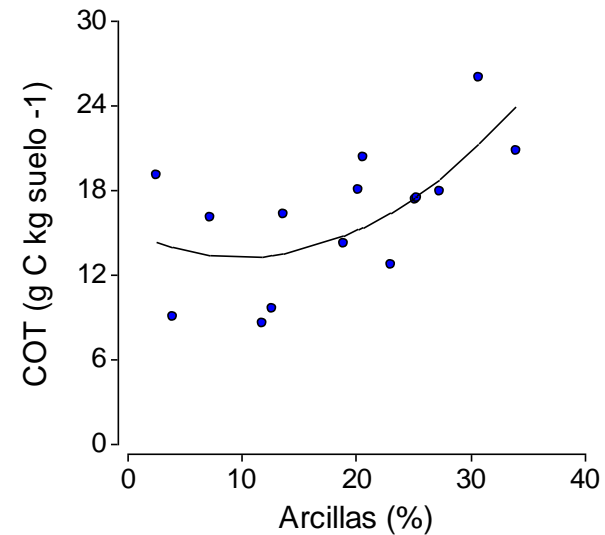
SUELOS UTILIZADOS



RESULTADOS SUELOS

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

Se captó un buen gradiente
de COT-Textura



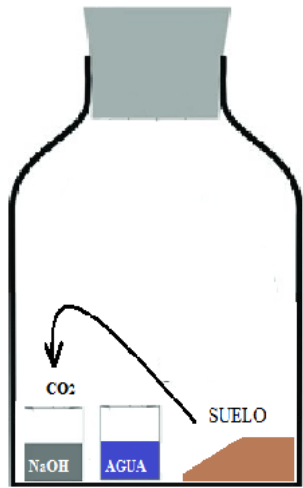
RAICES

| 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 |



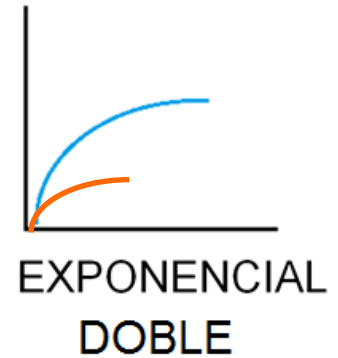
METODOLOGÍA

INCUBACIONES DE SUELO: MEDICIÓN DE C-CO₂



C-CO₂
acumulado
Hasta 140 d

Regresión
no-lineal



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

PARÁMETROS ESTIMADOS

C₁: carbono lábil

k₁: tasa de mineralización C lábil

k₂: tasa de mineralización C estable

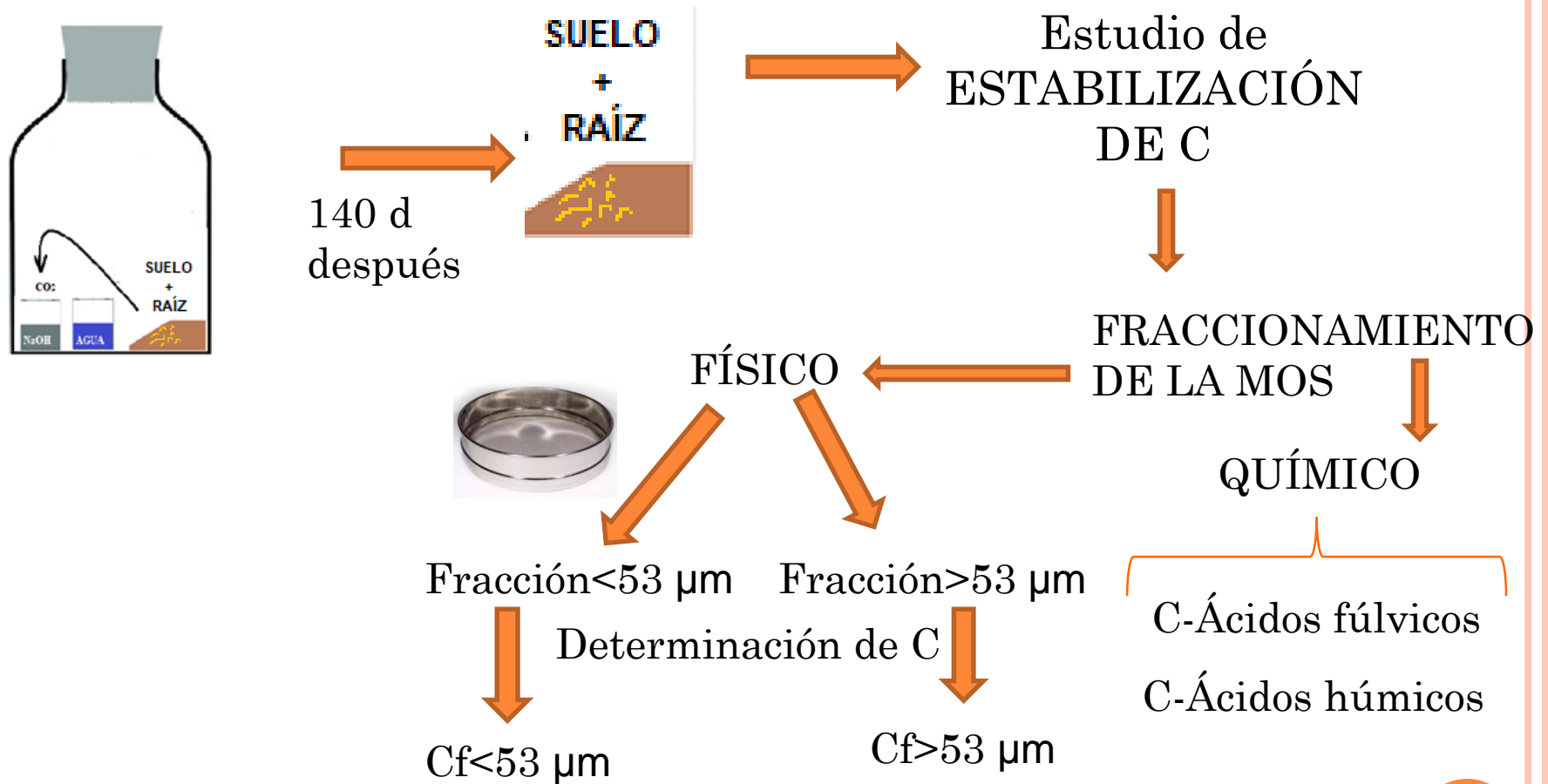
100-C₁: C estable

Correlaciones y regresión múltiple con propiedades edáficas



METODOLOGÍA DE TRABAJO

FRACCIONAMIENTOS



- 25 °C.

- 80 % de la capacidad de campo de cada suelo.

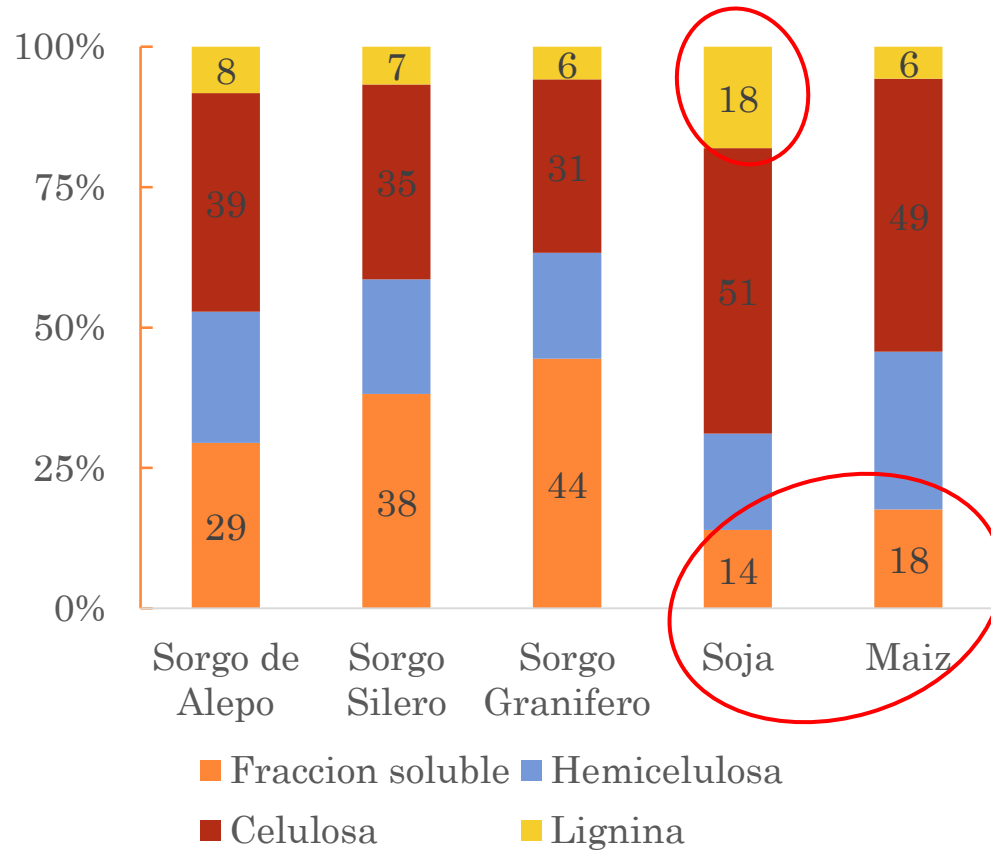


ÍNDICES DE ENRIQUECIMIENTO (IE)

- 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.
- $IE = C_{\text{tratamiento}} / C_{\text{control}}$

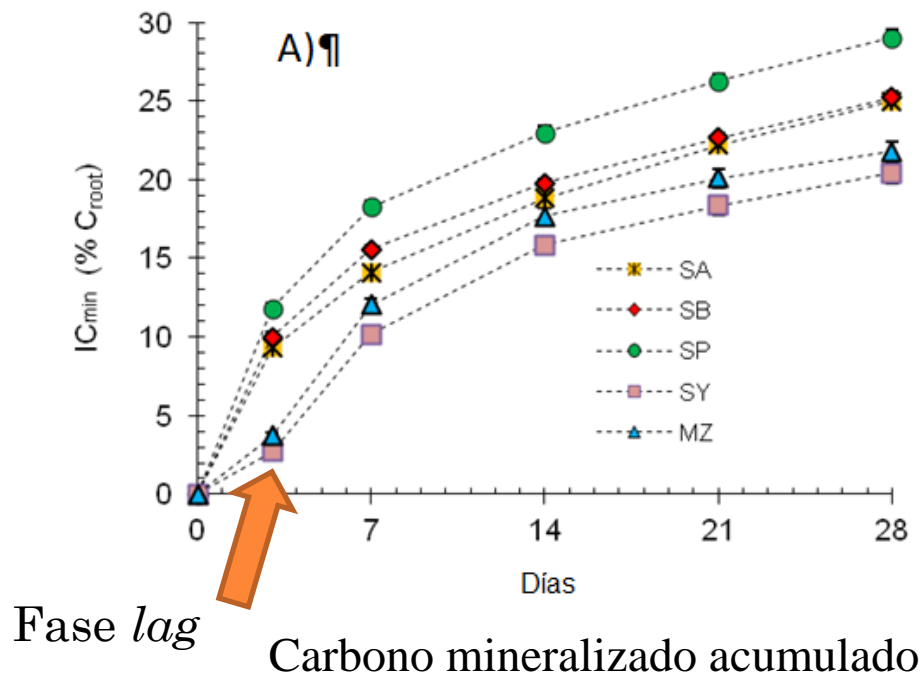


COMPOSICIÓN BIOQUÍMICA DE LAS RAÍCES



RESULTADOS

UN MES DE INCUBACIÓN



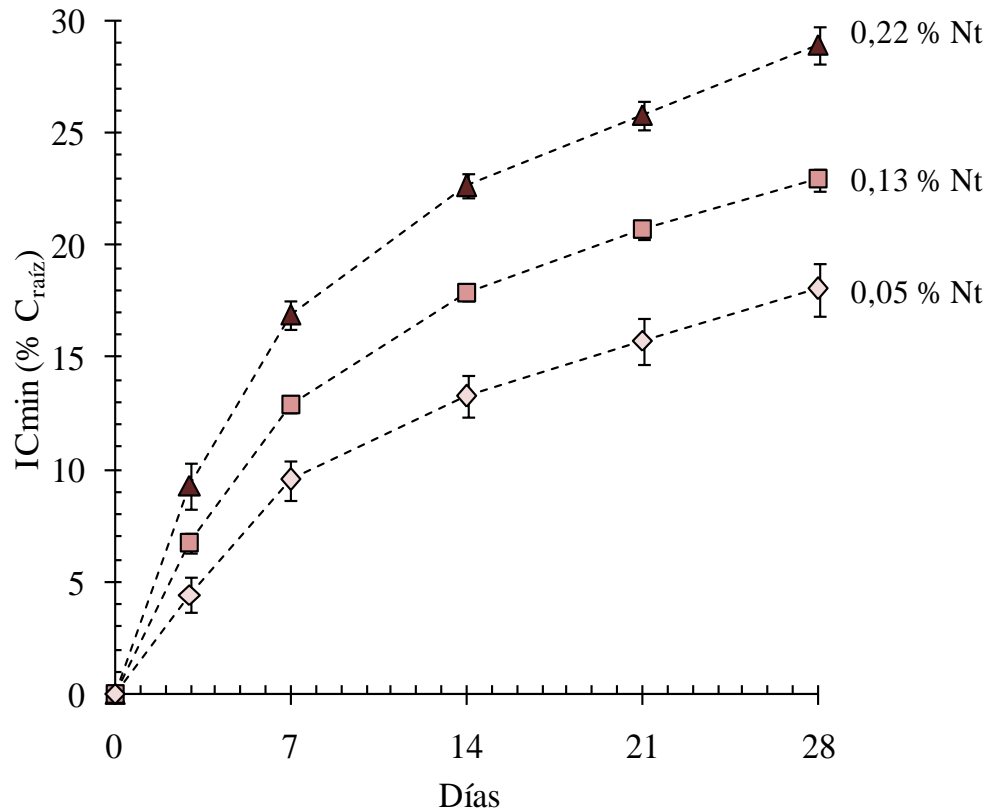
La mineralización de raíces de los tres sorgos fue superior a la mineralización de las raíces de soja y maíz



