

Cangill  
Santa Rita, 19 de Noviembre de 2013  
Agremiación de Ingenieros Agrónomos y Forestales del Alto Paraná  
Facultad de Ingeniería Agronómica – Universidad Nacional del Este  
Minga Guazu, 20 de Noviembre de 2013

## Actualización en Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos

Fernando O. García  
IPNI Cono Sur  
fgarcia@ipni.net  
<http://lacs.ipni.net/>




## Temario

- A. Conceptos de fertilidad de suelos y productividad para sistemas agrícolas sustentables**  
Propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos. Fertilidad de suelos y productividad de cultivos. Nutrientes esenciales.
- B. Los nutrientes en el sistema suelo-cultivo**  
Transformaciones del nitrógeno  
El fósforo del suelo  
Azufre  
Potasio, Calcio, Magnesio Micronutrientes
- C. Las mejores prácticas de manejo de la fertilización, 4R de la Nutrición de Plantas**  
Fuente, dosis, momento y ubicación correcta  
La fertilidad en el sistema de producción. ¿Fertilizar el suelo? Efectos de la fertilización en las propiedades del suelo: efectos sobre materia orgánica.
- D. Manejo de suelos bajo siembra directa**
- E. Recomendaciones de fertilización para Paraguay**
- F. Discusión general**



*IPNI es una organización internacional cuya misión de IPNI es desarrollar y promover información científica acerca del manejo responsable de la nutrición de planta para el beneficio de la humanidad*

**Better Crops, Better Environment ... through Science**



## El Instituto Internacional de Nutrición de Plantas

### Programa Latinoamérica Cono Sur



*Investigación/Experimentación y Extensión/Educación en Argentina, Bolivia, Chile, Paraguay y Uruguay*


*Trabajando con institutos de investigación/extensión, universidades, organizaciones de productores y de profesionales, y empresas*



**LACS.IPNI.NET**

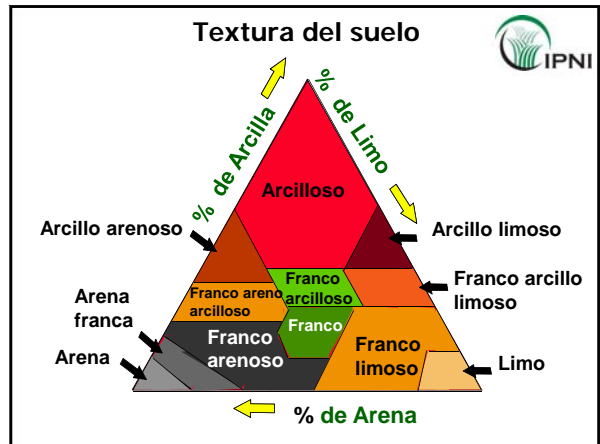
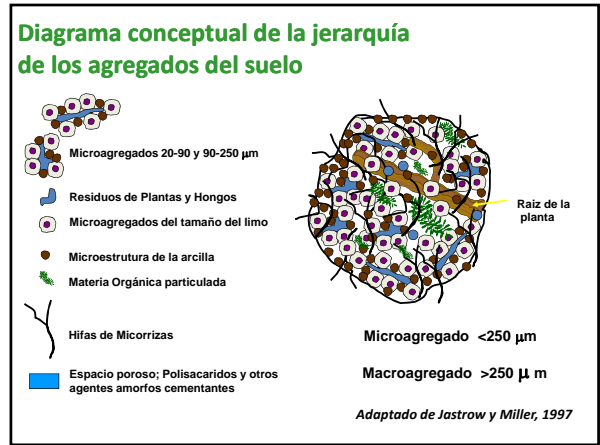
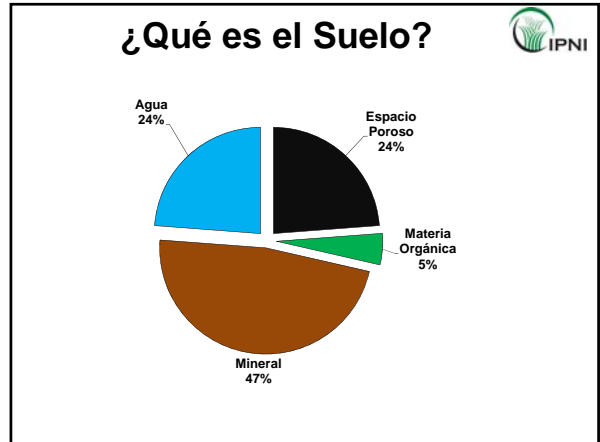
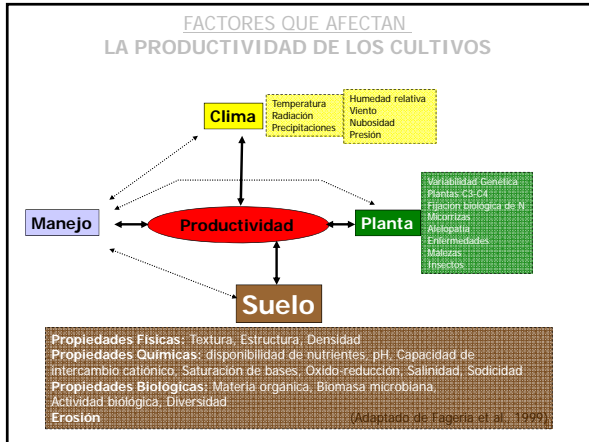


