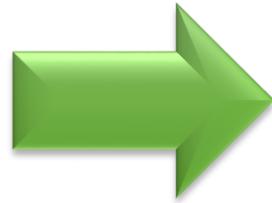


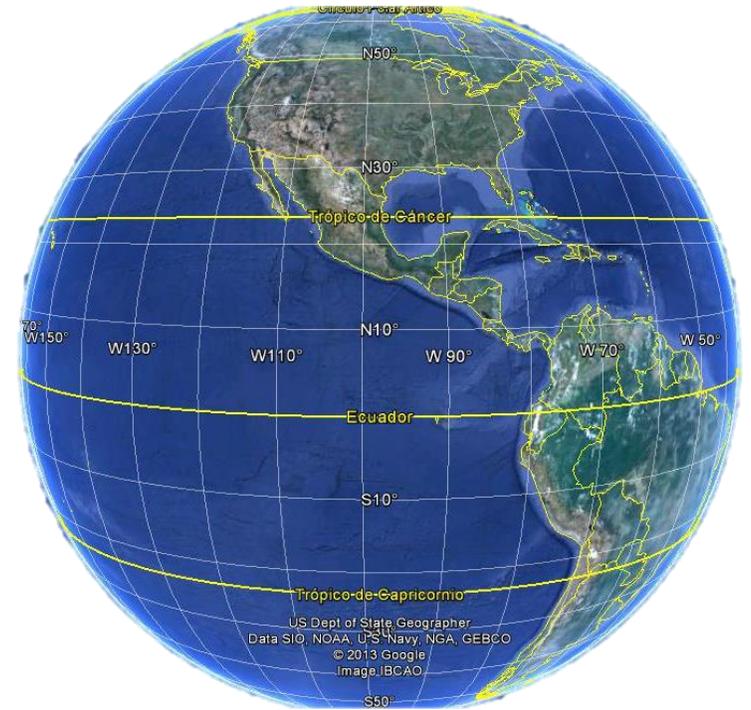
Manejo del suelo en la agricultura: El uso de abonos y microorganismos.

Formación suelo: organismos vivos

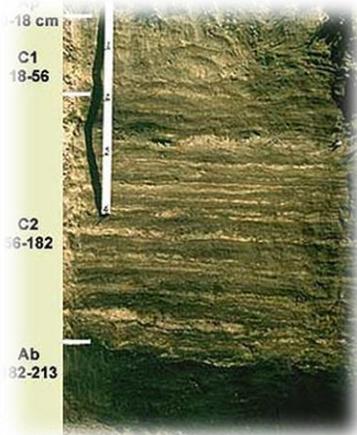


• Oxisols	23%	• Mollisols	2%
• Ultisols	20%	• Aridisols	2%
• Entisols	16%	• Andisols	1%
• Alfisols	15%	• Spodosols	1%
• Inceptisols	14%	• Histosols	1%
• Vertisols	5%	• Gelisols	-

Suelos Tropicales (23°N-23°S)



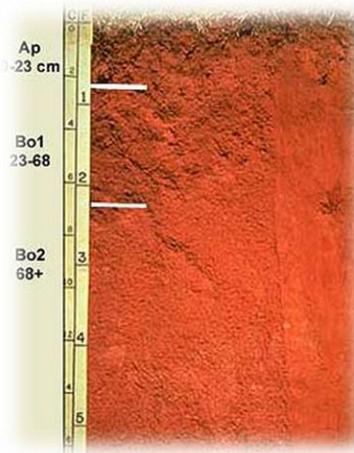
Entisols



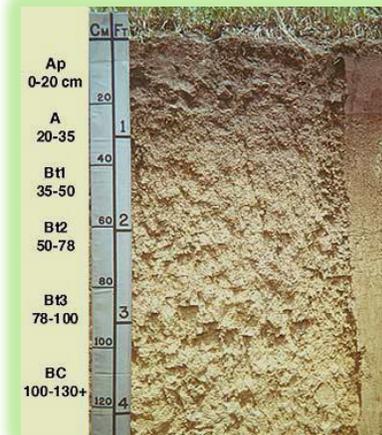
Andisols



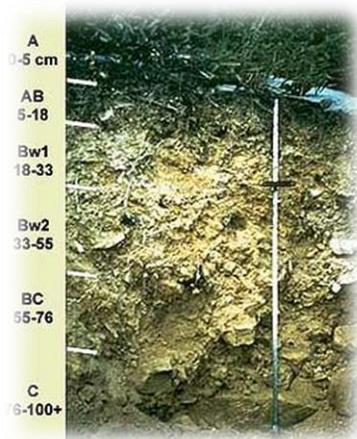
Oxisols



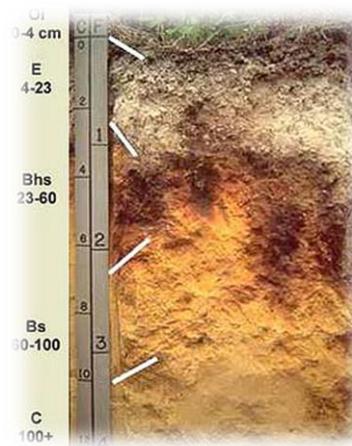
Mollisols



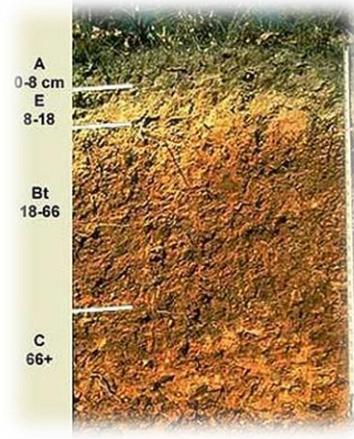
Inceptisols



Spodosols

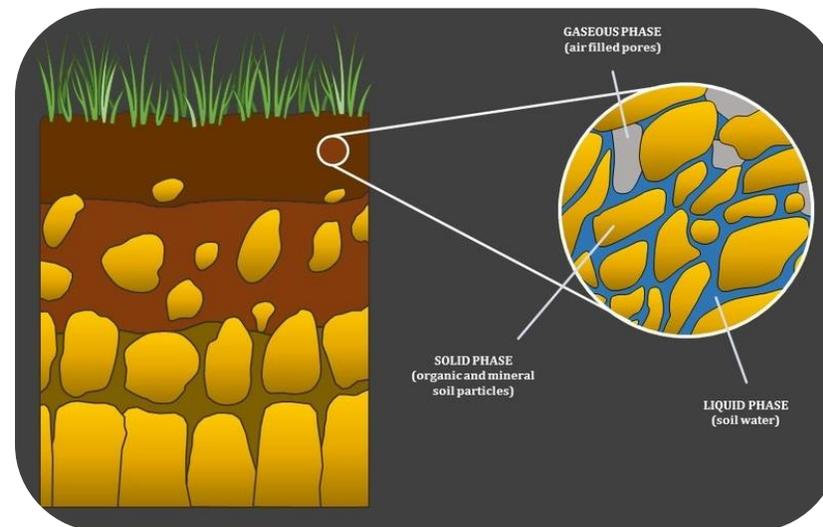


Ultisols



Componentes del suelo

- Minerales Inorgánicos
- Materia Orgánica
- Agua
- Aire
- Organismo Vivos



• Componentes del suelo

- Minerales Inorgánicos
- Materia Orgánica
- Agua
- Aire
- Organismo Vivos

O

Si

Al

Fe

Ca

Na

K

Mg

$\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3, \text{CaCO}_3$

Macronutrientes:

C

H

O

N

P

K

Ca

S

Agua y atmosfera

Déficit

Orgánico

Inorgánico

Micronutrientes:

Fe

Mn

Mo

Zn

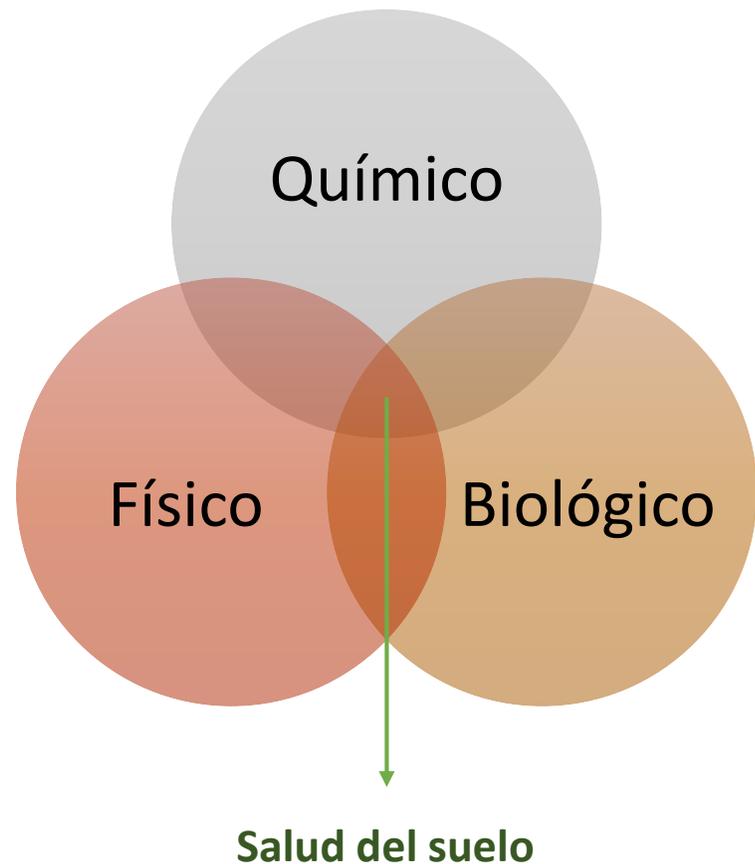
Cu

Cl

B

Co

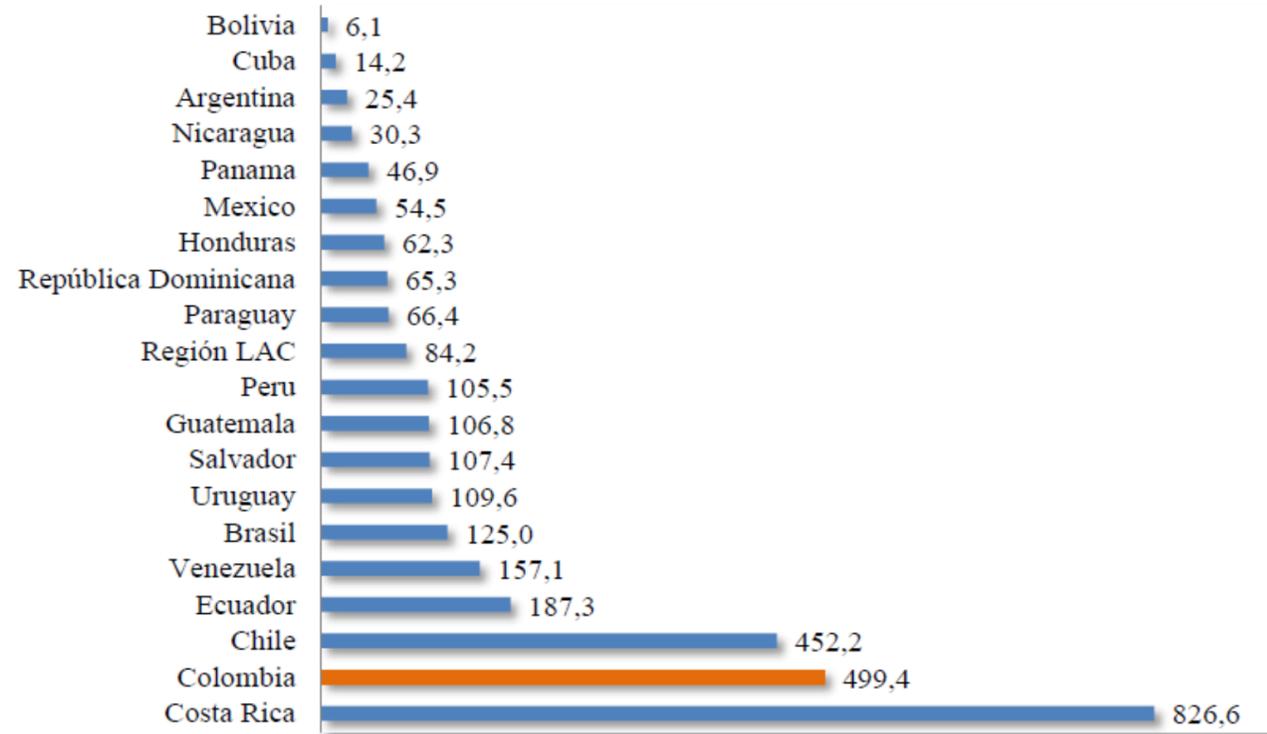
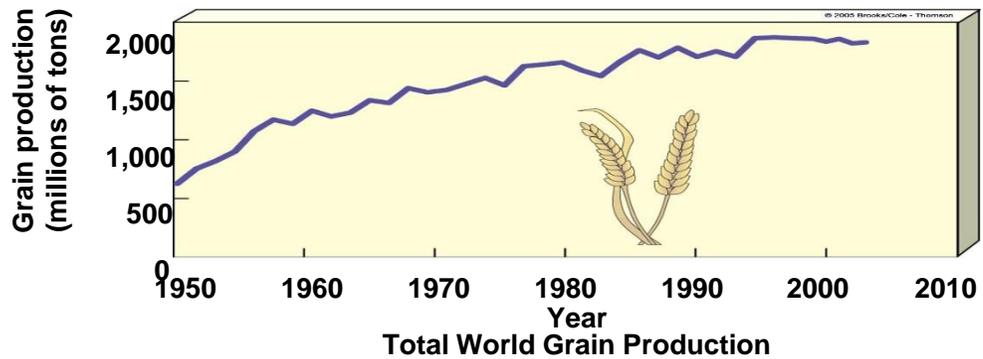
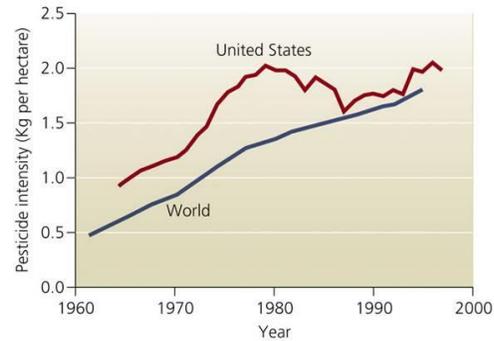
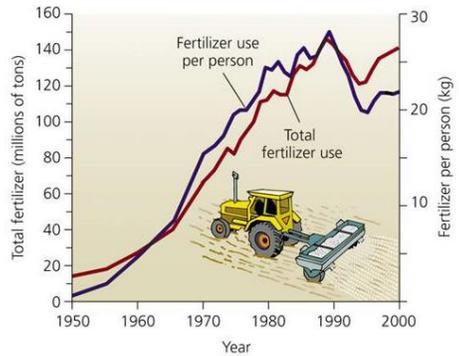
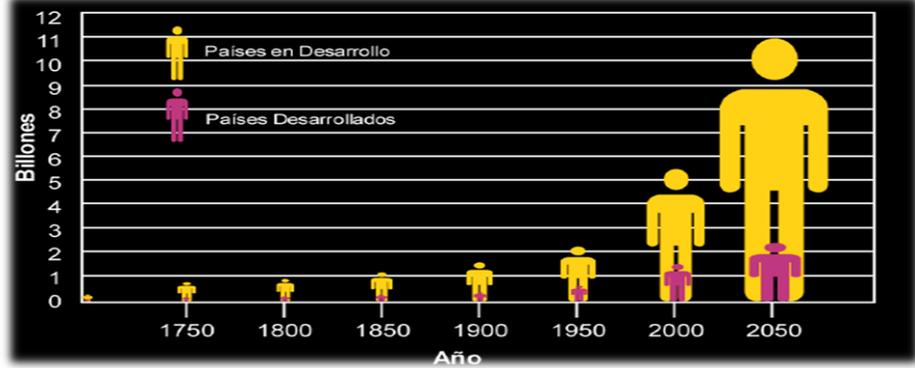
Orgánico
inorgánico



Capacidad de un tipo específico de suelo para funcionar, dentro de los límites naturales del ecosistema, para mantener la productividad de las plantas y de los animales, mantener o mejorar la calidad del aire y del agua, y apoyar la salud humana y la habitabilidad.

(Agronomy News, June 1995)

Los Organismos del suelo están involucrados en casi todos los aspectos de calidad del suelo



Fuente: elaboración GEE-SIC a partir de Banco Mundial (2013).

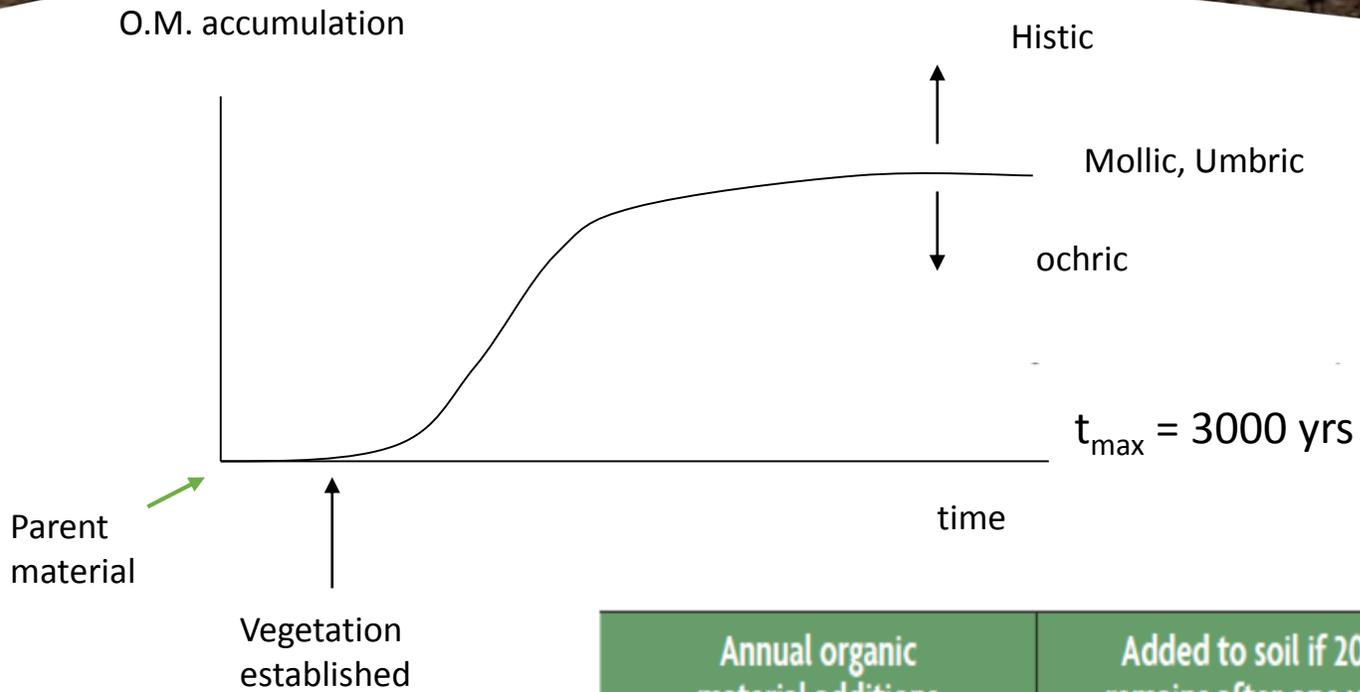
Fertilizantes inorgánicos



- ✓ Fáciles de transportar, almacenar y aplicar
- ✓ Económicos de producir
- ✓ Fundamentales para la producción de alimentos
- ✓ No aportan humus y reducen la materia orgánica
- ✓ Reduce la retención agua y oxígeno
- ✓ Requieren grandes cantidades de energía para producir, transportar, y aplicar
- ✓ Efecto invernadero (CO_2 y N_2O)
- ✓ Efectos negativos de escorrentía y lixiviación.

***Sin fertilizantes la producción mundial de alimentos podría caer un 40%**

Acumulación de la materia orgánica



Estimated Levels of Soil Organic Matter after Many Years with Various Rates of Decomposition (Mineralization) and Residue Additions*). Fred Magdoff and Harold Van Es

		Annual rate of SOM decomposition (%)				
		Fine textured, poorly drained		Coarse textured, well drained		
		1	2	3	4	5
Annual organic material additions	Added to soil if 20% remains after one year					
-----lbs per acre per year-----		-----final % organic matter in soil-----				
2,500	500	2.5	1.3	0.8	0.6	0.5
5,000	1,000	5.0	2.5	1.7	1.3	1.0
7,500	1,500	7.5	3.8	2.5	1.9	1.5
10,000	2,000	10.0	5.0	3.3	2.5	2.0



Crecimiento y desarrollo vegetal, sólo aplicando fertilizantes?.



Los cultivos sólo necesitan NPK?



La nutrición vegetal depende exclusivamente de la cantidad aplicada?

Cambio en la investigación agrícola

ENFOQUE

- ✓ **Productividad**
- ✓ **Eficiencia**
- ✓ **Nuevas variedades**
- ✓ **Control de plagas**
- ✓ **Fertilización**

- ✓ Efectos sobre el medio ambiente
- ✓ Diversidad biológica
- ✓ Bienestar de los animales
- ✓ Degradación del suelo
- ✓ Calidad del alimento