RESULTADOS

1 MES DE INCUBACIÓN

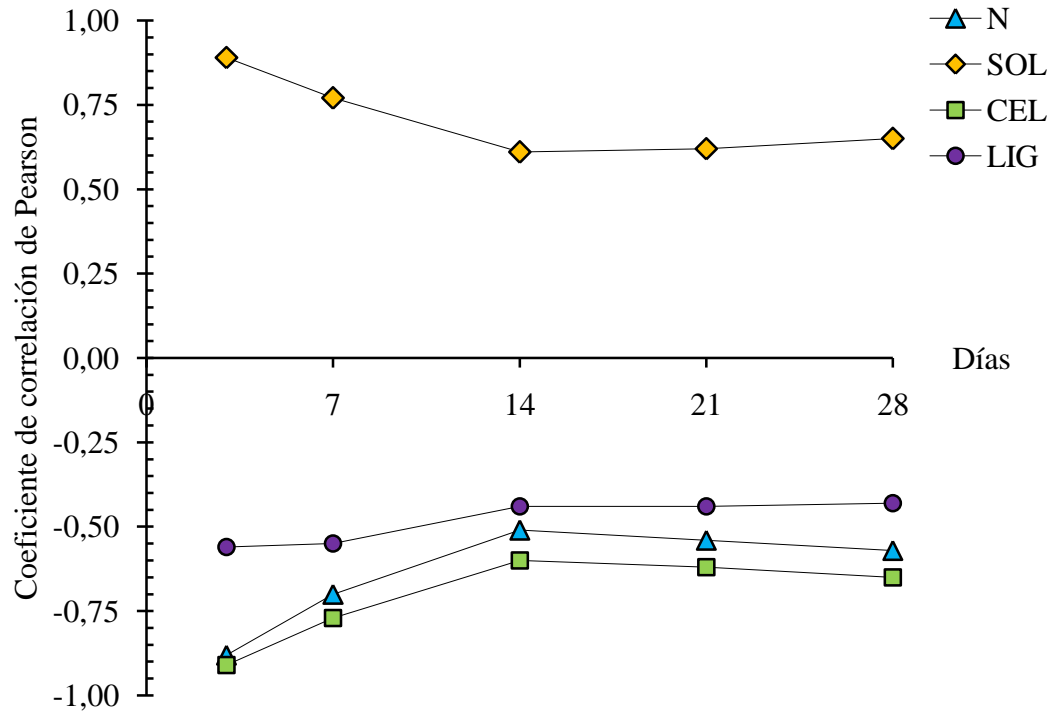
EFFECTO DEL NITRÓGENO TOTAL DEL SUELO



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



EFECTO DE LA COMPOSICIÓN INICIAL DE LA RAÍZ



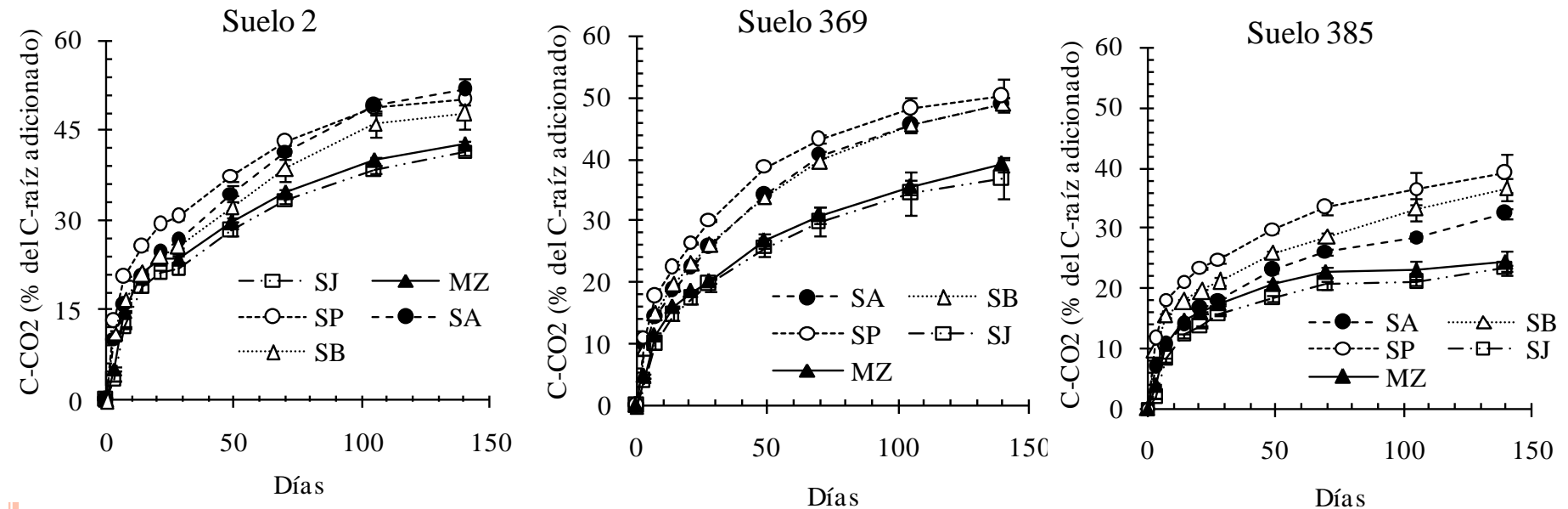
La **fracción soluble** de las raíces se correlacionó de manera positiva con el C mineralizado ($R=0,9$).



RESULTADOS

5 MESES DE INCUBACIÓN

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



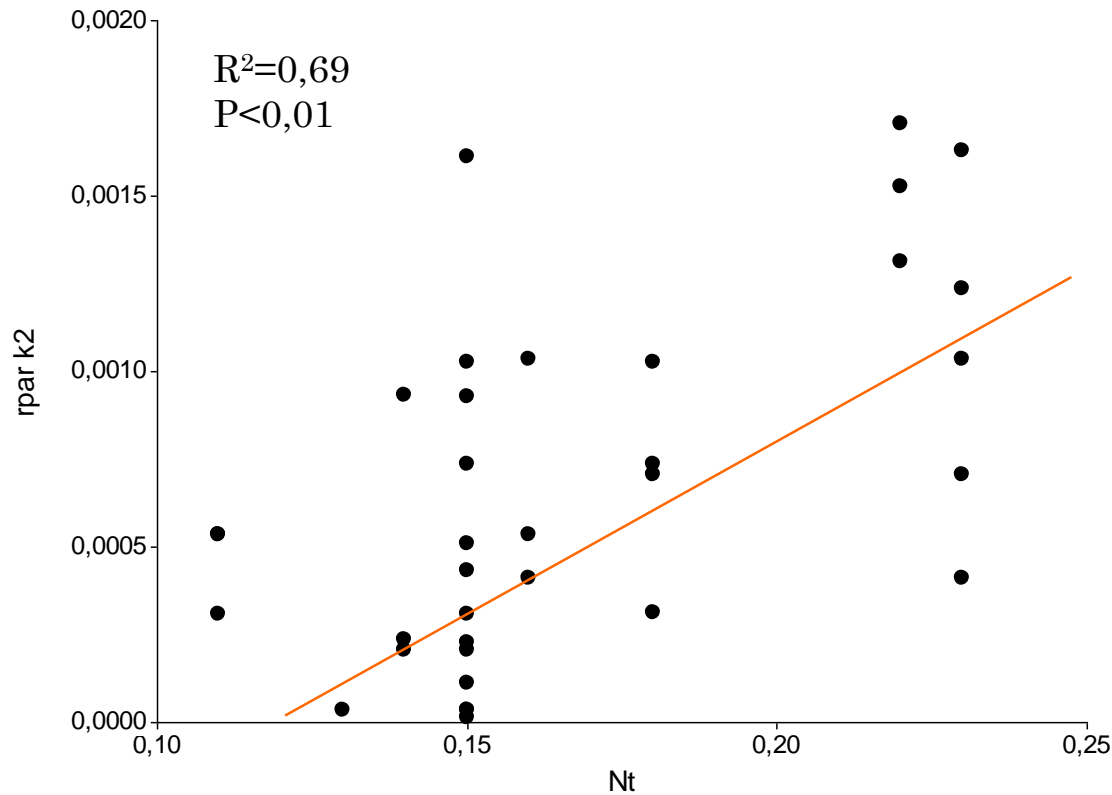
| Parámetro | SA | SB | SP | MZ | SJ |
|-----------|---------|---------|------------|----------------|----------------|
| k1 | 0,13 | 0,19 | 0,17 | 0,09 | 0,07 |
| k2 | 0,00257 | 0,00289 | 0,00289 | 0,00143 | 0,00111 |
| C1 | 22,1 | 32,2 | 51,3 | 40,7 | 48,4 |
| TMR k1 | 7,9 | 5,3 | 5,8 | 11,4 | 14,9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



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

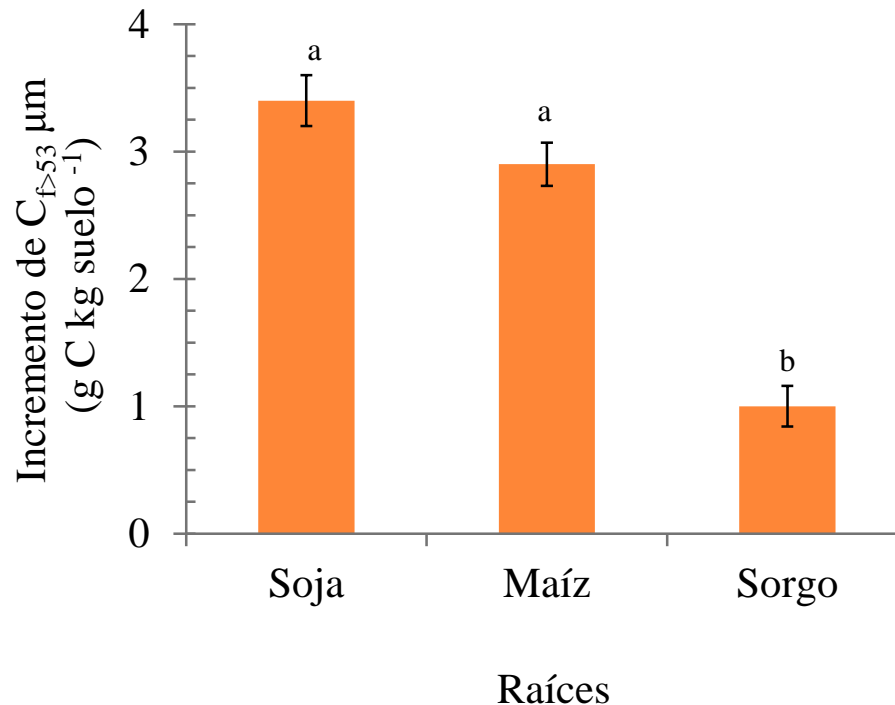
| | k_1 | k_2 | C_1 |
|------------------|-------|-------|-------|
| Hemicelulosa | ns | ns | ns |
| Celulosa | -0,95 | -0,98 | ns |
| Lignina | ns | ns | ns |
| Fracción soluble | 0,95 | 0,96 | ns |



RESULTADOS

FRACCIONAMIENTO FÍSICO

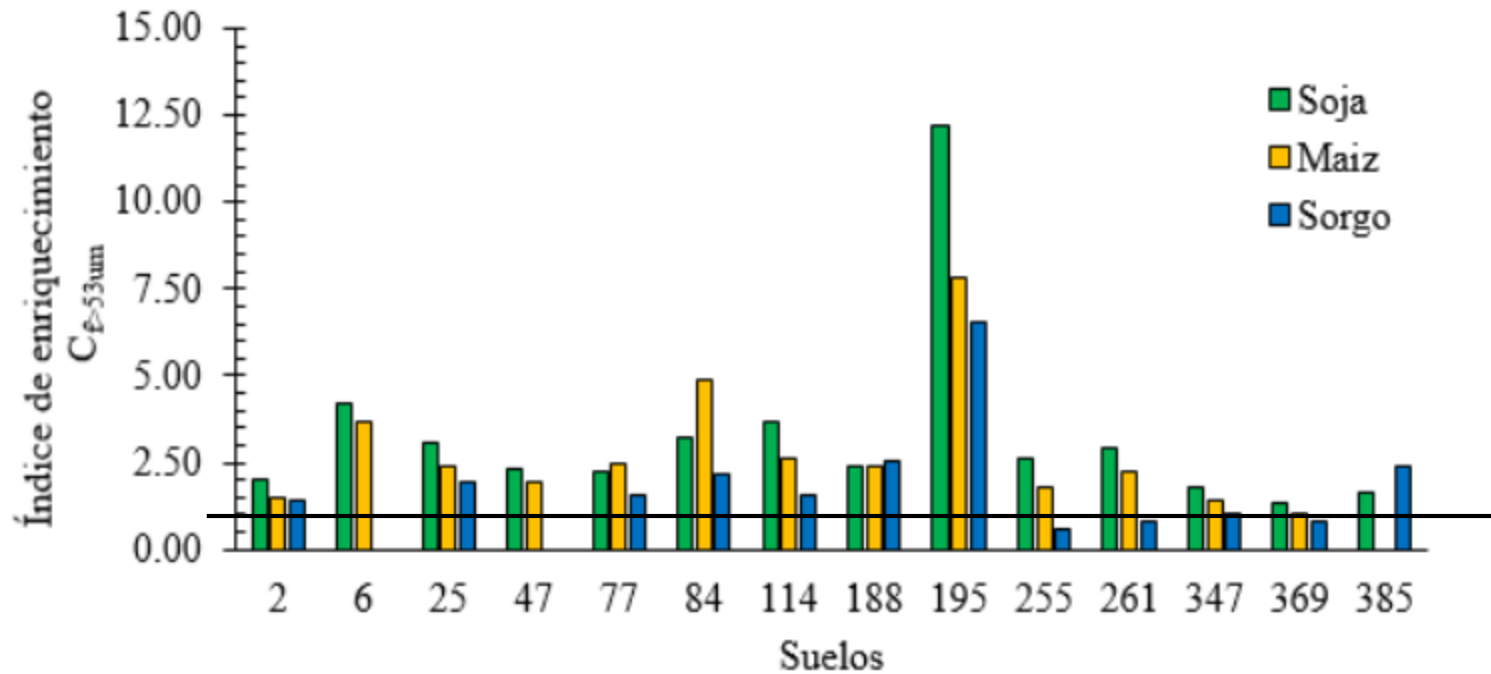
- La adición de raíz produjo un incremento significativo de C en la fracción mayor a $53 \mu\text{m}$.
- Entre raíces, el mayor aumento fue para los suelos con raíz de soja, seguido de maíz y el menor incremento fue en los suelos tratados con raíces de sorgo.