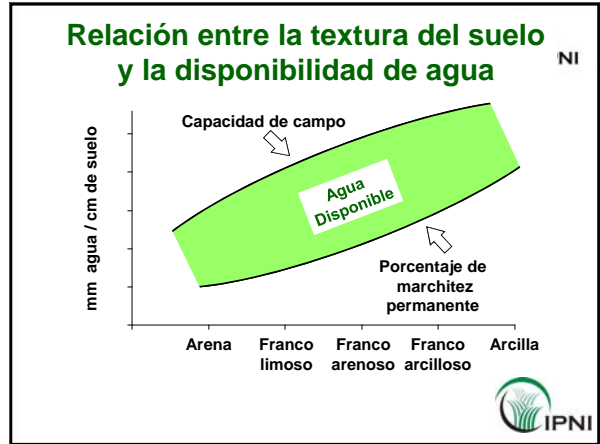
**LACS.IPNI.NET**



## Temario

- A. Conceptos de fertilidad de suelos y productividad para sistemas agrícolas sustentables**  
Propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos. Fertilidad de suelos y productividad de cultivos. Nutrientes esenciales.
- B. Los nutrientes en el sistema suelo-cultivo**  
Transformaciones del nitrógeno  
El fósforo del suelo  
Azufre  
Potasio, Calcio, Magnesio Micronutrientes
- C. Las mejores prácticas de manejo de la fertilización, 4R de la Nutrición de Plantas**  
Fuente, dosis, momento y ubicación correcta  
La fertilidad en el sistema de producción. ¿Fertilizar el suelo? Efectos de la fertilización en las propiedades del suelo: efectos sobre materia orgánica.
- D. Manejo de suelos bajo siembra directa**
- E. Recomendaciones de fertilización para Paraguay**
- F. Discusión general**





### Uso de Agua anual comparativo por cultivos (ET Potencial)

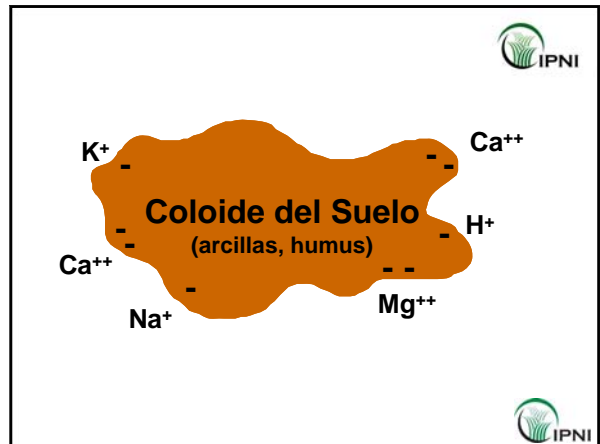
Cultivo	mm./ año
Trigo	250-410
Maíz	400-640
Soja	300-560
Sorgo	250-460
Girasol	250-460
Alfalfa	560-890

La diferencia entre la cantidad total de agua utilizada no es tan importante como la diferencia en el momento del año en el cual su requerimiento es mayor para cada cultivo.