Sostenibilidad

PARTES INTERESADAS

- ✓ **Agricultores**

- ✓ Agricultores
- ✓ Políticos
- ✓ Consumidores
- ✓ NGO's

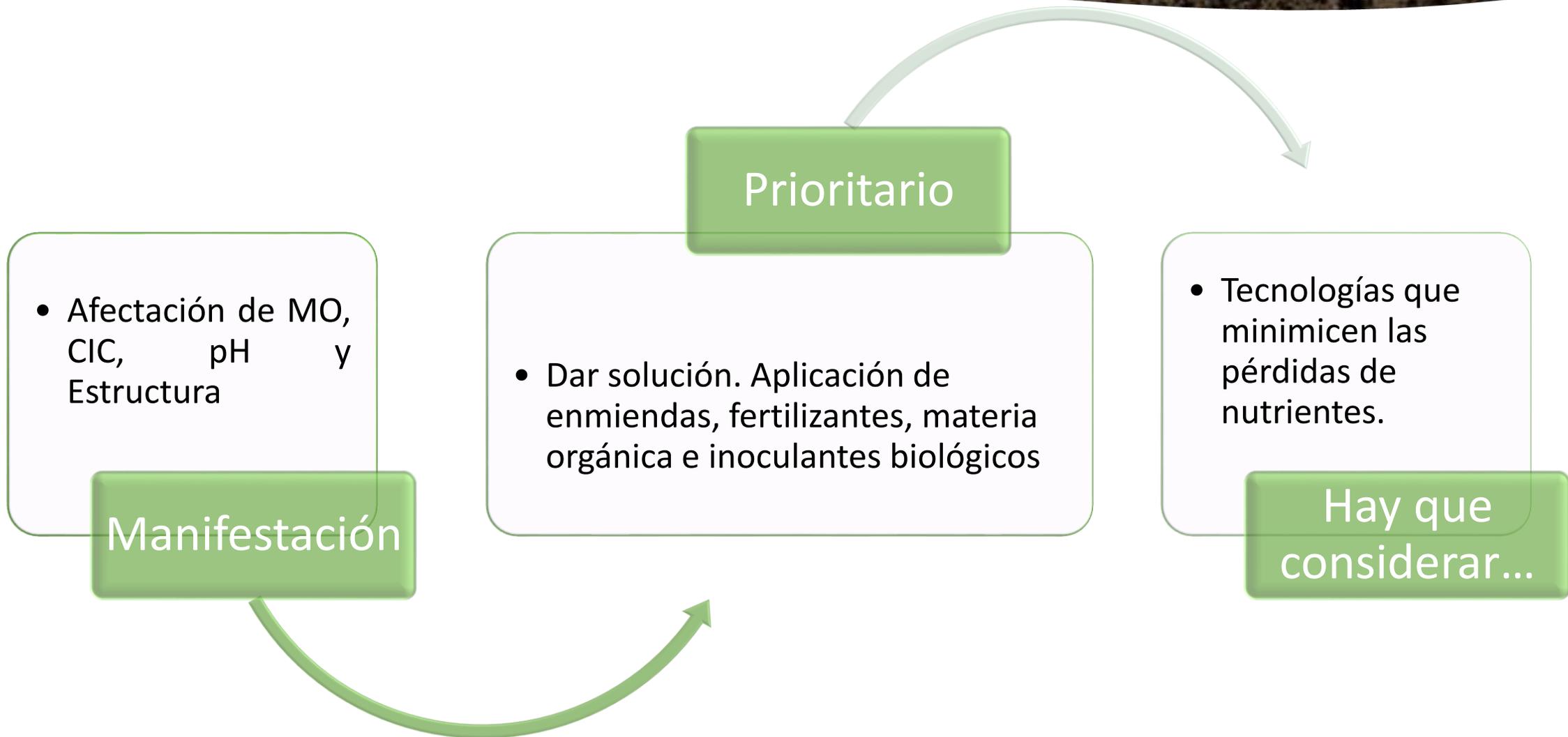
Sociedad

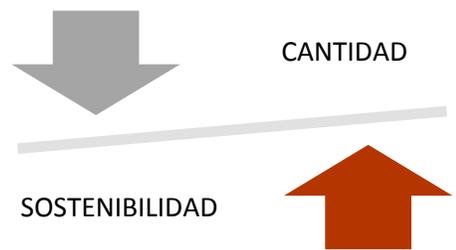
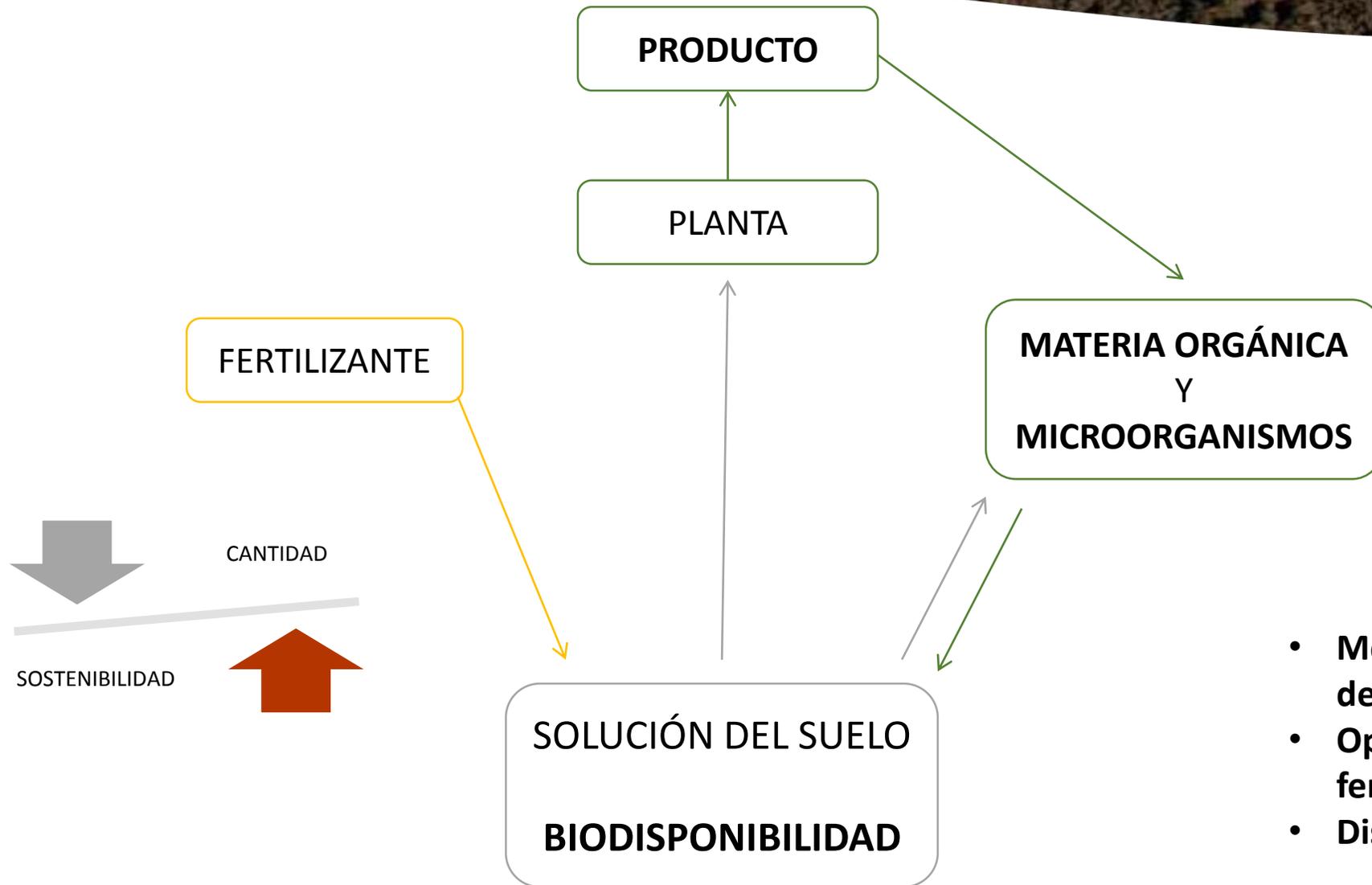
MANEJO DEL SUELO

- ✓ **Abonos orgánicos**
- ✓ **Tráfico ligero**
- ✓ **Labranza de baja energía**
- ✓ **Rotación**

- ✓ Fertilizantes inorgánicos
- ✓ Tráfico pesado
- ✓ Alta energía en la labranza
- ✓ Monocultivos

Suelo en situación de stress





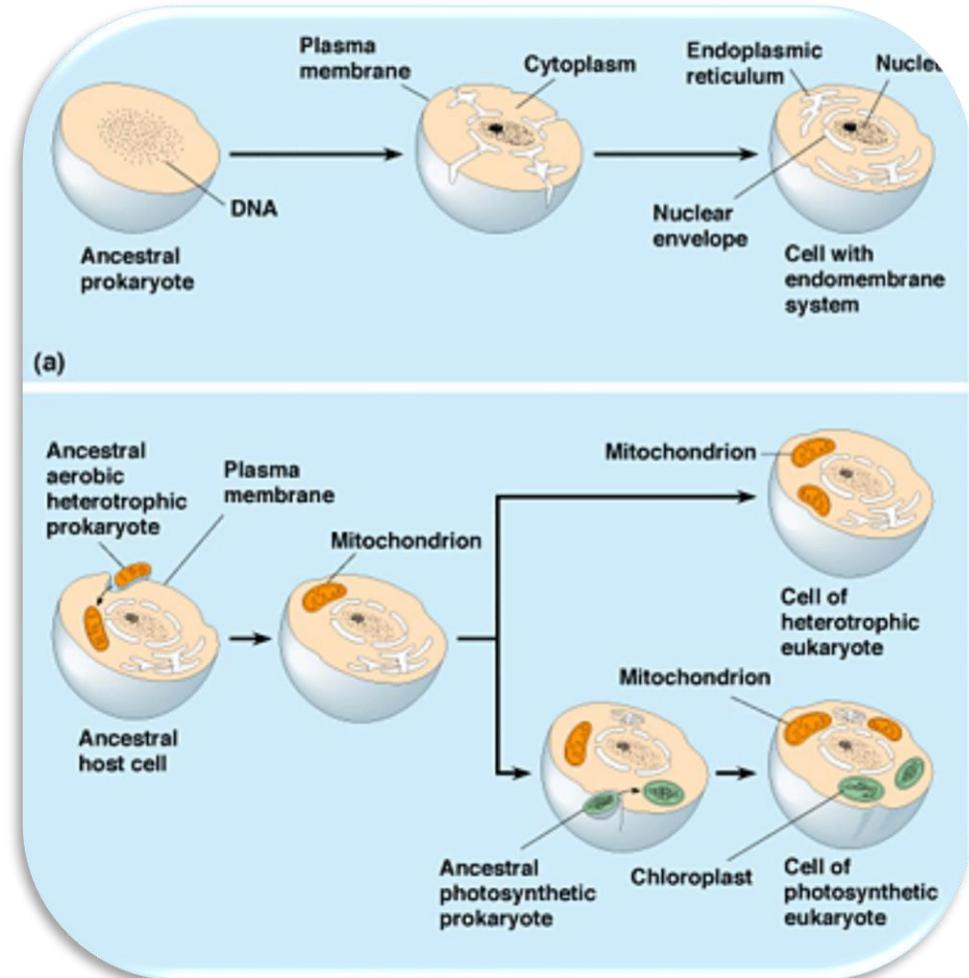
- **Mejorar eficiencia en la absorción de nutrientes**
- **Optimizar aplicación de fertilizantes**
- **Disminuir pérdidas de nutrientes**

a. Endomembrana

b. Endosimbiosis .
Mitocondrias y cloroplastos.

Origen vegetales acto coevolutivo de innumerables organismos participantes.

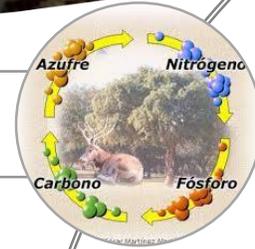
Aprovechar relaciones plantas y microorganismos en esquemas de manejo agrícola.



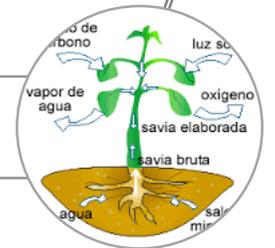
Symbiosis in the origin of the eukaryotes

Influencia directa de los microorganismos sobre las plantas

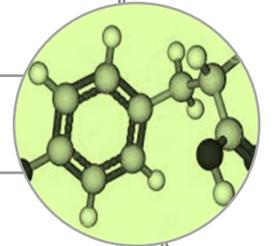
Reciclado y solubilización de nutrientes