RESULTADOS FRACCIONAMIENTO FÍSICO

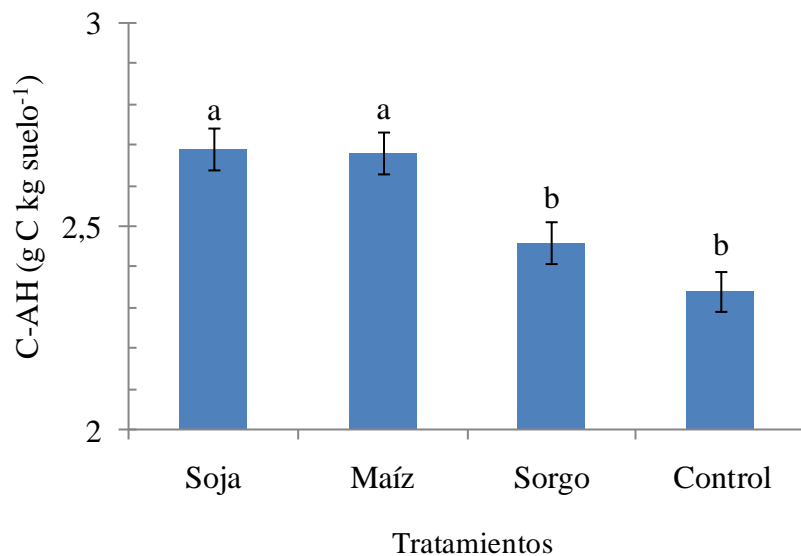
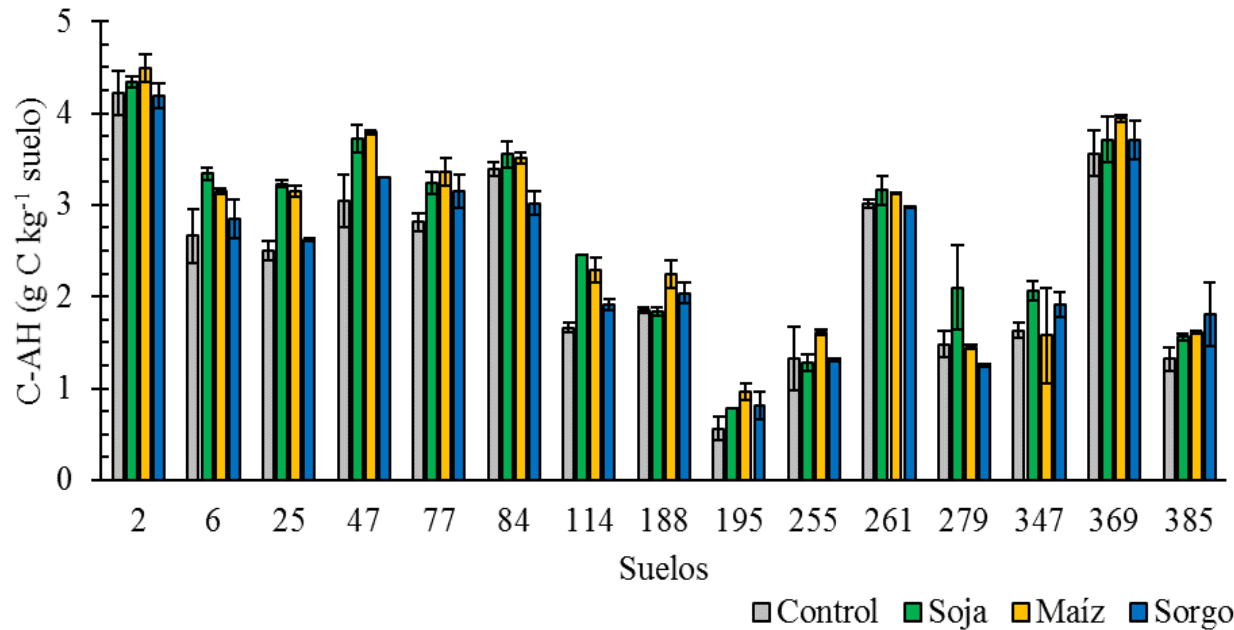
ÍNDICES DE ENRIQUECIMIENTO

Fracción mayor 53 μm



RESULTADOS

FRACCIONAMIENTO QUÍMICO



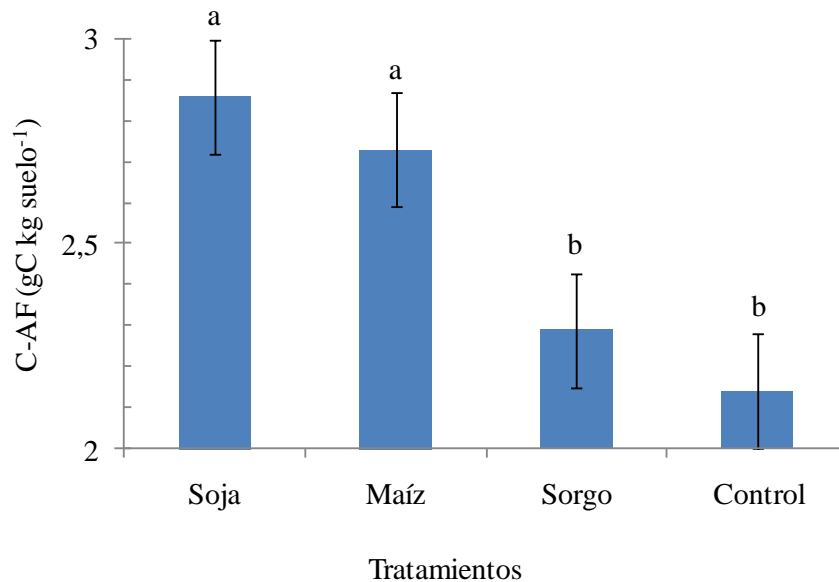
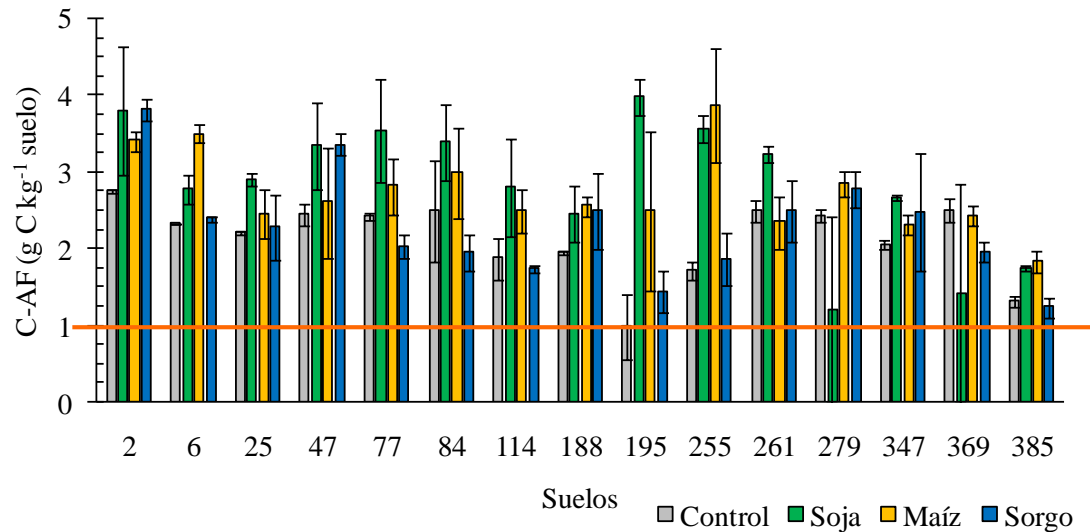
La incorporación de raíces causó **incremento en el contenido de C-AH** en los suelos con adición de Soja y Maíz ($p < 0,05$).