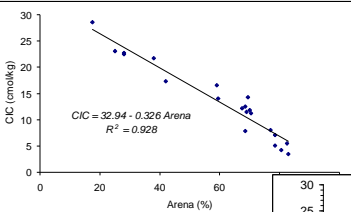
Tasa máxima de uso de agua  
 Maíz: Flo – Verano ppio/med  
 Soja: R3-5 – Verano avanzado  
 Trigo: Flo - Primavera tardía

### Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

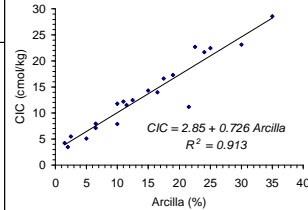
El número total de cationes intercambiables que un suelo puede retener (Cantidad de sus cargas negativas)



## CIC y contenido de arcilla o arena



Establecimiento El Oscuro  
Peruquería (Corrientes, Argentina)



## La Materia Orgánica del Suelo



- El más importante indicador de la *calidad de suelo* (Larson y Pierce, 1991)
- **Fración orgánica** del suelo excluyendo residuos vegetales y animales sin descomponer
  - C: 52-58%,
  - O: 34-39%
  - H: 3.3-4.8%
  - N: 3.7-4.1%,
  - S: 0.8-1.2%,
  - P y otros variables



## Propiedades del suelo y MO



- **Físicas:** Densidad, retención de agua, agregación, color y temperatura
- **Químicas:** Reserva de nutrientes (N, P, S y otros), pH, CIC, capacidad buffer, formación de quelatos
- **Biológicas:** Biomasa y actividad microbiana, ciclado de nutrientes



## Nutrientes en materia orgánica



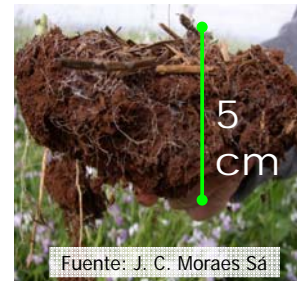
- Cada 1% de materia orgánica en 20 cm de suelo con densidad de 1.1 ton/m<sup>3</sup>
  - 12000 - 13000 kg/ha de C
  - 1000 -1200 kg/ha de N
  - 90 -120 kg/ha de P
  - 90 -120 kg/ha de S

## Factores que afectan la MO




- Tiempo
- Clima
- Vegetación
- Material madre
- Topografía
- **Manejo:** Años de agricultura, Cultivos, Labranzas, Rotaciones, Manejo del cultivo, Fertilización, Períodos de barbecho