Producción de agentes quelantes



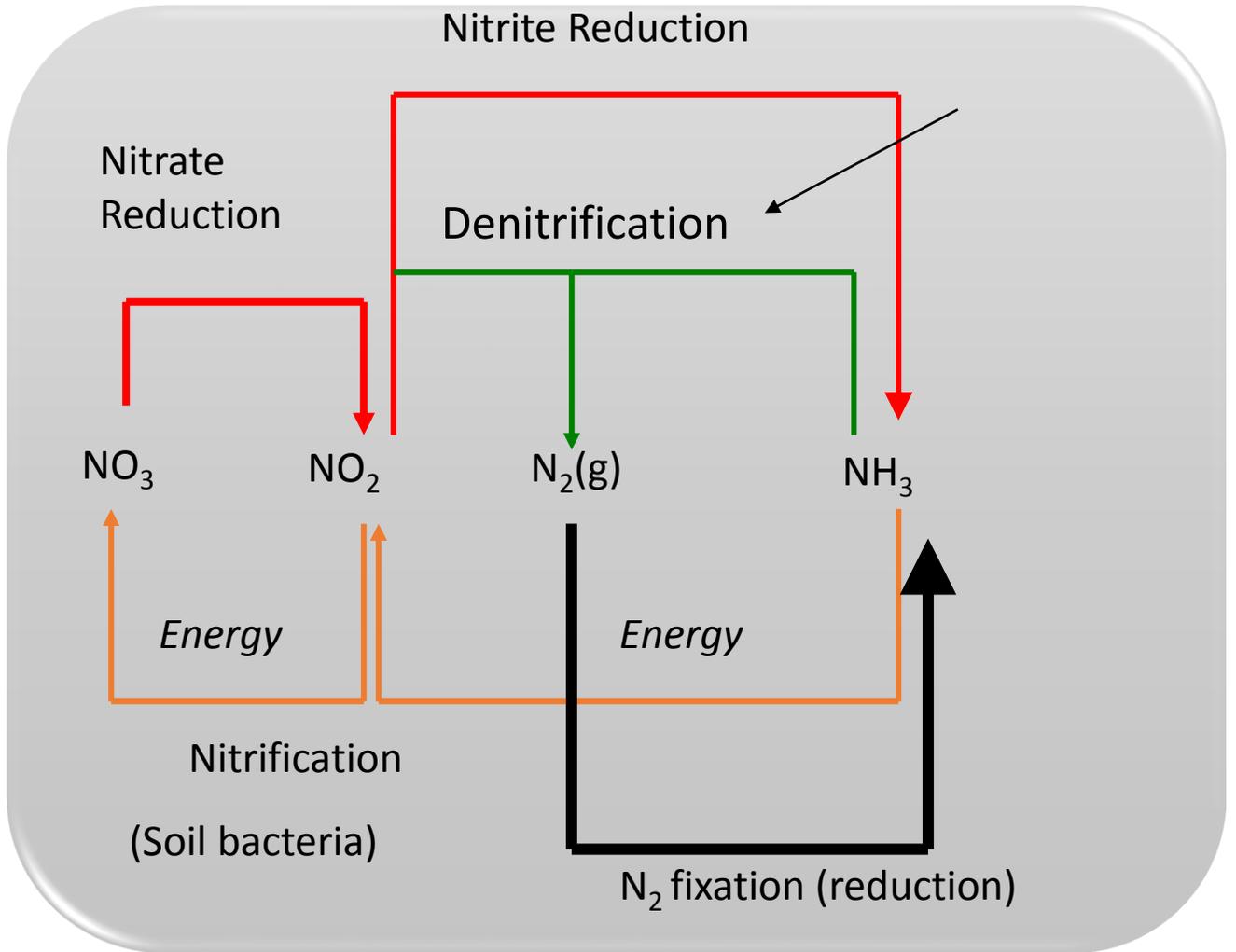
Síntesis de vitaminas, aminoácidos, hormonas, antibióticos



Síntesis de sustancias alelopáticas (antagónicas)



	BACTERIA	VEGETAL	ANIMAL
Nitrogen fixation	SI	NO	NO
Nitrate Reduction	SI	SI	NO
Nitrite Reduction	SI	SI	NO
Nitrification	SI	NO	NO
Denitrification	SI	NO	NO
NH ₃ Assimilation	SI	SI	SI
Amino Acid Synthesis	SI	SI	SI



Los microorganismos del suelo...

alternativa viable, sostenible y amigable para mejorar la nutrición vegetal

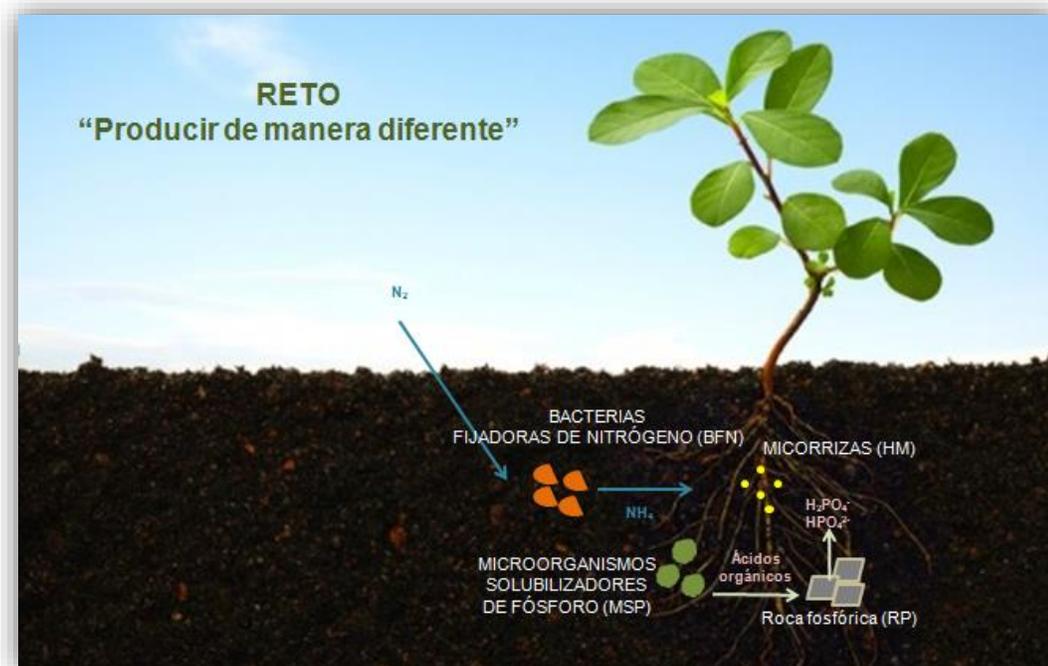
**Baja disponibilidad
nutrientes**

- HFM
- MSP
- FBN
- TMO
- Controladores Biológicos

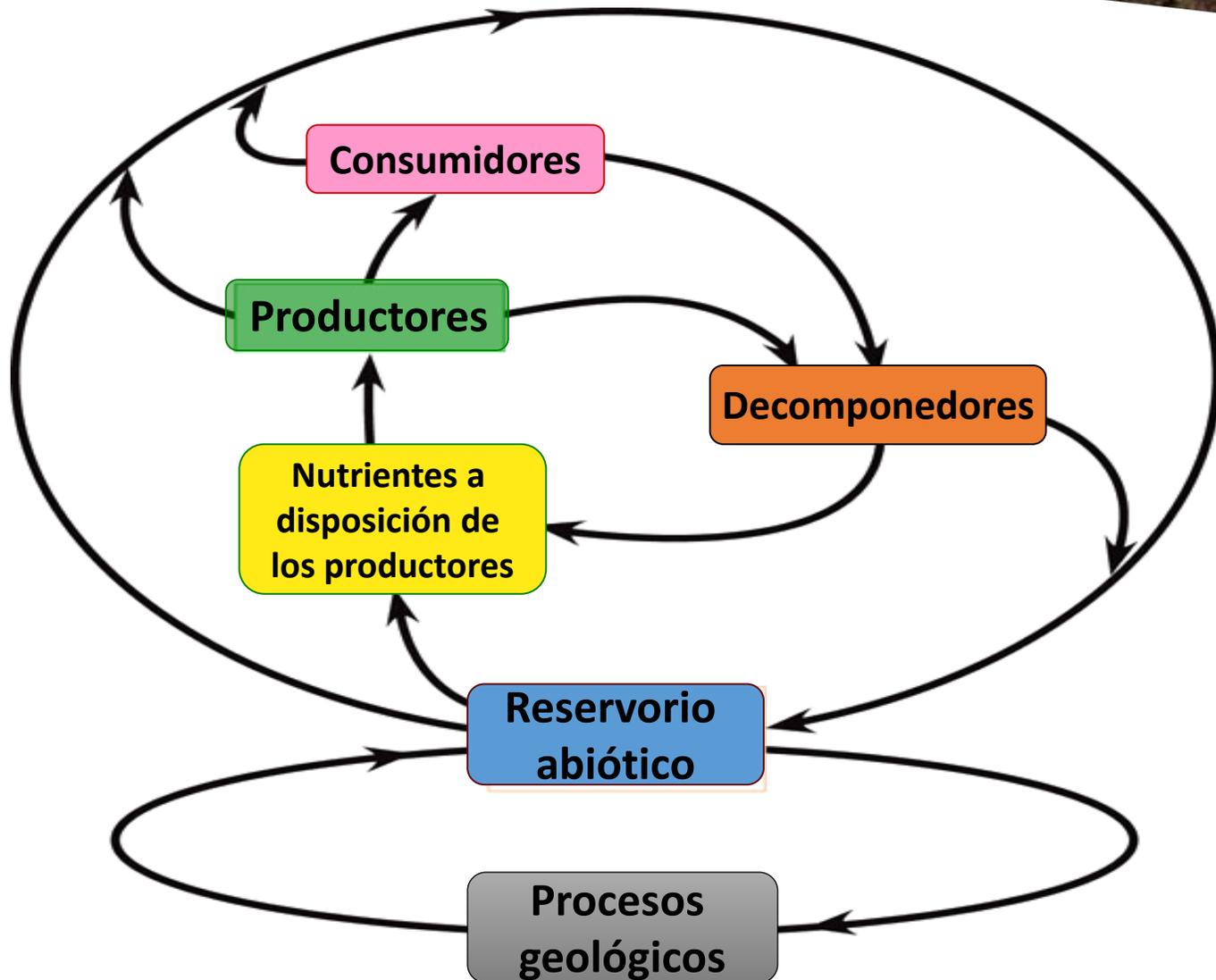


**Alta cantidad de
fertilizantes ??**

- BAJA eficiencia... generar alternativas biotecnológicas viables, de fácil aplicación.