RESULTADOS

FRACCIONAMIENTO QUÍMICO

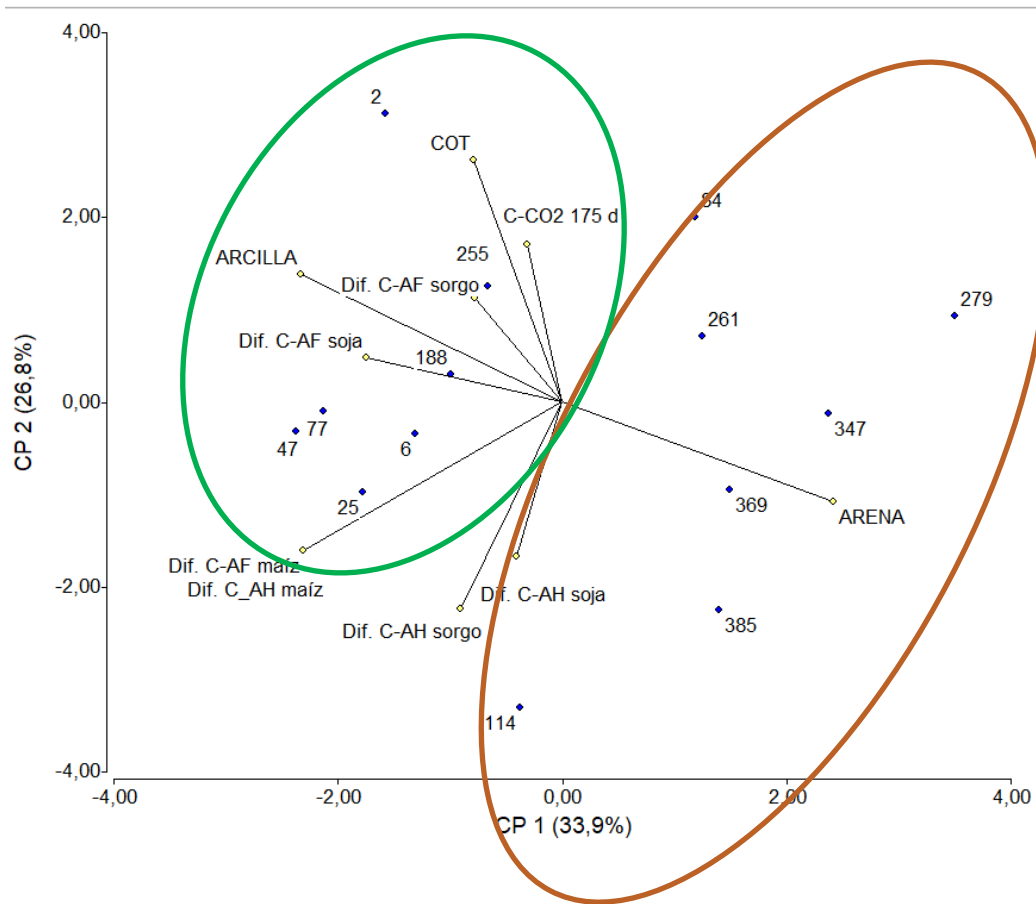
C en ácidos fúlvicos



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

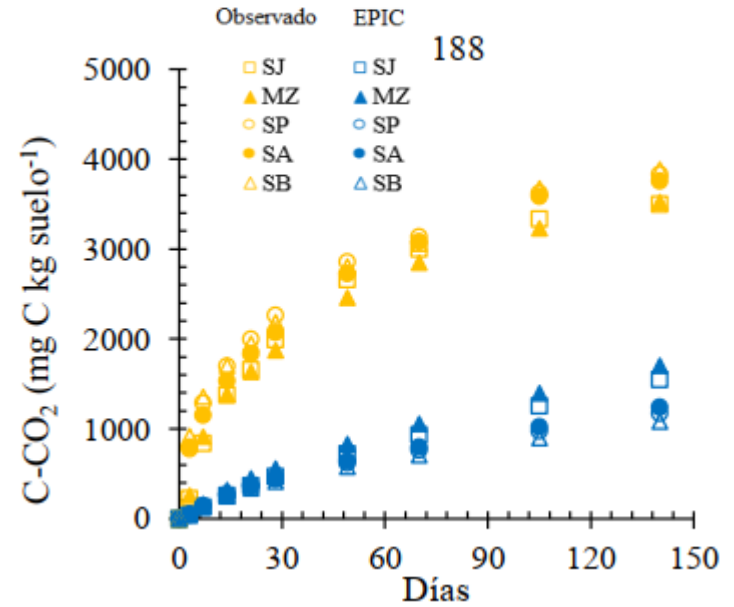
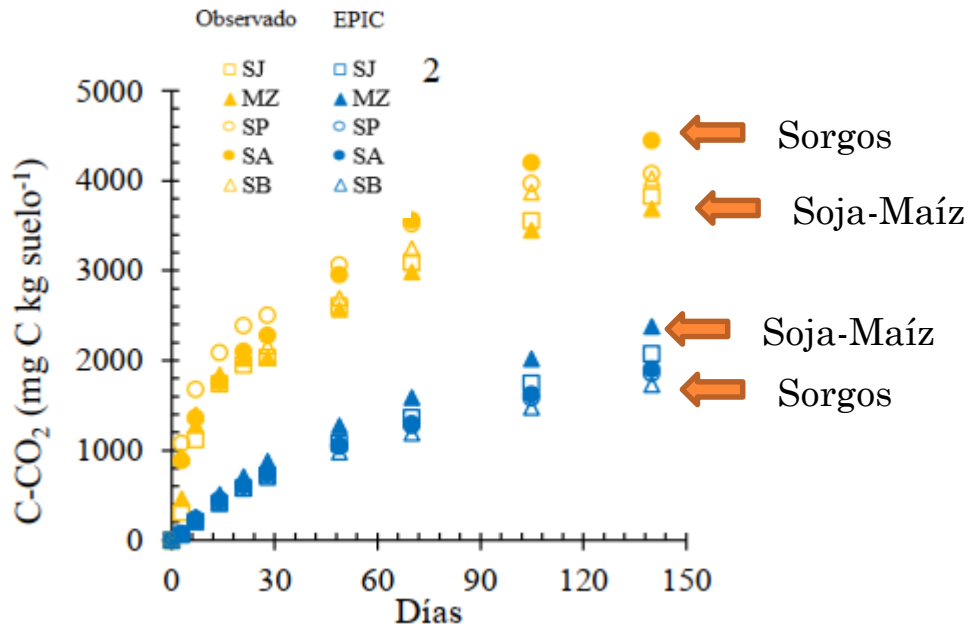


Suelos con matrices de mayor contenido de arcillas y COT incrementaron mas el C-AF y el C-AH



RESULTADOS

MINERALIZACIÓN DEL C DE RAÍCES

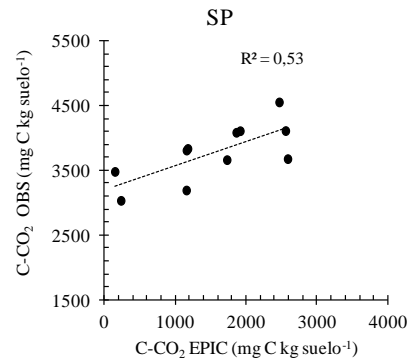
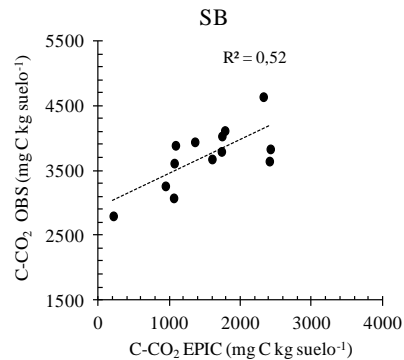
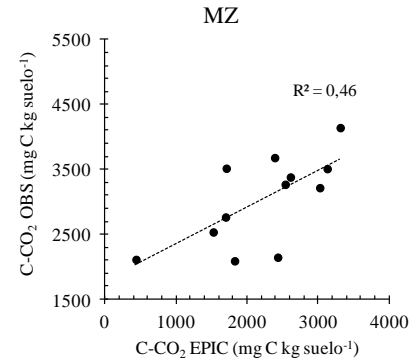
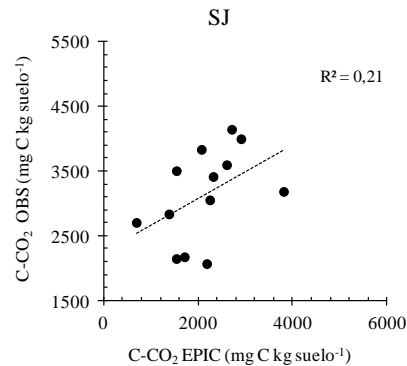


En la simulación de EPIC, las raíces de soja y maíz mineralizaron más C que las de sorgo, mientras que en las incubaciones se observó lo opuesto.



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 Balcarse, UNMdP - INTA, CONICET
Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Uruguay

Hoja de ruta

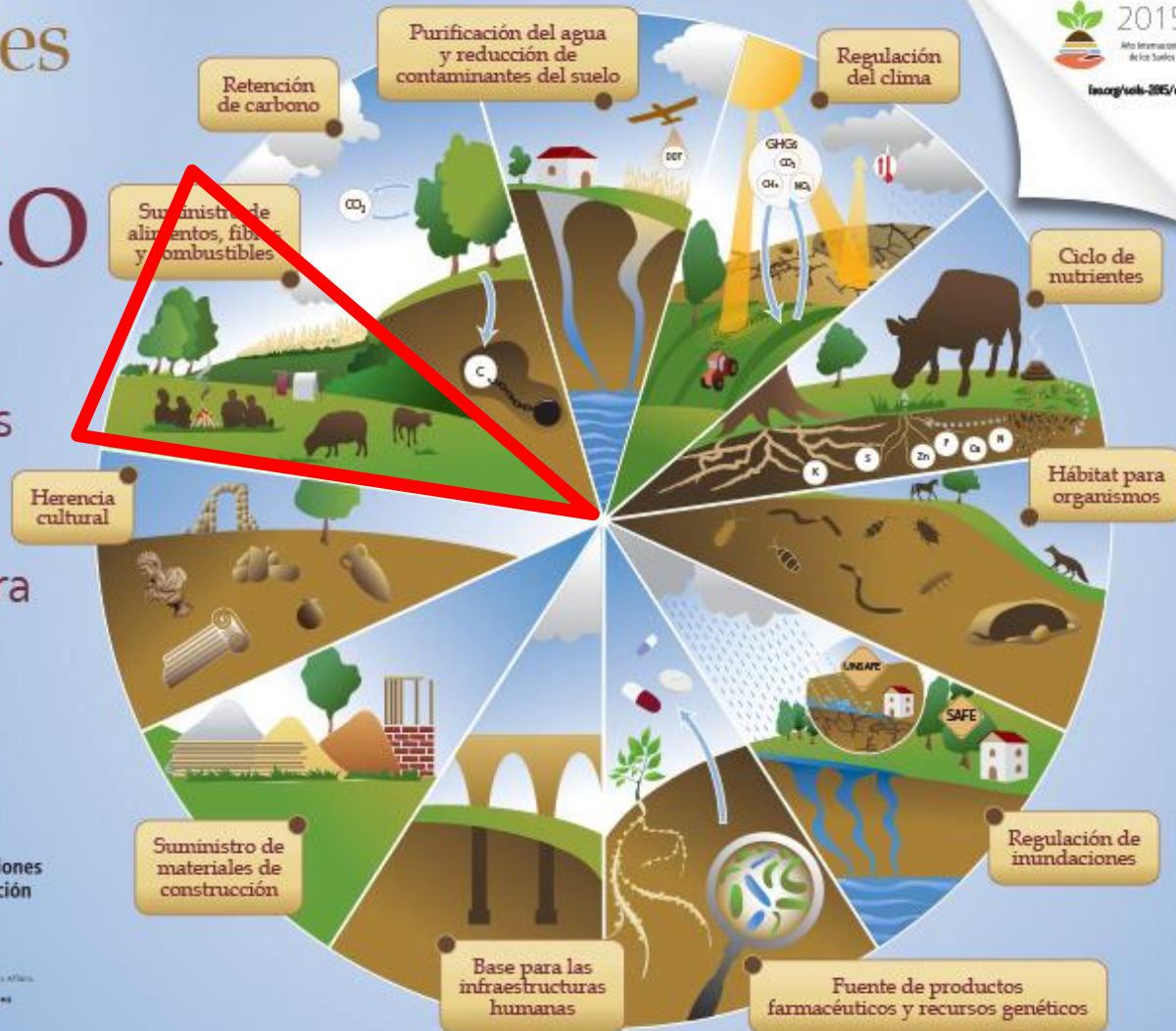
- **Importancia de la materia orgánica del suelo y servicios ecosistémicos**
- **Nuevas herramientas y modelos sobre funcionamiento de la materia orgánica**
- **¿Qué medir de la materia orgánica del suelo?**
- **Mediciones en sistemas semiáridos**
- **Estrategias de manejo de la materia orgánica del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

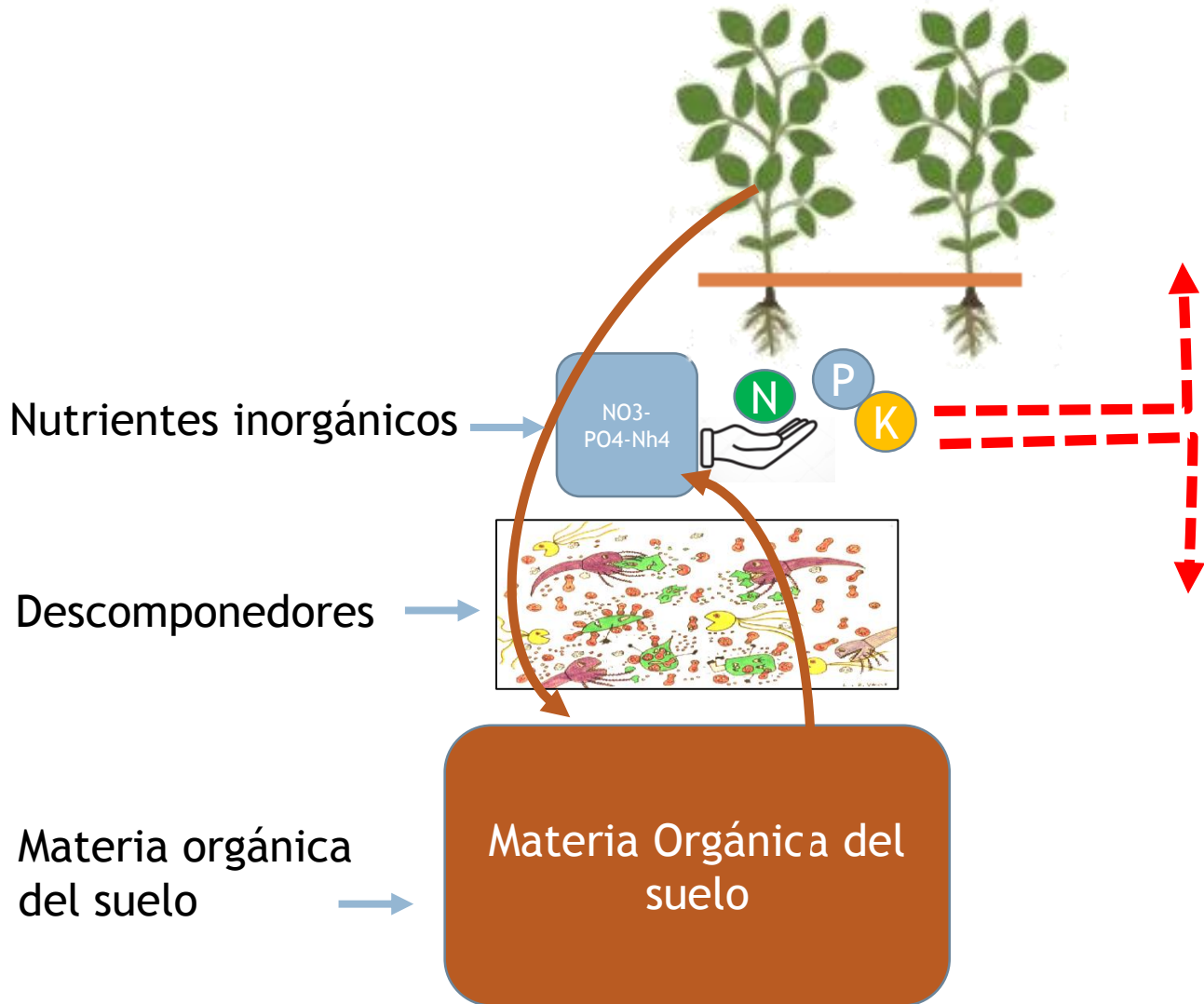


Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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



Materia orgánica nos da nutrientes a pedido!