## Efectos a largo plazo sobre la MOS

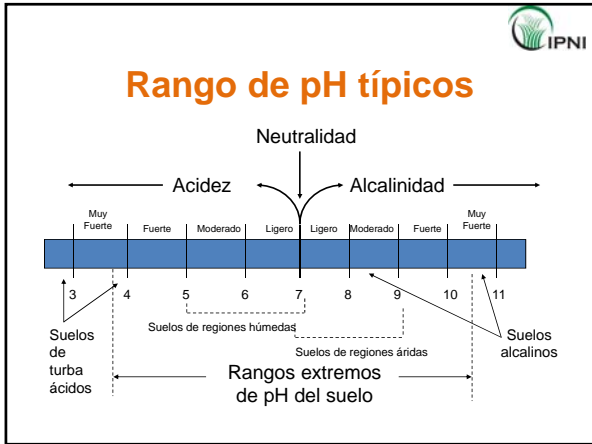



Fuente: J. C. Moraes Sá



# El termino pH del suelo se usa para describir la acidez o basicidad relativa del suelo








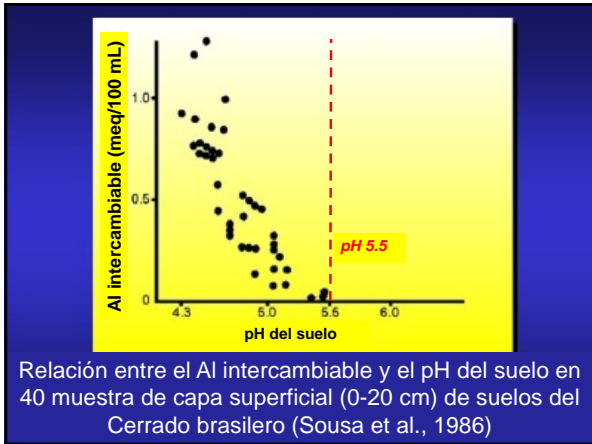
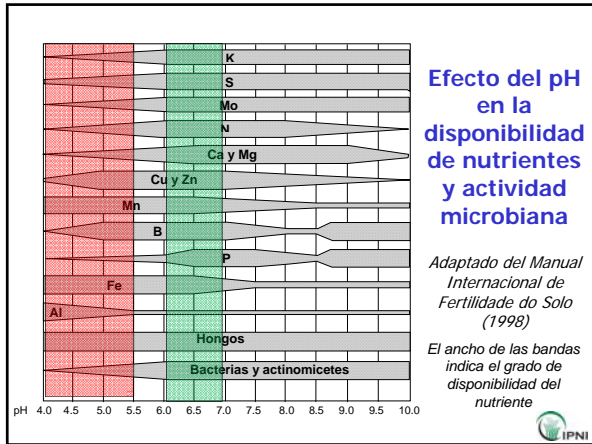
## Importancia del pH

- Influencia en las propiedades físicas y químicas:
  - Propiedades físicas:**
    - a pH neutro se favorecen estas propiedades en los suelos.
    - A pH alcalino la arcilla se dispersa, se destruye la estructura del suelo y existen malas condiciones (drenaje, aireación, agua del suelo, crecimiento radicular, etc.)
  - Propiedades químicas:** se relaciona con la disponibilidad de nutrientes y la fertilidad del suelo.



## Importancia del pH

- Con valores bajos de pH** mayor solubilidad del  $Al^{+++}$ 
  - (1000x más soluble a pH 4.5 respecto a pH 5.5)
  - Toxicidad de la Planta**
- pH elevados:** disminuye la disponibilidad de algunos nutrientes
  - P, Zn, Fe, etc.**
- Bajo pH** afecta la actividad microbiana lo cual afecta el ciclo de los nutrientes, la nodulación, descomposición de residuos, residualidad de herbicidas.



## Saturación de Aluminio

- Es importante mantener los tenores de  $Al^{3+}$  intercambiable muy bajos o nulos por sus efectos tóxicos para las plantas
- El efecto tóxico depende de la proporción del  $Al^{3+}$  en la CIC efectiva, así se calcula el % de saturación de  $Al^{3+}$ :

$$\% \text{ Sat. } Al^{3+} = (Al^{3+} \text{ intercambiable} / \text{CIC efectiva}) / 100$$

Saturación menor de 15%	Baja
Saturación 15-35%	Media
Saturación 35-50%	Alta
Saturación > 50%	Muy alta

*Estos valores varían entre cultivos*



## Trigo afectado por bajo pH y alta concentración de Aluminio



Suelo de pH 4.6

- La toxicidad por Al comienza con pH menores de 5.0 y niveles de Al extractable superiores a 25 ppm.
- Los síntomas de toxicidad por Al incluyen pobre macollaje, y a veces coloraciones purpuras. Las hojas viejas parecen como marchitas. Las plantas también muestran síntomas de marchitamiento aun con buenas condiciones de humedad y de N