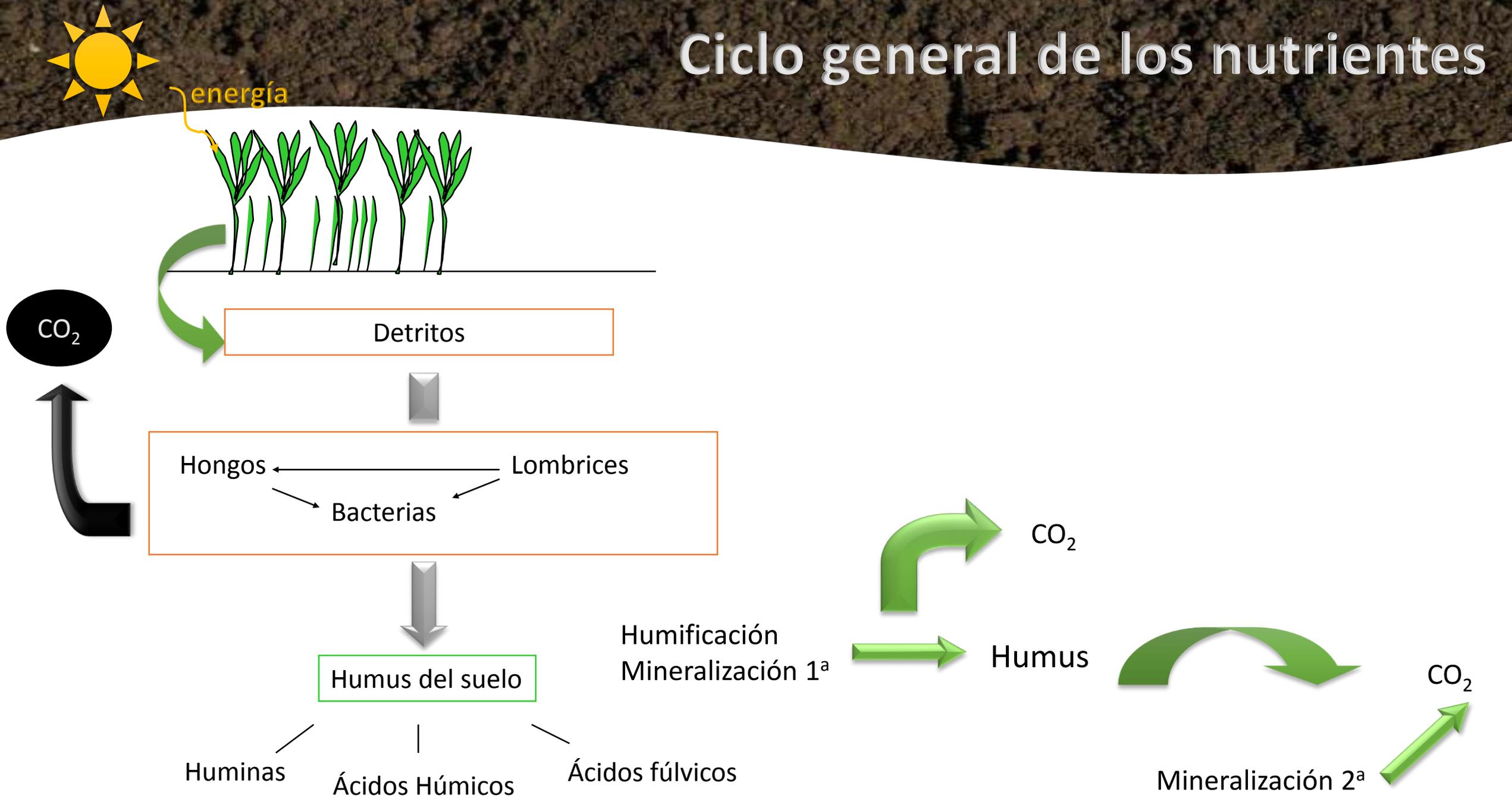


Ciclo general de los nutrientes

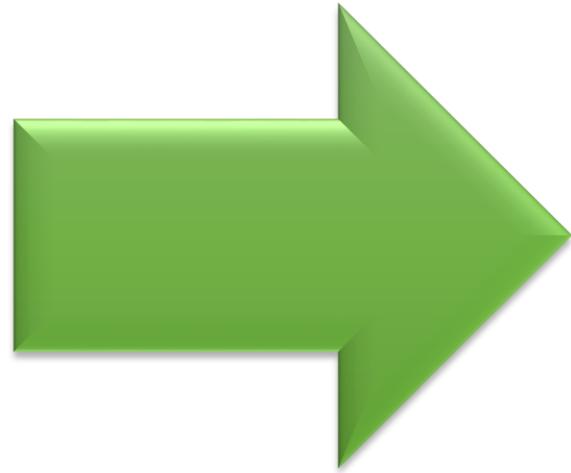


La descomposición conecta todos los sistemas tróficos

Ciclo general de los nutrientes



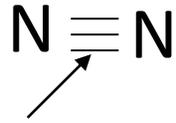
¿Características fisiológicas de
inoculantes?



¿Qué factores controlan la actividad y
dinámica poblacional?

- ✓ Nutrientes
- ✓ Carbono y fuentes de energía
- ✓ Fracción activa- Composición iónica
- ✓ Factores de crecimiento
- ✓ Disponibilidad de agua -Composición atmosférica
- ✓ Temperatura - Presión
- ✓ Radiación electromagnética
- ✓ pH -Eh.
- ✓ Interacciones entre microorganismos

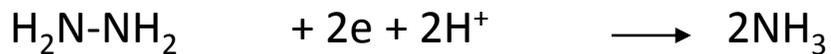
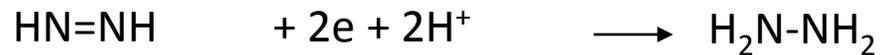
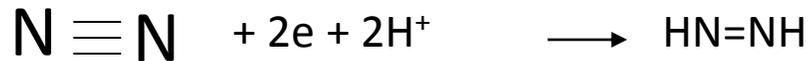
¿Por qué el nitrógeno es difícil de dividir?



Triple bond

945 kJ per mole

(C-C Bond is 347 kJ per mole)

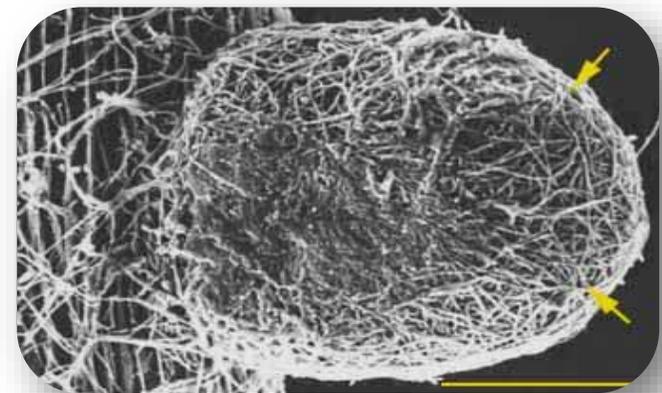
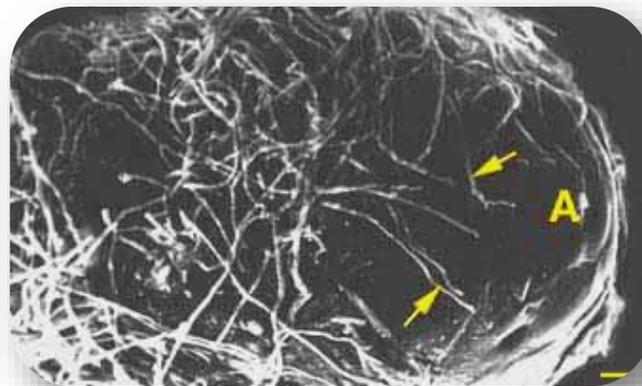
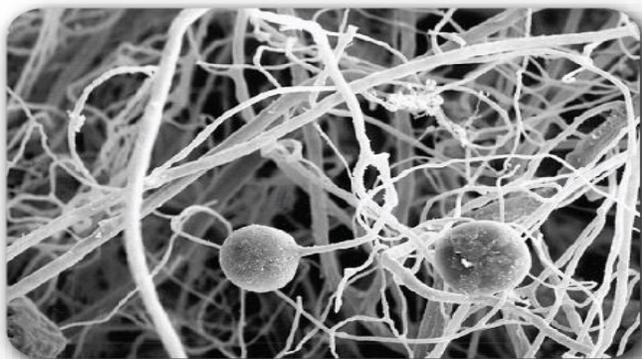
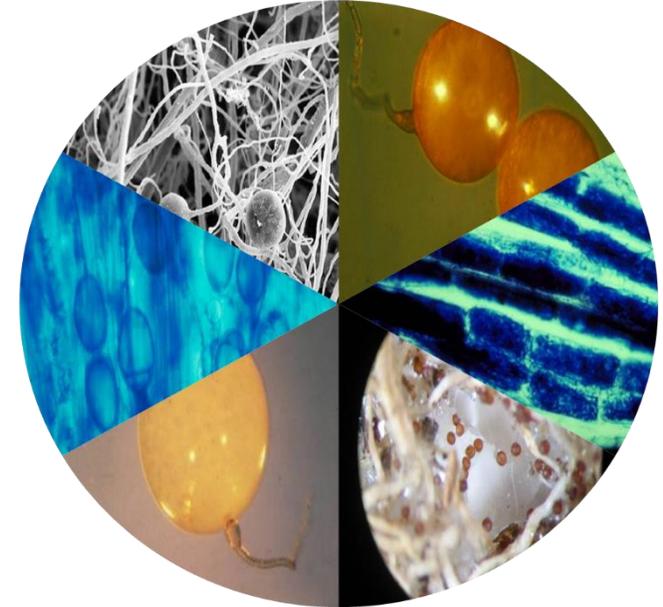
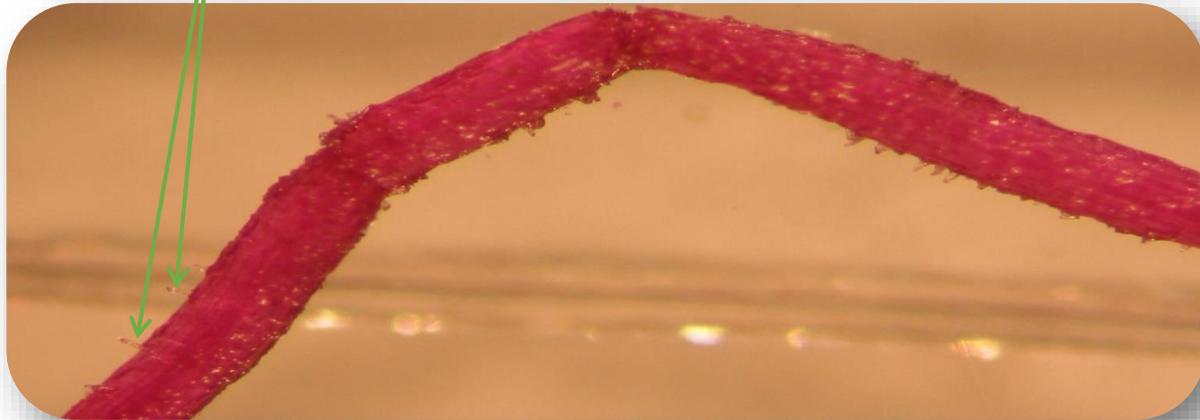


- ✓ N_2 reducción es termodinámicamente favorable
- ✓ Cinética?
- ✓ 16 ATP provee la energía de activación
- ✓ Nitrogenasa es muy sensible al oxígeno
- ✓ Imitar catálisis nitrogenasa.??