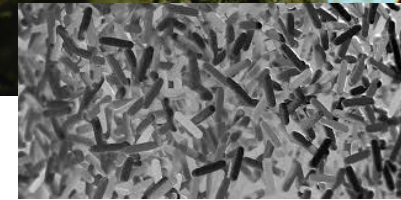
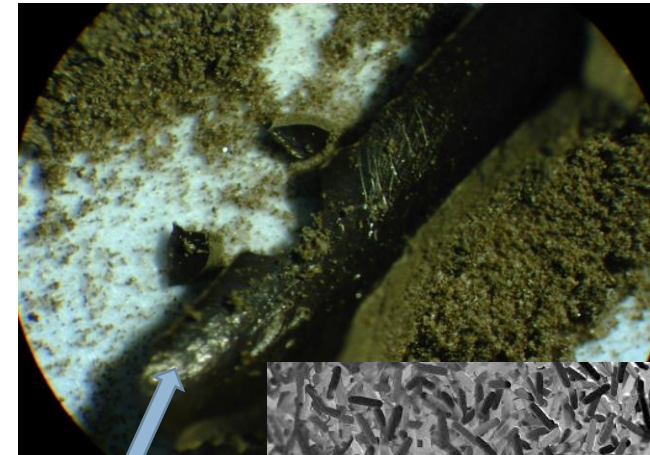
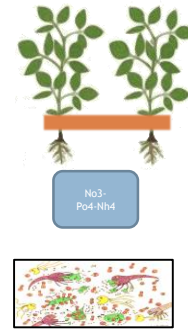
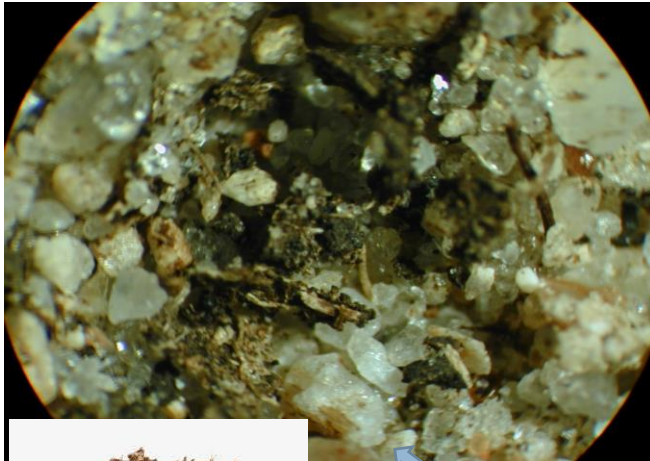


Porque no la ponemos a jugar entonces (a la materia orgánica del suelo)?

- **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

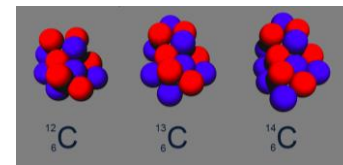
Materia Orgánica Asociada a los Minerales

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-

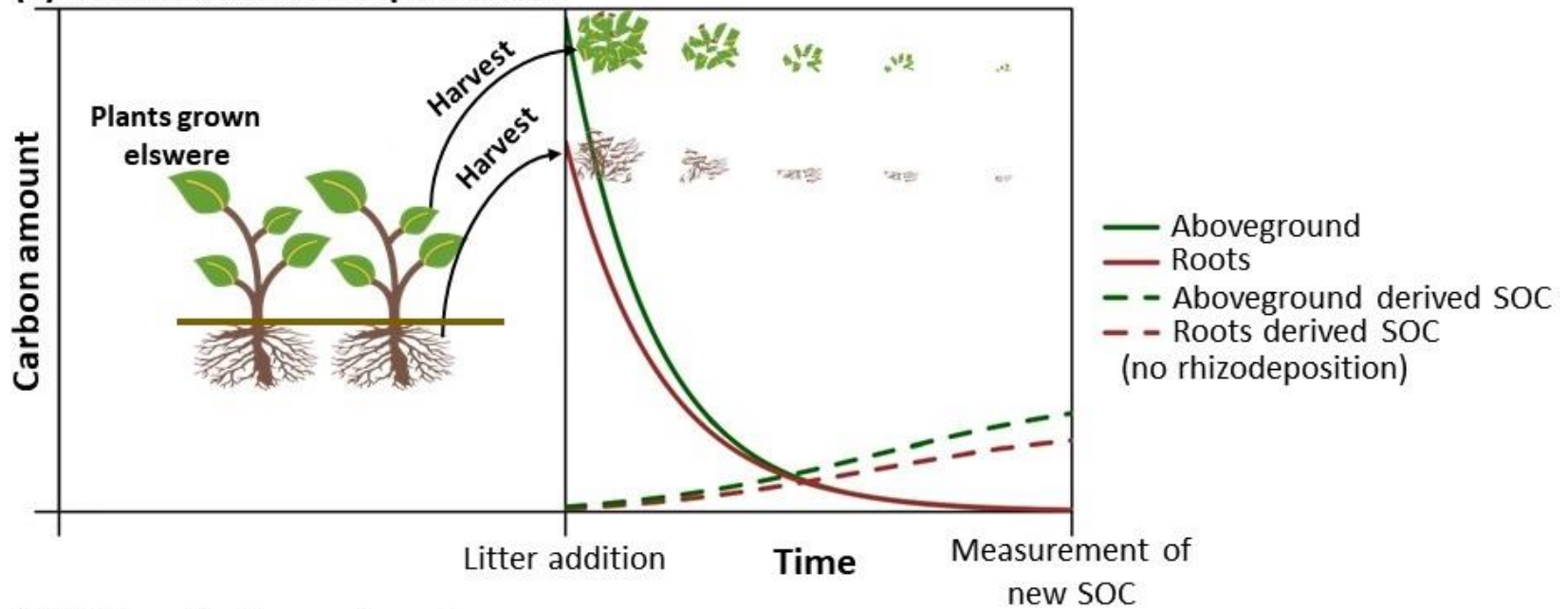
Las macromoléculas de humus no existen en el suelo
Las sustancias simples se encuentran adsorbidas a los minerales y presentan una protección física a la descomposición



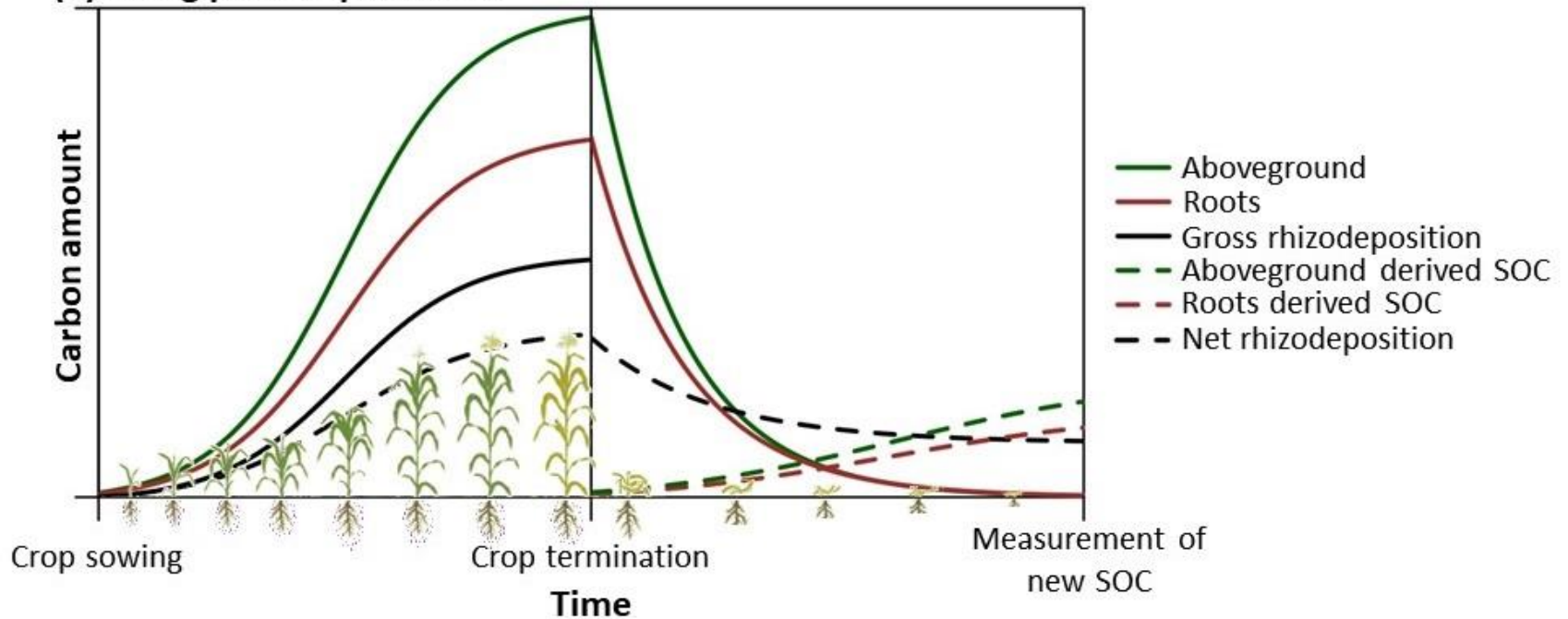
Materia orgánica del suelo esta compuesta de sustancias complejas de re-síntesis en el suelo que son difíciles de descomponer!!
Huminas, Fulminas, etc.