Fuente: Ruiz-Díaz y Waldschmidt (KSU), 2011

## Factores que afectan el pH del suelo



- Material Parental (Roca Madre)
- Precipitaciones anuales
  - Altas precipitaciones → Disminuye el pH
- Vegetación Nativa
- Crecimiento de los cultivos
  - Las leguminosas remueven más Ca y Mg respecto a no-leguminosas
- Nitrificación microbiana

## Manejo de la acidez

- La acidez debe ser corregida conjuntamente con el manejo de la MO, P, K y micronutrientes
- La siembra directa es uno de los mejores métodos de reducir acidez por:
  - Menor efecto tóxico del Al por complejoado e hidrólisis con ácidos orgánicos
  - Reciclaje de nutrientes
  - Menos lavado de nitratos



Los requerimientos de cal dependen del pH del suelo y la CIC. Mientras más arcilla y materia orgánica, más capacidad tampón y mayor resistencia al cambio de pH



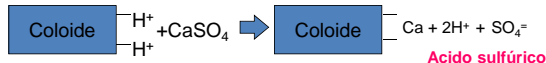
## ¿Cómo el calcáreo neutraliza la acidez?



Carbonato de Calcio – Agente Calcáreo



Sulfato de Calcio (Yeso)- Agente No Calcáreo



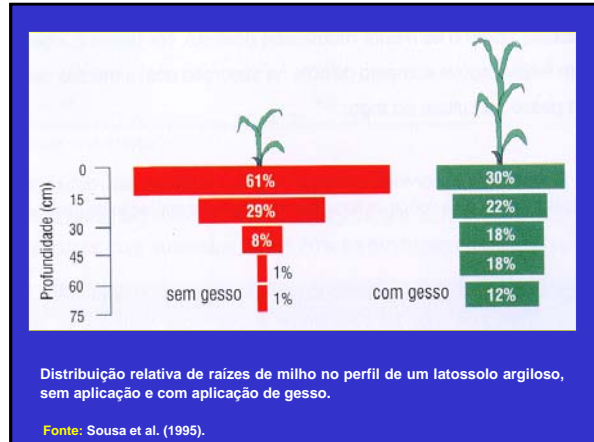
Acido sulfúrico

## ENCALADO

### Método de la saturación por bases

$$NC(t.ha^{-1}) = \frac{(SB_2 - SB_1)T}{PRNT}$$

NC = Necesidad de CAL en t/ha para la capa de 0-20cm.  
 SB1 = Saturación por bases actual del suelo  
 SB2 = Saturación por bases deseada para el cultivo  
 T = Capacidad de intercambio catiónica potencial del suelo en cmolc/dm<sup>3</sup> o meq/100cm<sup>3</sup> de suelo  
 PRNT = Poder relativo de neutralización total del calcáreo (%)



## Valores de diversas sustancias para neutralizar el pH del suelo



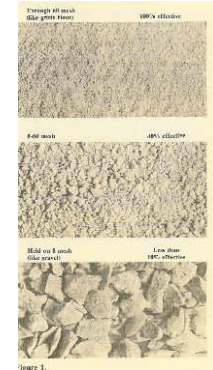
Material	Composición	Valor Relativo de Neutralización
Carbonato de calcio	CaCO <sub>3</sub>	100
Calcita	CaCO <sub>3</sub> + Impurezas	50-100
Dolomita	CaCO <sub>3</sub> + MgCO <sub>3</sub> + Impurezas	90-109
Cal quemada (Quicklime)	CaO	150-180
Cal hidratada (slaked lime)	Ca(OH) <sub>2</sub>	115-135
Conchilla		80-90
Cenizas de madera		40-80

## Aplicación de cal

¿Que determina la calidad de un material calcáreo?