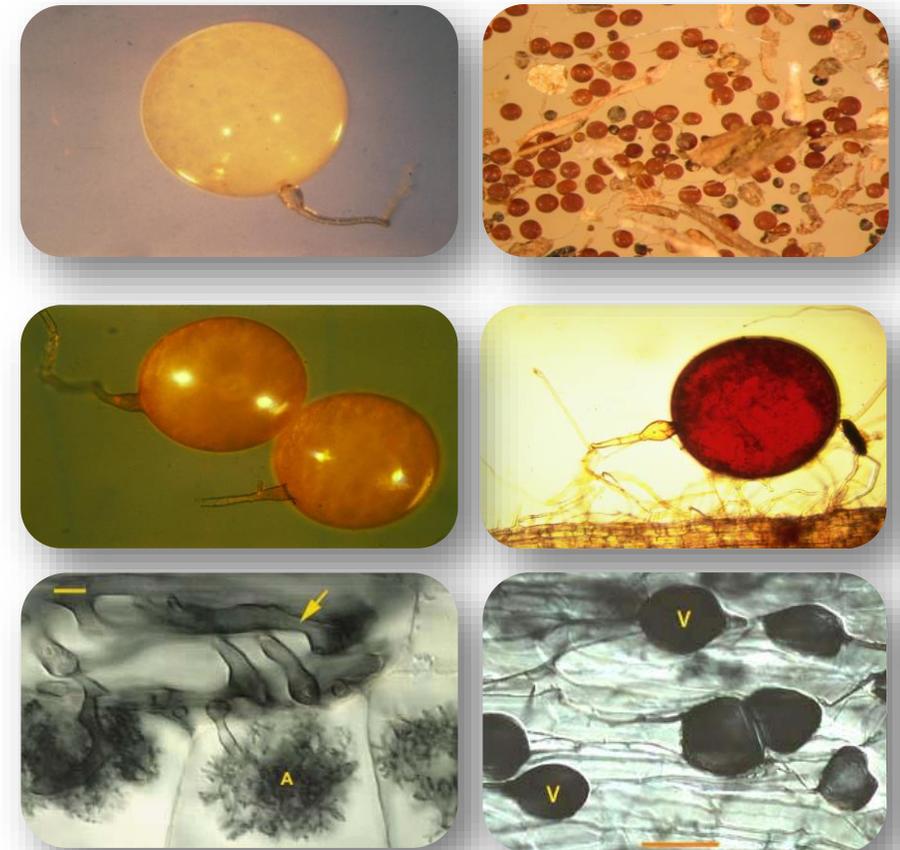
Micorriza

Pelo absorbente



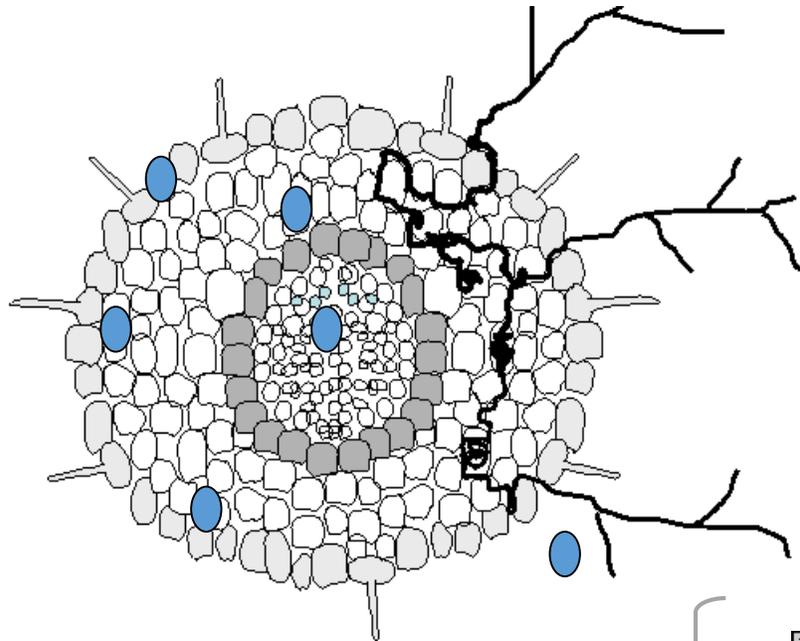
Efecto benéfico del uso de micorrizas

- ✓ Nutrición de las plantas
- ✓ Defensa de los suelos contra la degradación
- ✓ Protección fitosanitaria



Mecanismos para mejorar la nutrición vegetal

- ✓ Mayor volumen de suelo explorado:
Efecto físico
- ✓ Mayor afinidad por el fósforo
- ✓ Induce elongación y bifurcación de la raíz
- ✓ Zona de agotamiento



30	65,37 2
88 419,5 7,14	
Zn	
(Ar)3d ¹⁰ 4s ²	
Cinc	

15	30,9738 ±3,5
280 44,2 1,82	
P	
(Ne)3s ² 3p ³	
Fósforo	

29	63,54 1,2
200 1887 8,90	
Cu	
(Ar)3d ¹⁰ 4s ¹	
Cobre	



7	14,0067 1,2,±34,5
-183 -218,8 0,81	
N	
1s ² 2s ² 2p ³	
Nitrógeno	

19	39,098 1
749 84,2 8,86	
K	
(Ar)4s ¹	
Potasio	

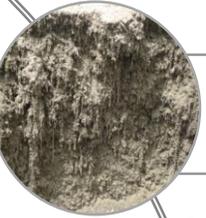
20	40,08 2
1448 838 1,55	
Ca	
(Ar)4s ²	
Calcio	

12	24,305 2
1447 838 1,74	
Mg	
(Ne)3s ²	
Magnesio	

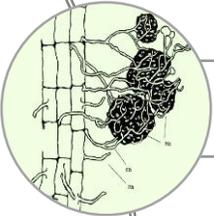
16	32,064 ±24,8
444,6 119,0 2,07	
S	
(Ne)3s ² 3p ⁴	
Azufre	

26	55,847 2,3
3668 1256 7,94	
Fe	
(Ar)3d ⁶ 4s ²	
Hierro	

Beneficios y atributos



Micro hábitat favorables para los microorganismos



Agregados estables al agua



Tolerancia a factores abióticos adversos

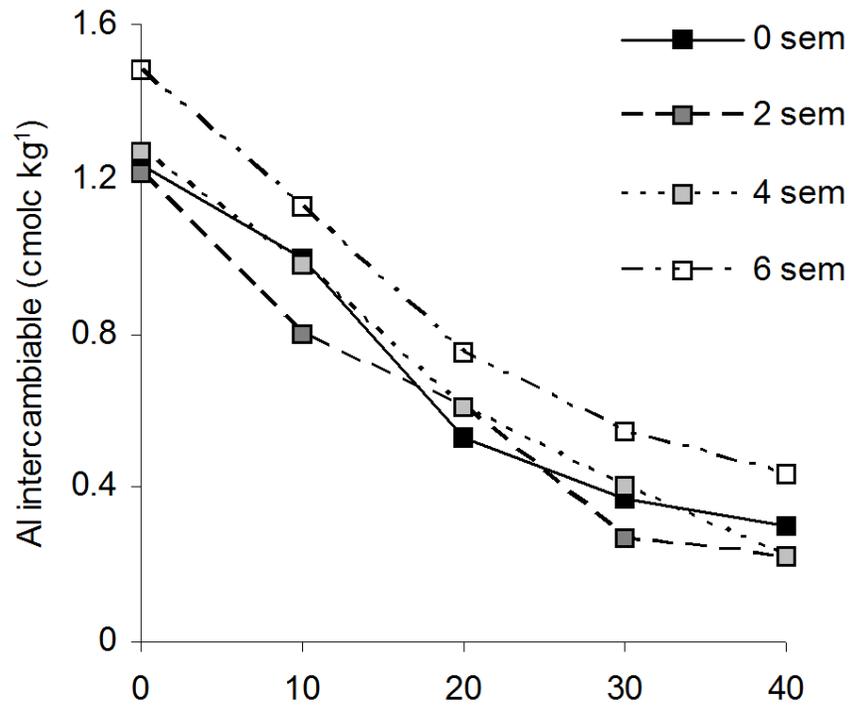


Tolerancia de la raíz a patógenos/parásitos

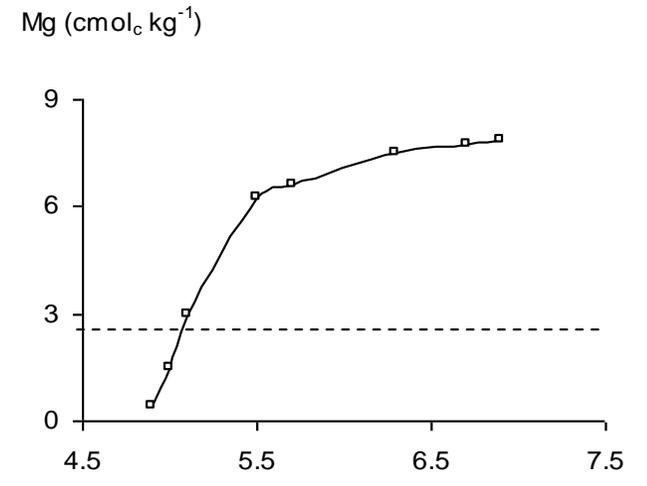
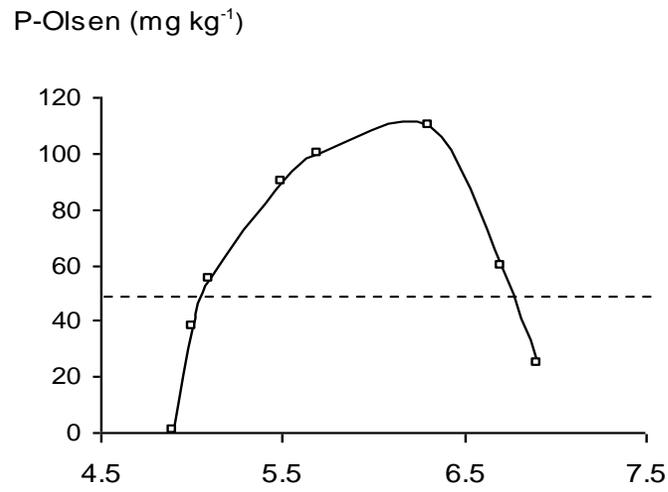
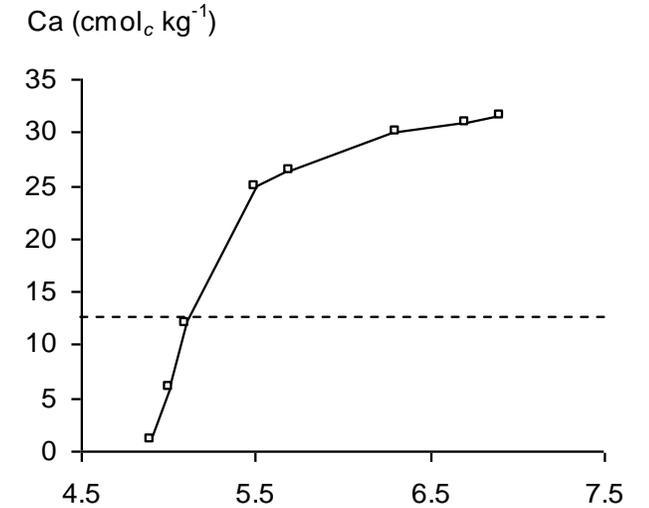
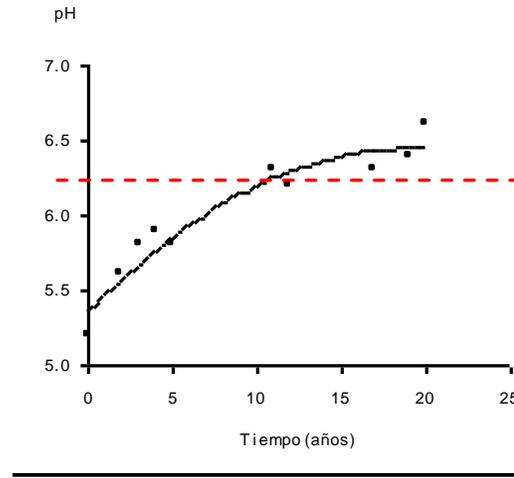


Sustancias de crecimiento al hospedero

¡Sobreencalamiento!



Efecto de la dosis de MO COMPOSTADA en Ton/ha sobre el Al intercambiable en un Oxisol de Brasil incubado por diferentes períodos (semanas). (Estrada et al., 1995)



Cuadro N°. 2. Efecto de *Glomus intraradices* (cepa de colección) y *Glomus spp.* (aislado nativo), sobre el contenido en nutrientes de plantas micropropagadas de platanera variedad Gran Enana, siete semanas después de la inoculación con los hongos MA (fase post vitro)

Tratamiento ¹	Parte aérea	Contenido en nutrientes (mg/planta)		
	Peso seco (mG) ¹	N	P	K
Control	618 b	29.97 c	2.03 c	115.67 c
<i>G. intraradices</i>	1109 a	63.19 b	4.33 b	215.57 b
<i>Glomus spp.</i>	1075 a	91.82 a	6.21 a	237.35 a

¹Media de 10 repeticiones. Dentro de cada columna, las cifras seguidas de una misma letra no son estadísticamente significativas aplicando el Test de Tukey (P< 0.05)

Element	No Mycorrhizae	With Mycorrhizae
Phosphorus	750	1340
Potassium	6,000	9,700
Calcium	1,200	1,600
Magnesium	430	630
Zinc	28	95
Copper	7	14
Manganese	72	101
Iron	80	147

Cuadro 2. Efecto de la aplicación de hongos formadores de micorriza arbuscular sobre las variables de crecimiento y la colonización micorrícica en raíces, evaluada 150 días después de la inoculación de HMA.