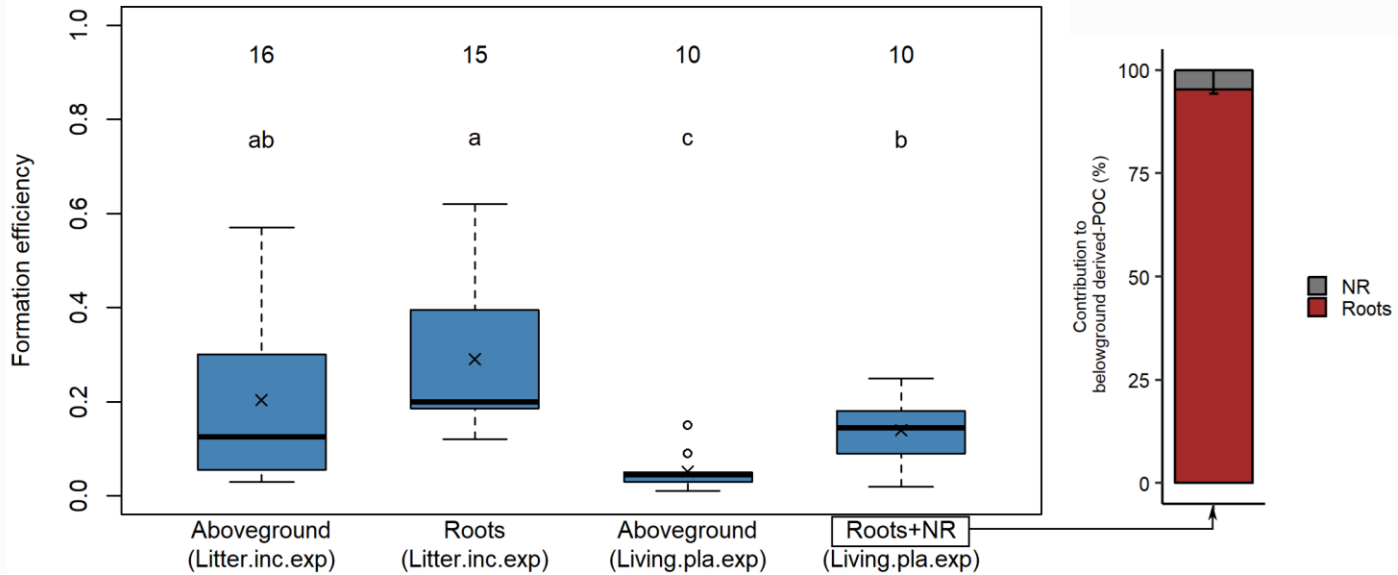
(a) Litter incubation experiments



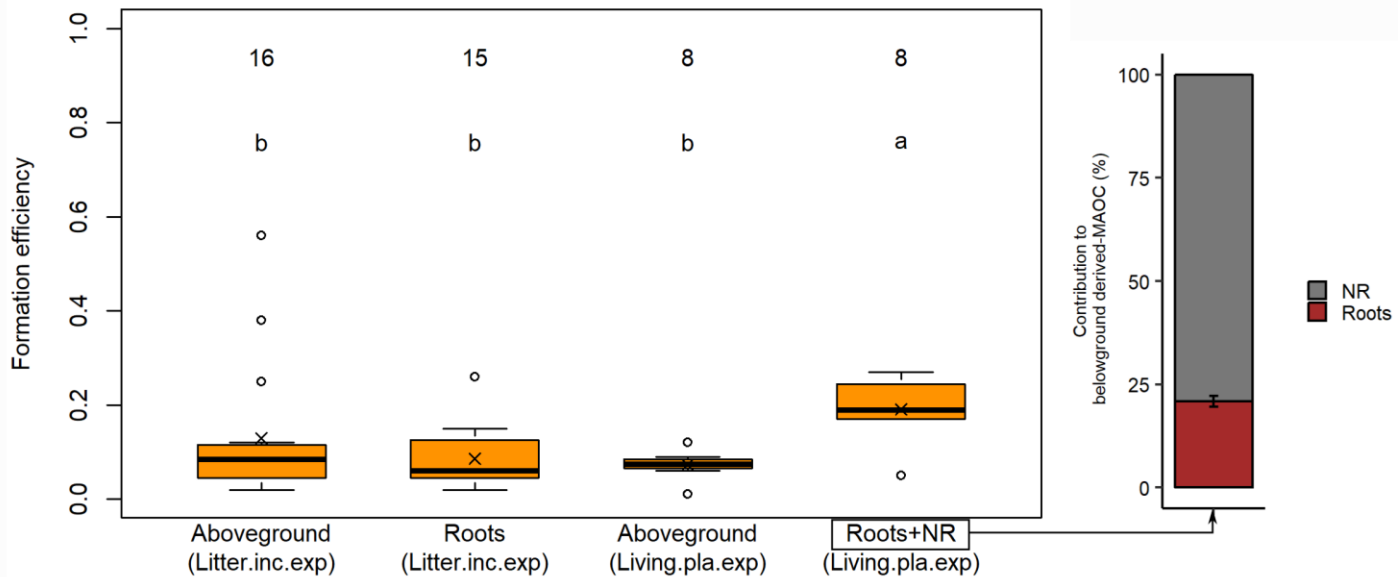
(b) Living plant experiments



(a) Particulate organic carbon



(b) Mineral associated organic carbon

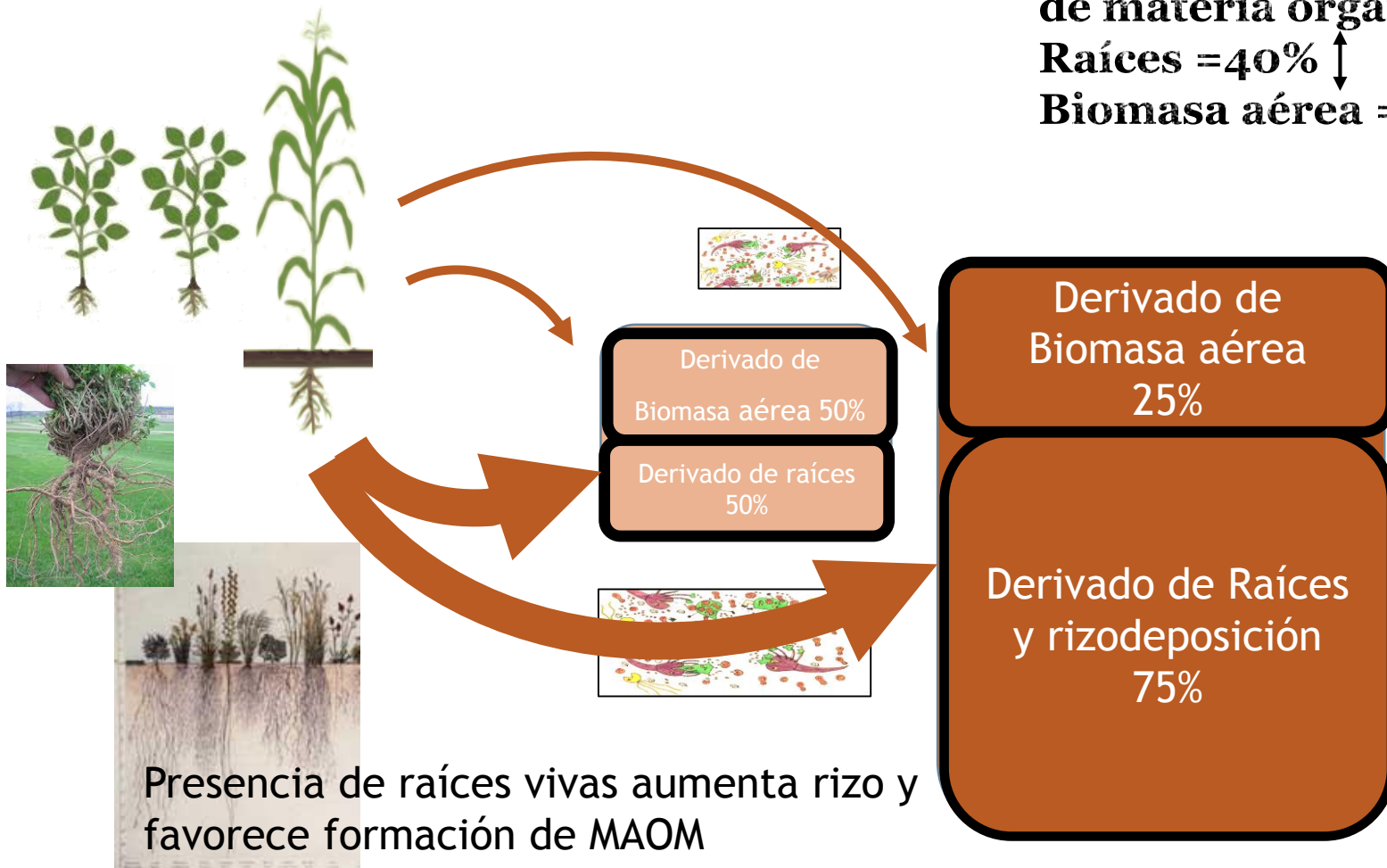


Raíces y rizo-deposición son claves para formar materia orgánica del suelo!!

Eficiencia de formación de materia orgánica

Raíces = 40% ↓

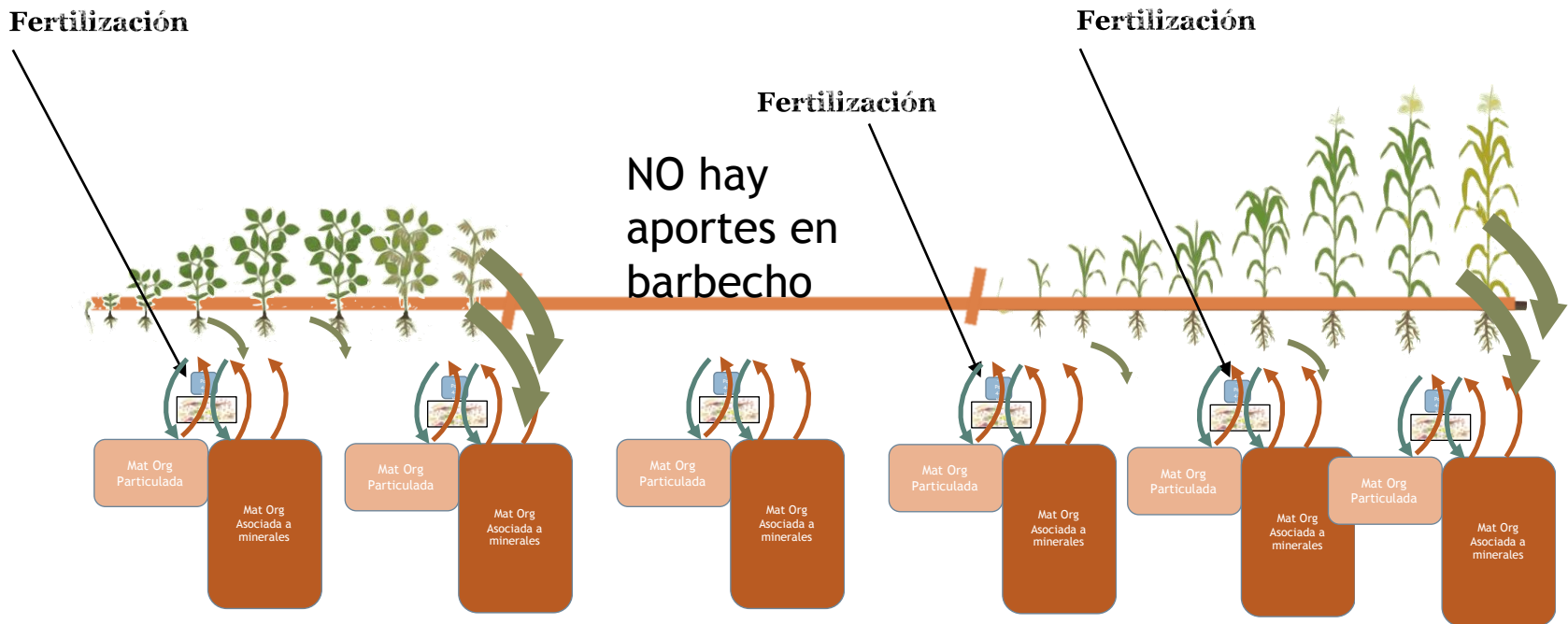
Biomasa aérea = 7% ↑



Presencia de raíces vivas aumenta rizo y favorece formación de MAOM



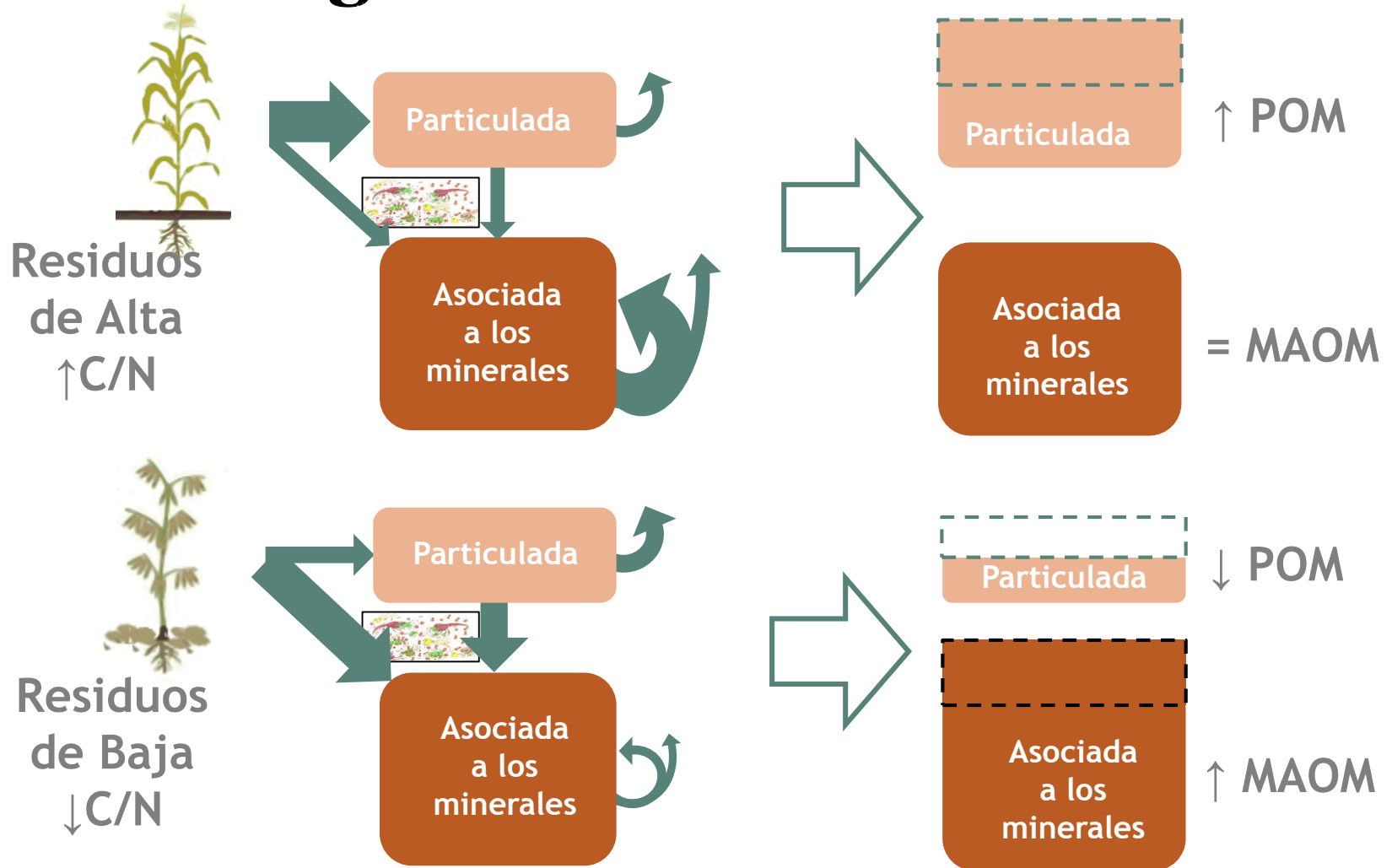
Formación y descomposición de la materia orgánica ocurre continuamente



- ***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



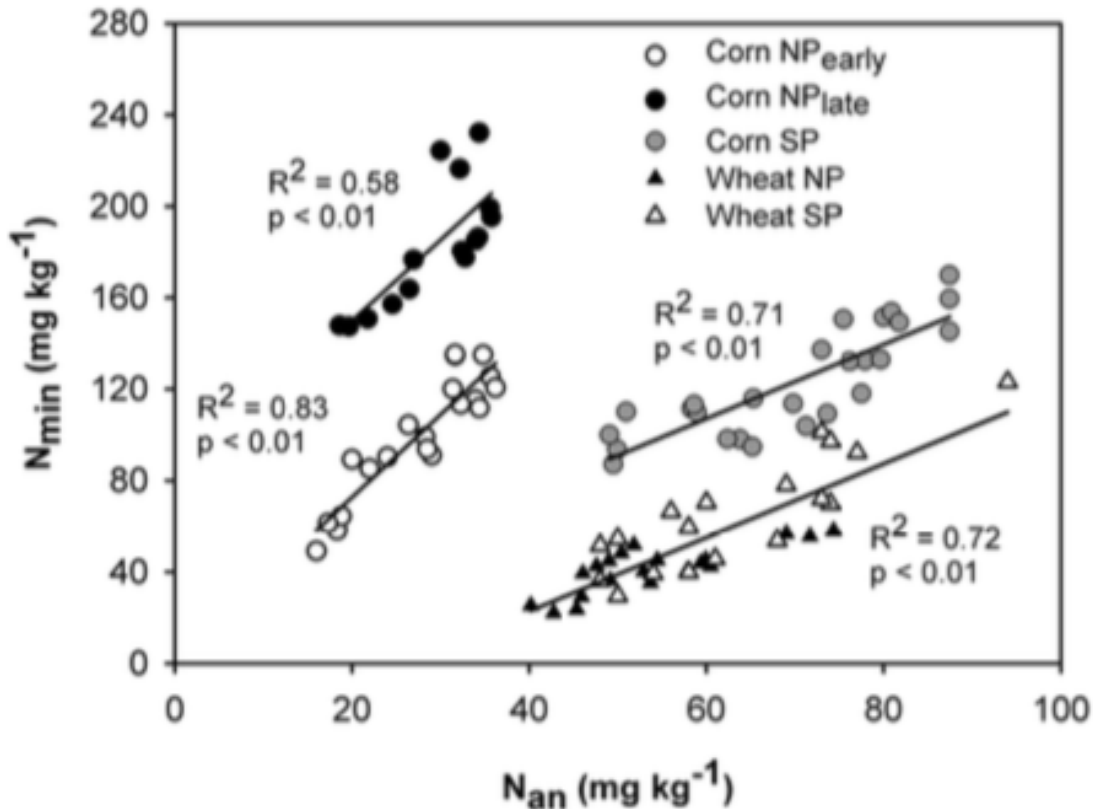
Juan Manuel Orcellet
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria,...