- **Tamaño de partículas**
  - Partículas de la fracción fina se disuelven más rápidamente que de la fracción gruesa
- **Pureza**
  - % calcáreo vs % arcilla, arena y otros materiales no- calcáreos



## Suelos Calcáreos, Salinos y Alcalinos



	Análisis de Suelo			Condición Física	Necesidad de Enmienda
	CE*	PSI	pH		
Salino	>4.0	<15%	<8.4	Buena	No
Alcalino	<4.0	>15%	>8.4	Pobre	Si
Salino/Alcalino	>4.0	>15%	<8.4	Buena-Pobre	Si
Calcáreo	<4.0	<15%	7.3-8.4	Buena	No

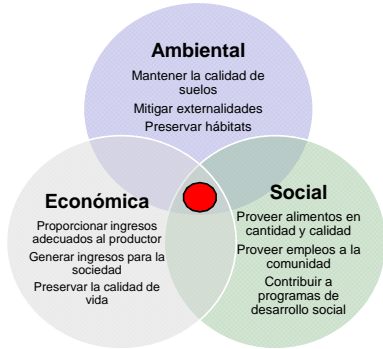
\*CE de 4.0 dS/cm para el análisis en pasta saturada -  
 \*Si es la relación 1:1 suelo:agua entonces es de 1.5

## Tolerancia Relativa de los cultivos a la presencia de Sales en el Suelo



Buena	Moderada	Pobre
Cebada	Rye grass	Trébol blanco
Remolacha Azucarera	Trigo	Trébol rojo
Colza	Avena	Trébol de cuernos
Algodón	Arroz	Manzana
Esparrago	Maíz	Naranja
Bermuda grass	Lino	Frutilla
Salt grass	Girasol	Durazno
Rye grass salvaje	Alfalfa	Apple

## Objetivos de sustentabilidad

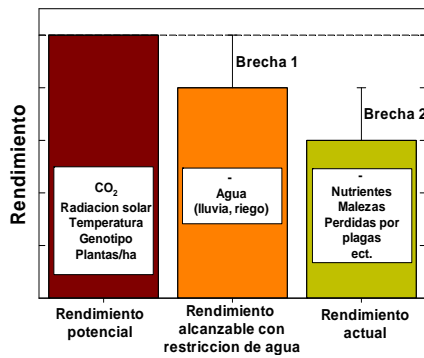


## Intensificación productiva sustentable

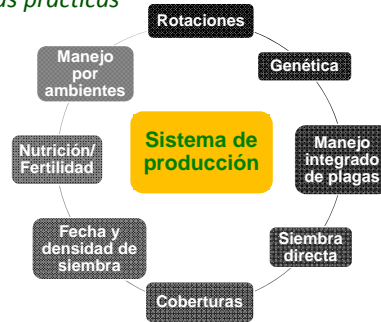
- Mayor producción por unidad de recurso y/o insumo involucrado en el espacio y el tiempo (kg/ha/año)
- Mejorar eficiencias en términos agronómicos, económicos y ambientales
- Involucra sistemas y no solamente cultivos

- Balance de nutrientes, Nutrición adecuada de cultivos y suelos
- Rotaciones
- Siembra directa
- Genética
- Manejo integrado de plagas, enfermedades y malezas
- Prácticas de manejo como cultivos de cobertura

## Las brechas de rendimiento



Trabajamos en sistemas de producción en los que las prácticas interactúan y modifican la eficiencia y efectividad de uso de otras prácticas



## Nutrientes esenciales para los cultivos

Carbono (C) - Oxígeno (O) - Hidrógeno (H)

### Macronutrientes

Nitrógeno (N) - Fósforo (P) - Potasio (K)

### Nutrientes Secundarios

Calcio (Ca) - Magnesio (Mg) - Azufre (S)

### Micronutrientes

Boro (B) - Cloro (Cl) - Cobre (Cu) - Hierro (Fe)  
 Manganeseo (Mn) - Molibdeno (Mo)  
 Níquel (Ni) - Zinc (Zn)

Cada nutriente tiene funciones específicas e irremplazables

- De los 17 nutrientes esenciales, 14 son abastecidos por el suelo
- Los micronutrientes son tan importantes como los macronutrientes, pero las cantidades requeridas son muy pequeñas