Tratamiento	Sin nematodos fitoparásitos			Con nematodos fitoparásitos		
	Peso fresco de raíces (g)	Masa seca (g)	% Col. Micorrícica	Peso fresco de raíces (g)	Masa seca (g)	% Col. Micorrícica
<i>G. fistulosum</i>	8.9 b [†]	3.7	3 a	9.0	3.0 b	0 a
<i>G. fasciculatum</i>	13.5 ab	4.4	1 a	13.9	4.2 ab	0 a
Mezcla de HMA	21.9 a	5.5	41 b	17.6	5.5 a	40 b
Control sin HMA	15.4 ab	4.2	0 a	11.5	3.3 b	0 a
Efecto del Tratamiento ¹	*	ns ¹	**	ns	*	**

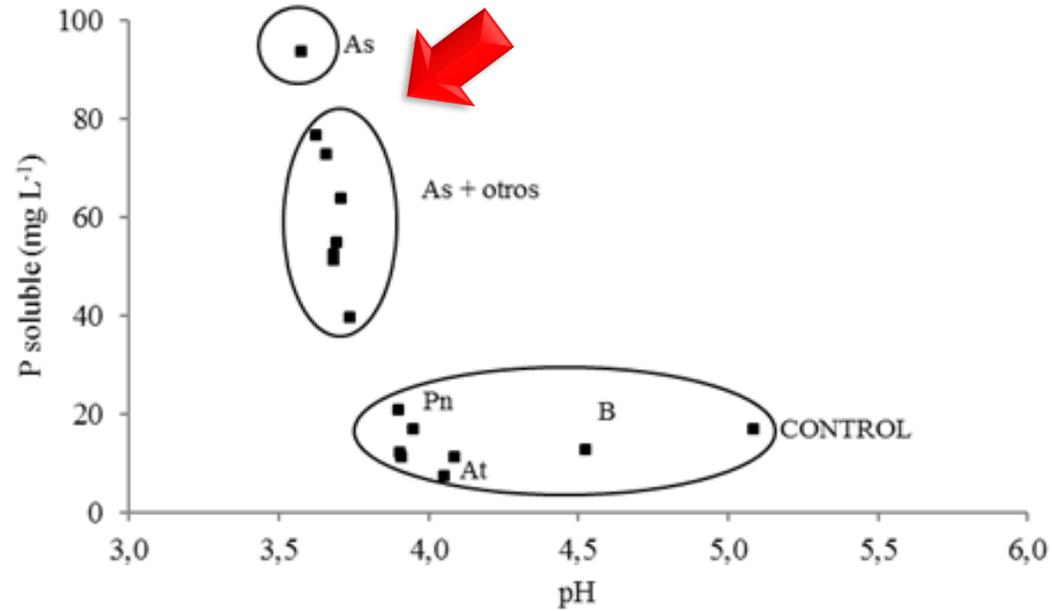
[†] Promedios en cada columna seguidos por letras iguales no difieren entre sí, según la prueba de rango múltiple de Tukey (P ≤ 0.05).

¹ns: interacción estadísticamente no significativa; *: significativa a P ≤ 0.05; **: altamente significativa a P ≤ 0.001.

Cuadro N°. 5. Area afectada del rizoma por *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* (Foc) y colonización radical por hongos MA en platanera micropropagada cultivar Gran Enana al fin de ensayo (cinco meses después de la micorrización y tres después de la inoculación con Foc)

Tratamiento ¹	Rizoma necrosado ² (%)		Colonización micorrícica (%)
	1/3	1/4	
FOC	36 a	57 a	-
<i>Glomus intraradices</i>	-	-	76 a
<i>Glomus spp.</i>	-	-	44 c
<i>Glomus intraradices</i> +Foc	19 a	39 b	56 b
<i>Glomus spp.</i> + Foc	25 a	42 b	23 d

¹Media de 12 repeticiones. Dentro de cada columna, las cifras seguidas de una misma letra no son estadísticamente significativas aplicando el Test de Tukey (P < 0.05). Los datos han sido transformados en arcoseno para su análisis. ²Observaciones sobre cortes a distintos niveles en el rizoma (1/3 y 1/4)



Relación entre la concentración de P soluble y el pH del medio. La letras indican el tipo de microorganismo(s) empleado como inóculo (As: *A. niger*, At: actinomiceto; B: bacteria; Pn: *Penicillium* sp.).



Aspergillus niger



Masa seca aérea en función de la inoculación o no de *A. niger*. Las barras representan el error estándar. Las columnas con letras diferentes son significativamente diferentes entre sí, según la prueba de rangos múltiples de Duncan ($p < 0.05$).

**Producción kg MS/ha - Santa Rosa de Osos
Cosecha 1**

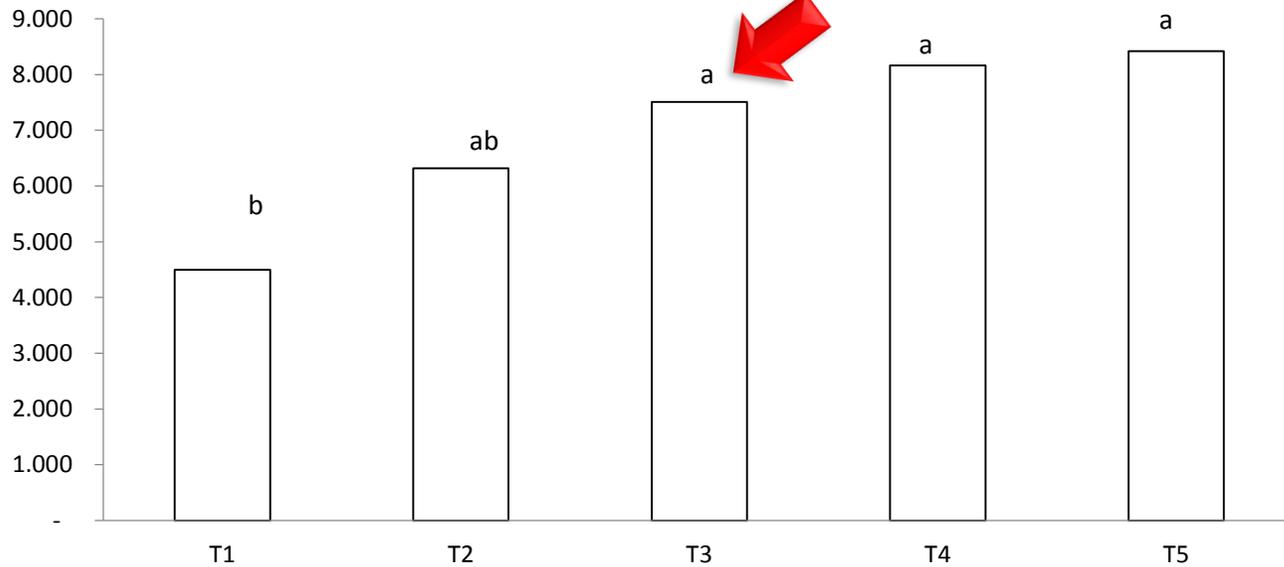


Gráfico9. Producción de Forraje Seco kg/ha en función de los tratamientos. Las columnas con letras diferentes son significativamente diferentes entre sí, según la prueba de rangos múltiples de Duncan ($p \leq 0.05$)



Tratamiento	Nombre	Dosis kg/ha	Época de aplicación
1	Fertilización Edáfica	200	Se hará aplicación por dos pastoreos consecutivos. La primera a los 5 días después del primer pastoreo para homogenizar y la segunda 5 después del segundo pastoreo.
2	PERMAXION PASTOS MANTENIMIENTO	100	
3	PERMAXION PASTOS MANTENIMIENTO	150	
4	PERMAXION PASTOS MANTENIMIENTO	200	
5	PERMAXION PASTOS MANTENIMIENTO	250	

T1	781
T2	657,25
T3	690,75
T4	840,5
T5	849,75

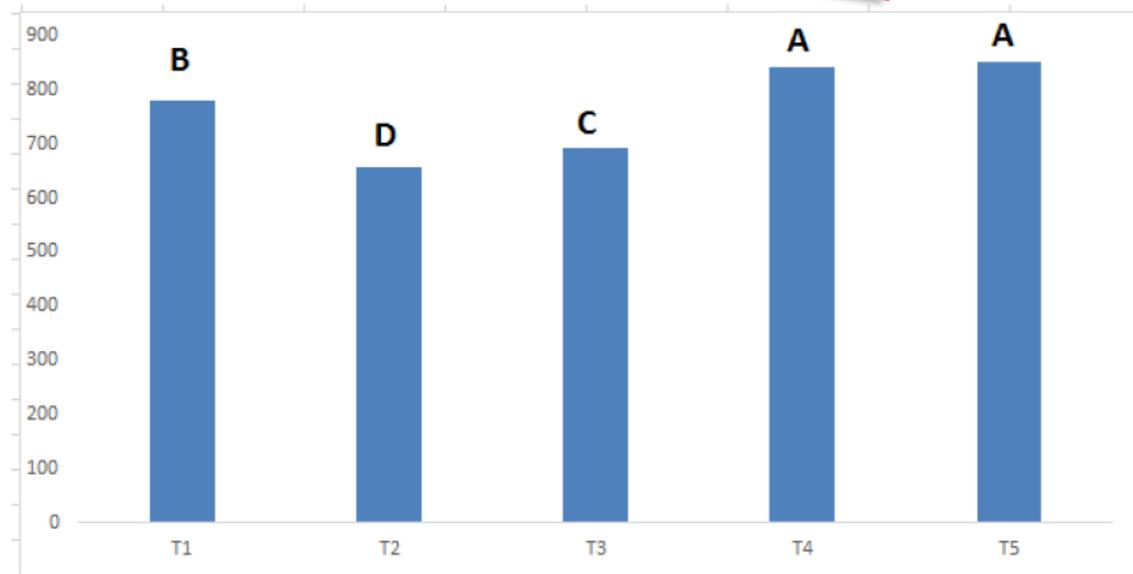


Gráfico 1. Comparación de la producción en Kg de fruta de Aguacate para la localidad 1. Las columnas con letras diferentes son significativamente diferentes entre sí, según la prueba de rangos múltiples de Duncan ($p \leq 0.05$)

Tratamiento	Nombre	Dosis kg/árbol/año	Época de aplicación
1	Fertilización Edáfica	4,5	Se realizan aplicaciones cada dos meses, antes de la floración en el estado de botones florares, dosis repartida en 6 aplicaciones al año.
2	PERMAXION AGUACATE PRODUCCIÓN	3	
3	PERMAXION AGUACATE PRODUCCIÓN	4,5	
4	PERMAXION AGUACATE PRODUCCIÓN	6	
5	PERMAXION AGUACATE PRODUCCIÓN	7,5	

T1	803,5
T2	752
T3	811
T4	851,25
T5	863,75

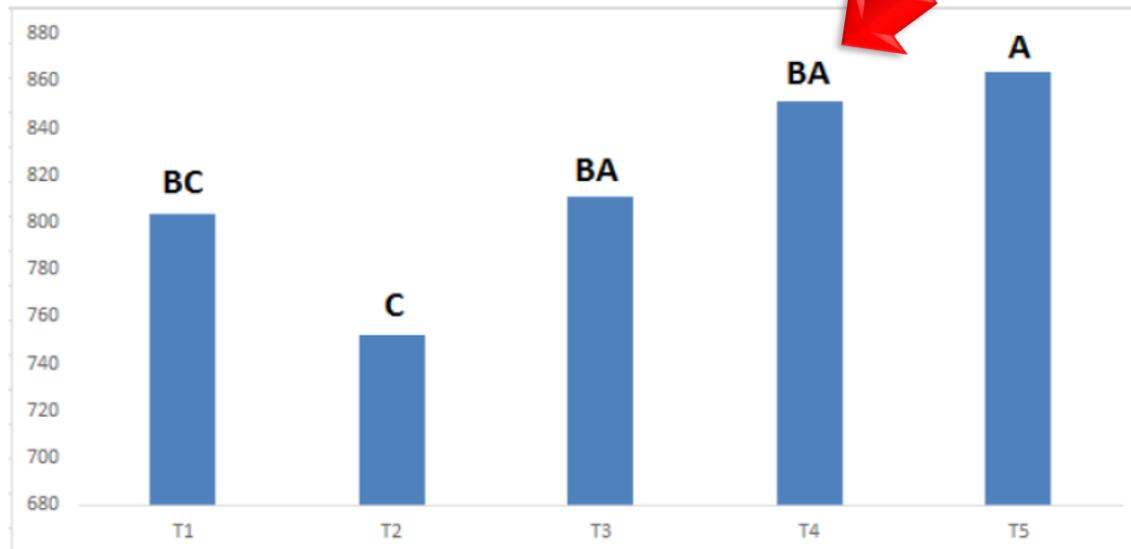


Gráfico 2. Comparación de la producción en Kg de fruta de Naranja para la localidad 2. Cada barra corresponde al promedio de cada tratamiento (cuatro repeticiones). Las columnas con letras diferentes son significativamente diferentes entre sí, según la prueba de rangos múltiples de Duncan ($p \leq 0.05$)