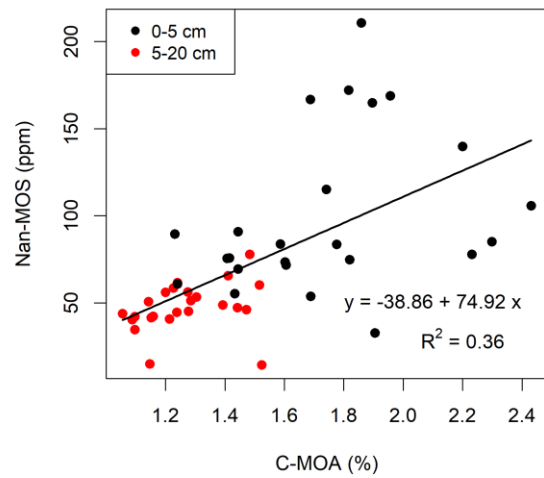
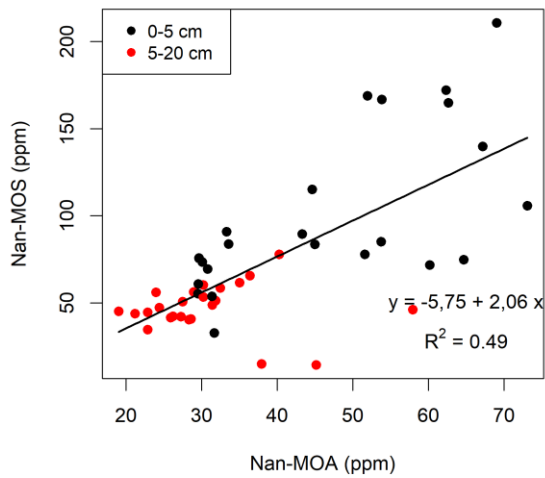
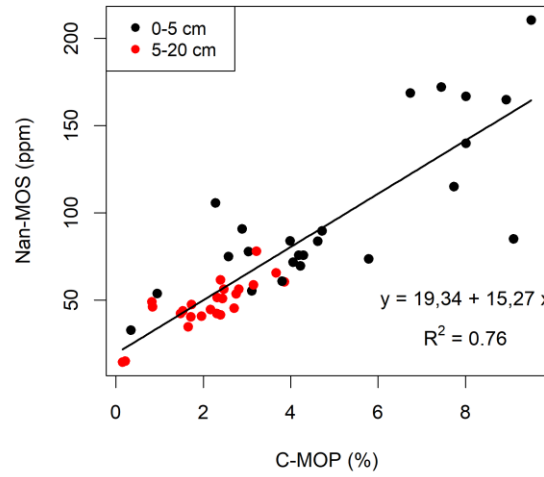
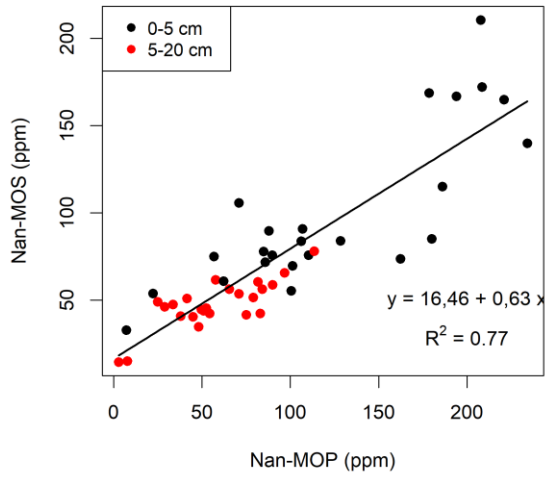


Hernán Rene Sainz Rozas
Not yet on ResearchGate

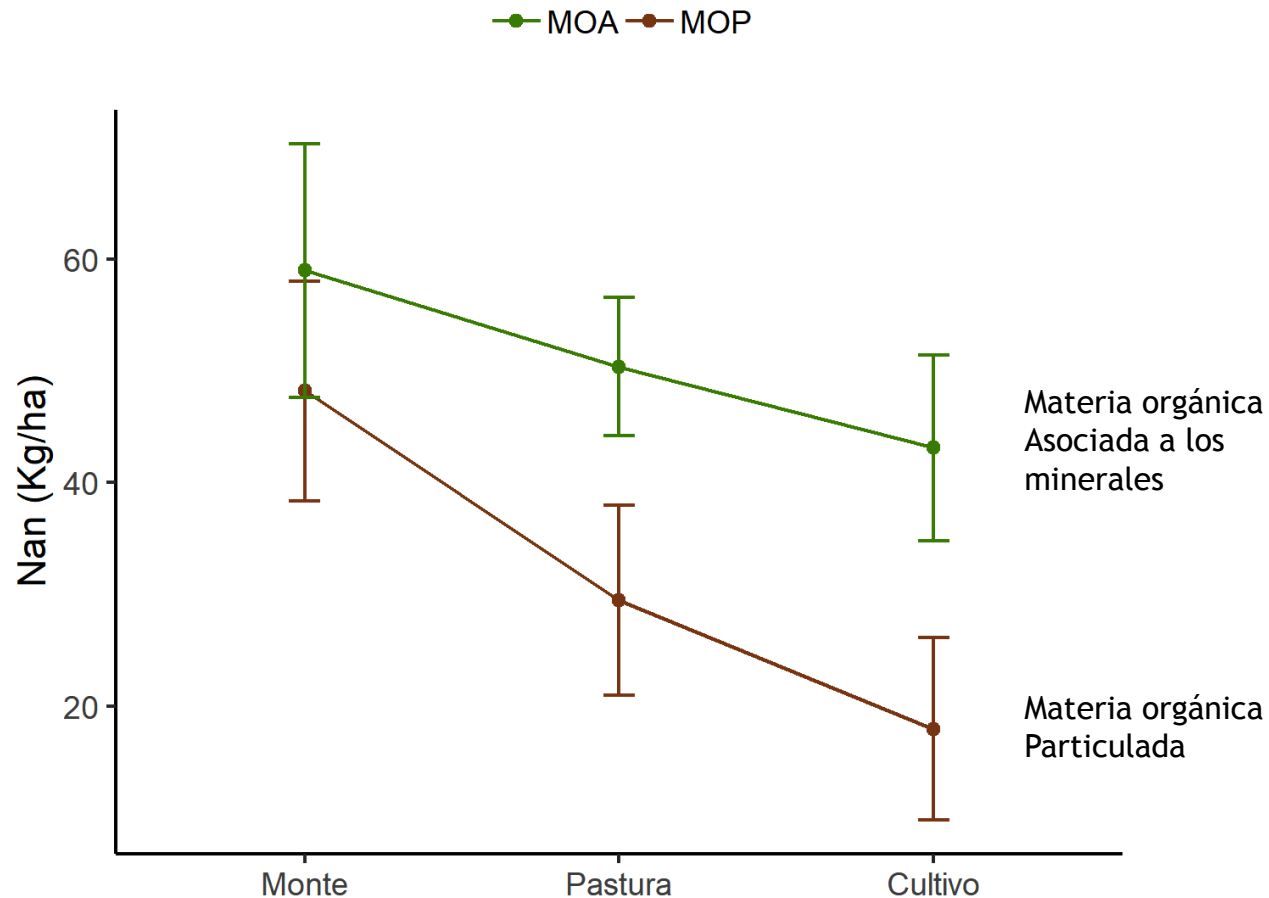


Hernan Echeverría
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

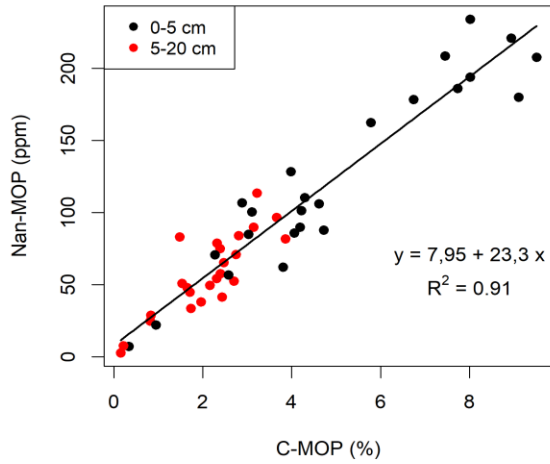




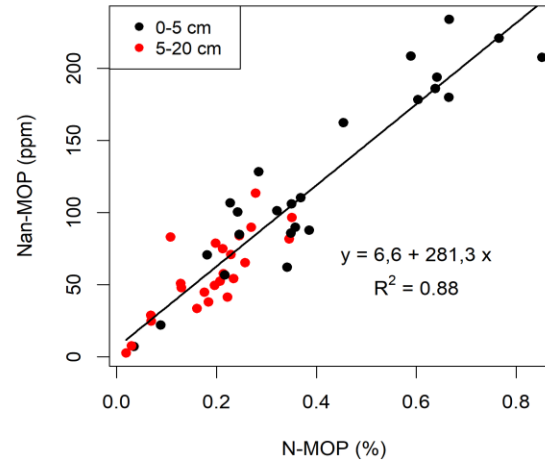
Nuevos indicadores: Nan en MO particulada y Nan en MO asociada a minerales