Tratamiento	Nombre	Dosis kg/árbol/año	Época de aplicación
1	Fertilización Edáfica Fertilizante Químico	4,5	Dosis repartida en cuatro veces al año, cada tres meses, dirigido a la gotera del árbol, antes de la floración en el estado de botones florales.
2	Permaxion Naranja Producción	1.5	
3	Permaxion Naranja Producción	3.0	
4	Permaxion Naranja Producción	4.5	
5	Permaxion Naranja Producción	6.0	



Producción (g) en 20 m²

T1	16610
T2	23020
T3	26495
T4	25965
T5	27245

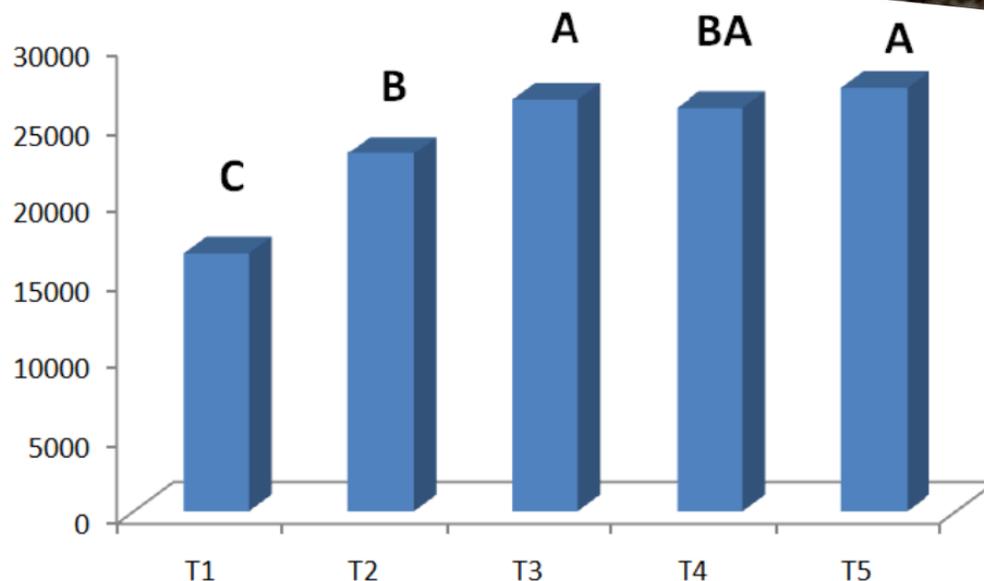
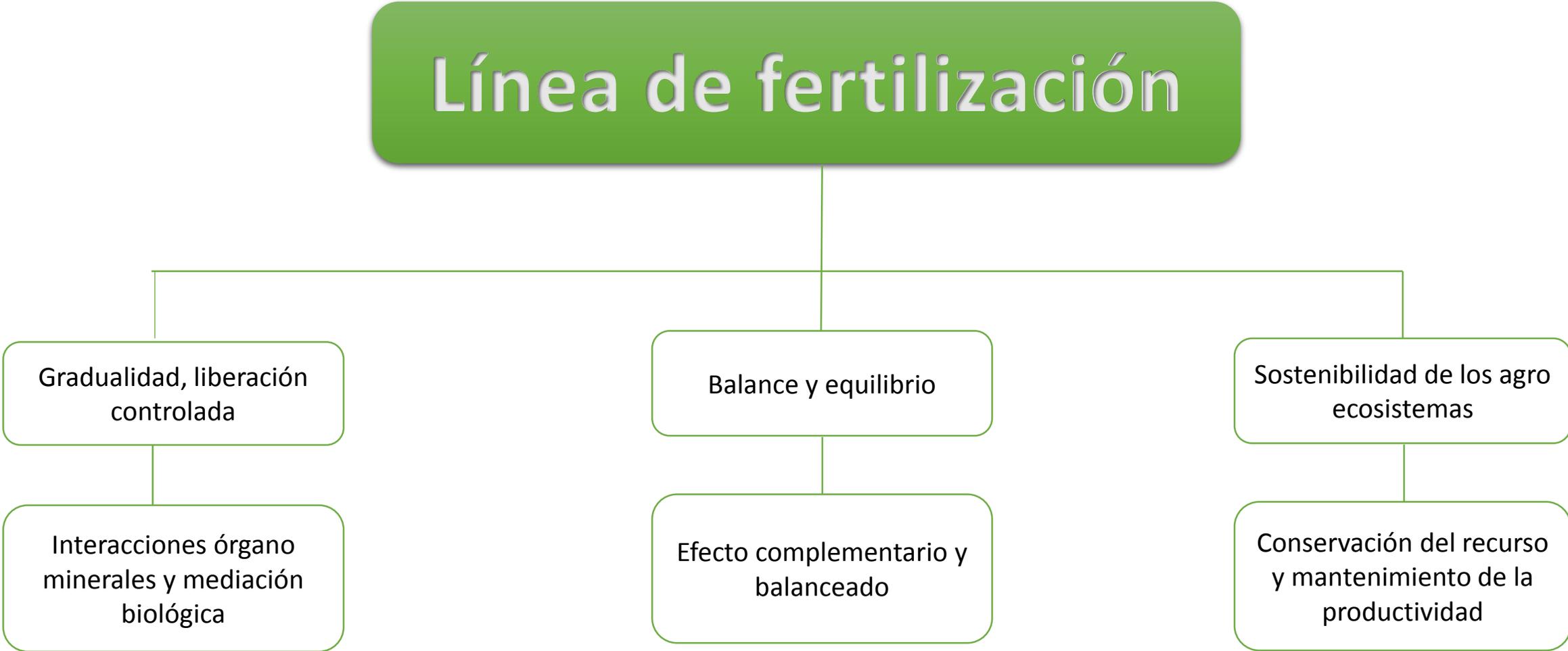


Gráfico 1. Producción de granos de café en una parcela de 20 m² en el Municipio de Ciudad Bolívar en función de los tratamientos. Las columnas con letras diferentes son significativamente diferentes entre sí, según la prueba de rangos múltiples de Duncan ($p \leq 0.05$)

Tratamiento	Nombre	Dosis g/planta	Época de aplicación
1	Fertilización Edáfica	130	Se realizará dos aplicaciones de tipo edáfica, en café que inicia producción, la primera al inicio de la floración en el estado de botón floral y la segunda al inicio de llenado de fruto (8 semanas después)
2	PERMAXION CAFÉ	110	
3	PERMAXION CAFÉ	120	
4	PERMAXION CAFÉ	130	
5	PERMAXION CAFÉ	140	

Línea de fertilización



```
graph TD; A[Línea de fertilización] --- B[Gradualidad, liberación controlada]; A --- C[Balance y equilibrio]; A --- D[Sostenibilidad de los agroecosistemas]; B --- E[Interacciones órgano minerales y mediación biológica]; C --- F[Efecto complementario y balanceado]; D --- G[Conservación del recurso y mantenimiento de la productividad];
```

The diagram is a hierarchical flowchart. At the top is a green rounded rectangle containing the title 'Línea de fertilización'. A vertical line descends from this box and connects to a horizontal line. From this horizontal line, three vertical lines lead down to three separate rounded rectangular boxes: 'Gradualidad, liberación controlada', 'Balance y equilibrio', and 'Sostenibilidad de los agroecosistemas'. From the bottom of the first box, a vertical line leads to another box: 'Interacciones órgano minerales y mediación biológica'. From the bottom of the second box, a vertical line leads to another box: 'Efecto complementario y balanceado'. From the bottom of the third box, a vertical line leads to another box: 'Conservación del recurso y mantenimiento de la productividad'.

Gradualidad, liberación controlada

Interacciones órgano minerales y mediación biológica

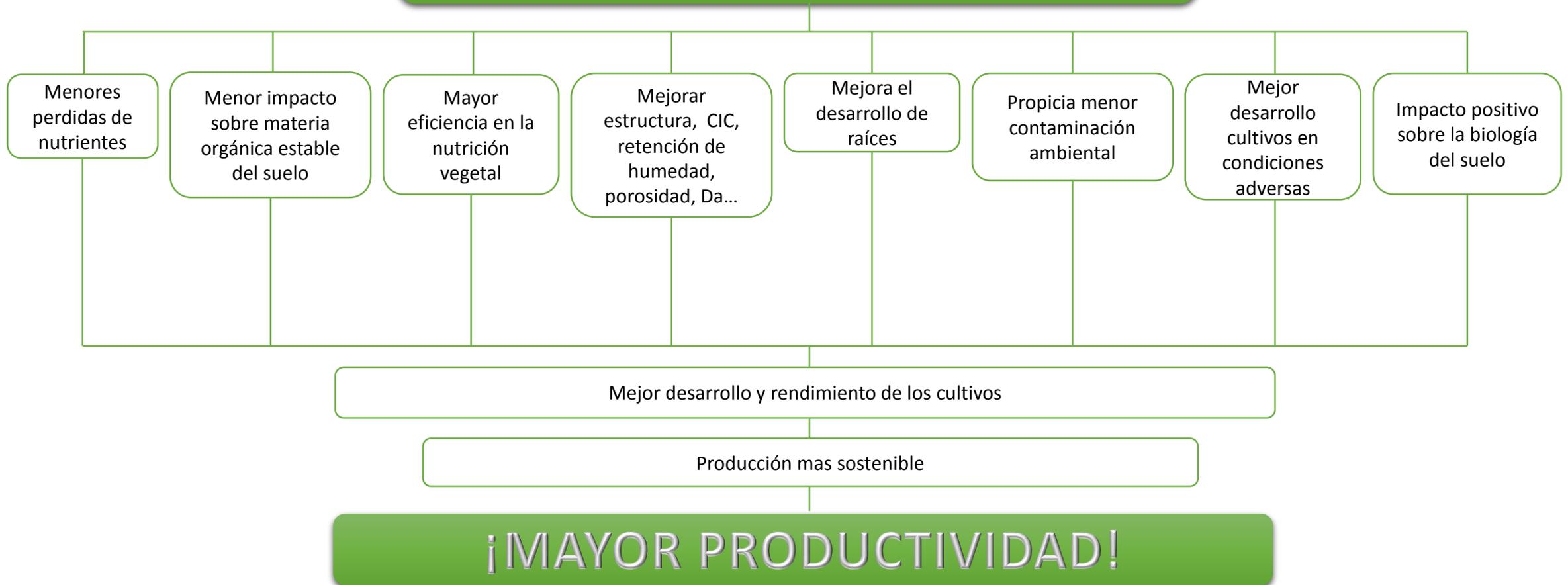
Balance y equilibrio

Efecto complementario y balanceado

Sostenibilidad de los agroecosistemas

Conservación del recurso y mantenimiento de la productividad

Objetivo



A close-up photograph of a field. The foreground is dominated by dark, rich, brown soil that is heavily cracked and textured. Above the soil, a dense layer of vibrant green grass grows, filling the middle ground. The background shows a bright, clear sky with a few wispy clouds near the horizon. The overall scene conveys a sense of natural growth and agricultural productivity.

¡GRACIAS!