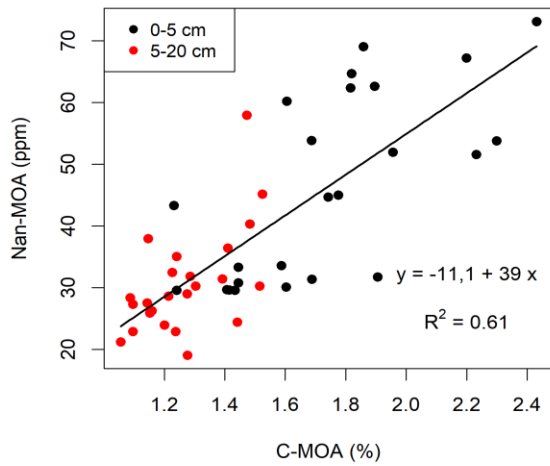
C-MOP y Nan-MOP



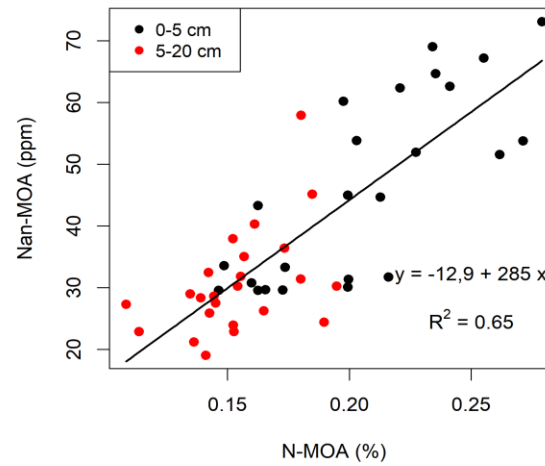
N-MOP y Nan-MOP

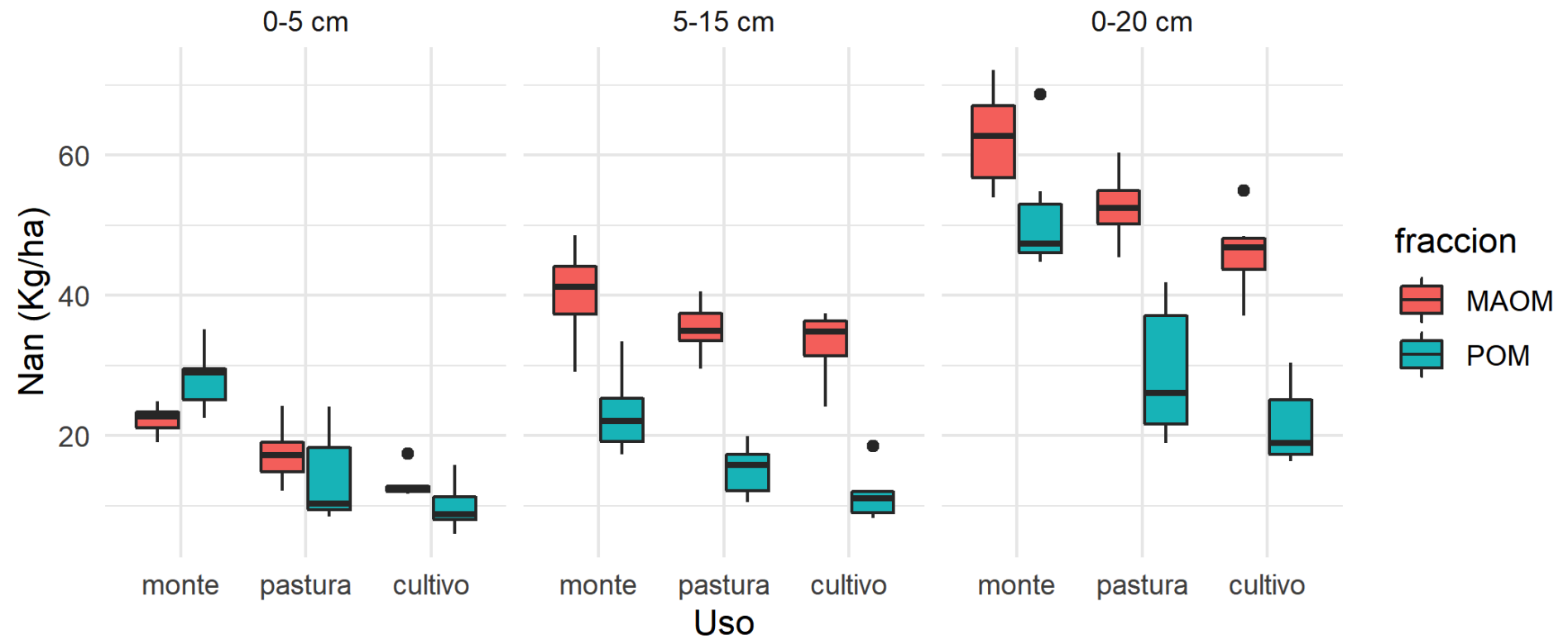


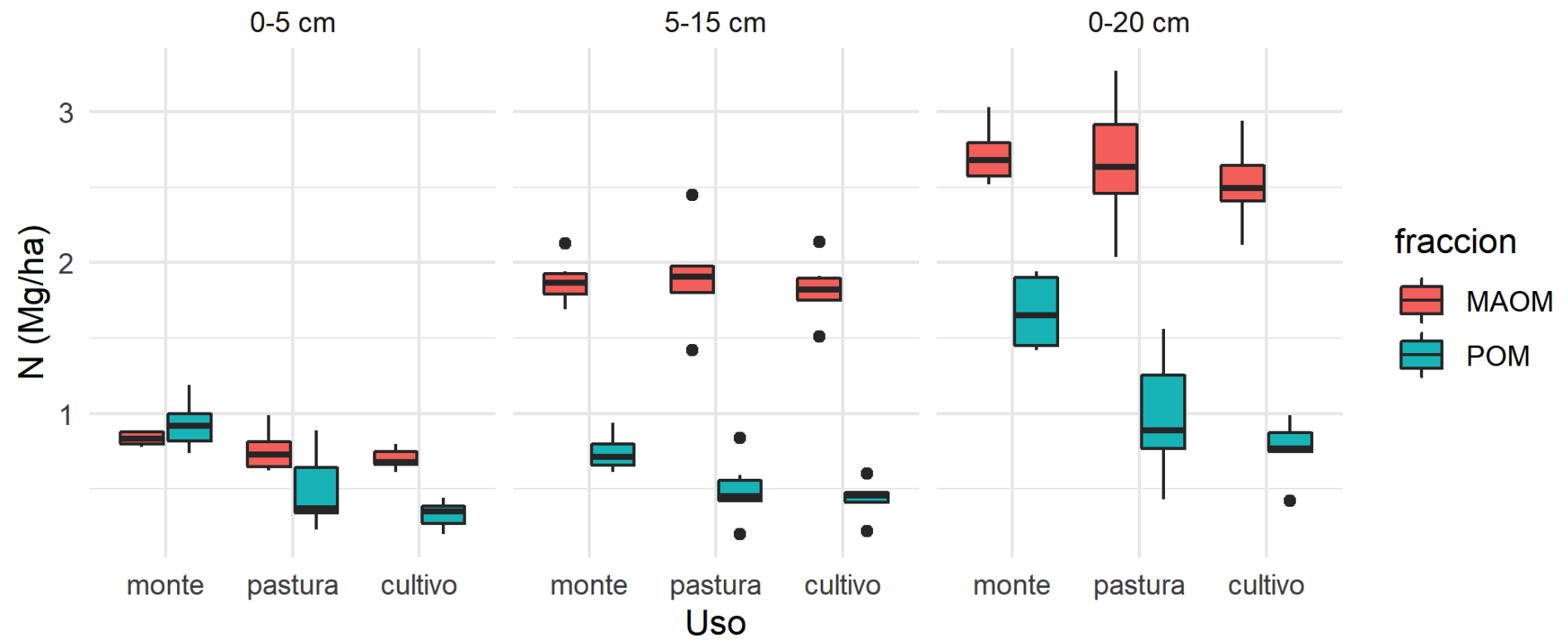
C-MOA y Nan-MOA

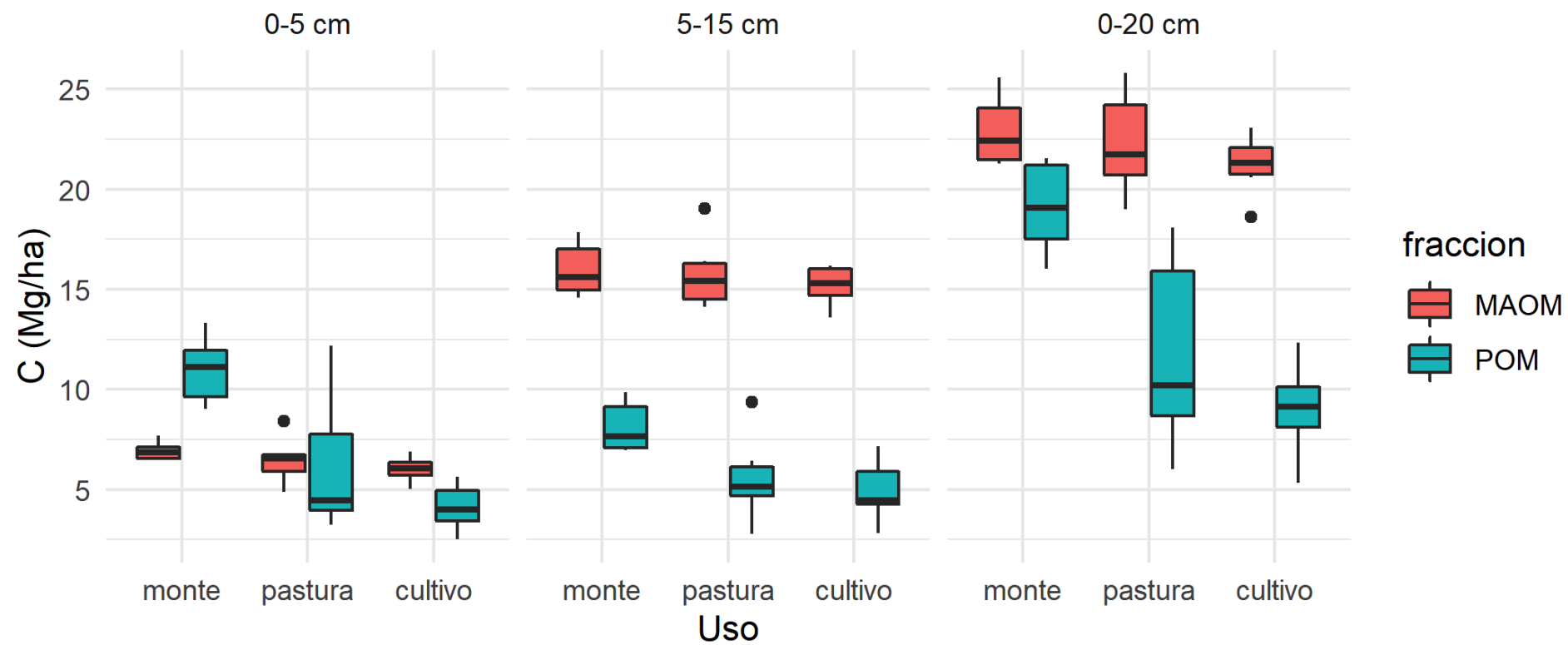


N-MOA y Nan-MOA



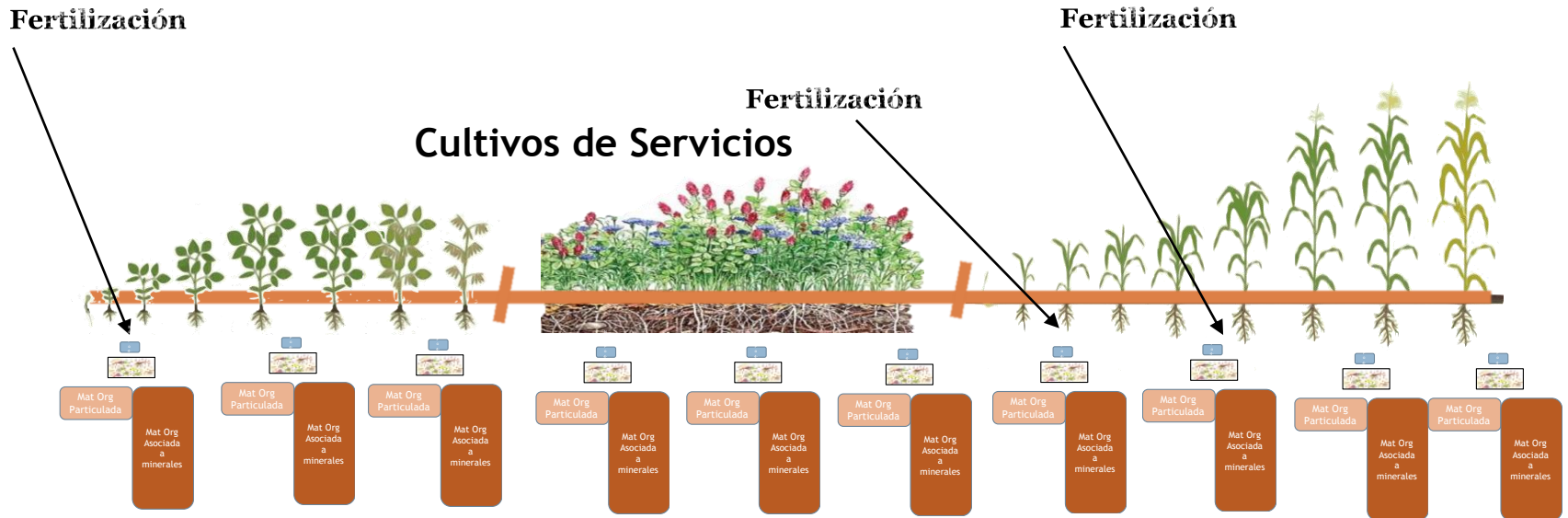






Que hacemos entonces? Cultivos de servicios!

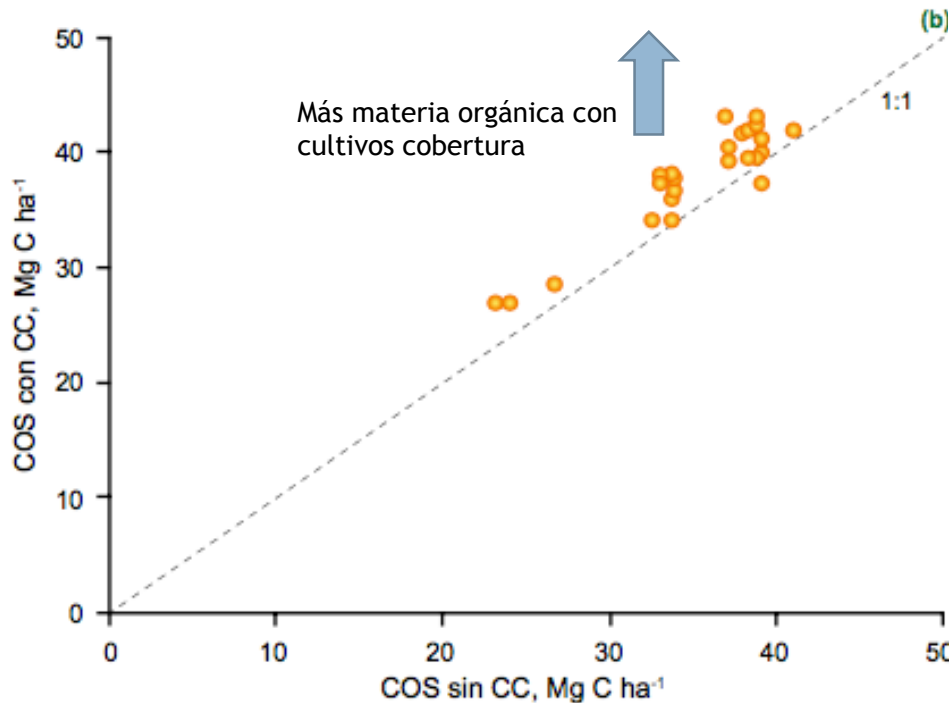
*Servicio: formar materia orgánica del suelo,
aumentar la caja de ahorro de nutrientes!*



¿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^{a,b,*}, Haydee S. Steinbach^a, Josefina L. De Paepe^{a,b}

^aFacultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Av. San Martín 4453(1417) Buenos Aires, Argentina

^bCONICET, 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...

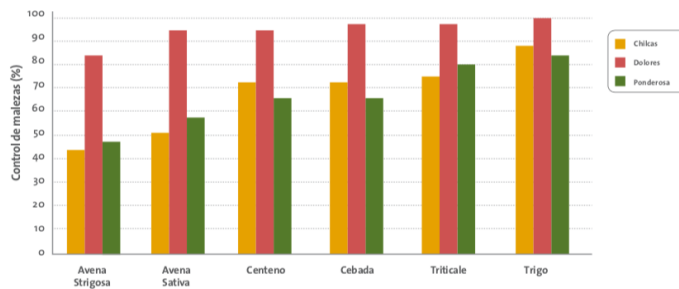


Fig. 8: Efecto de los CC sobre el control de malezas en 3 sitios de experimentación de la Chacra Bandera Aapresid (2014).

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 30 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 |

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

