

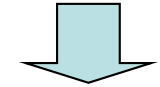
# X CONGRESO SUDAMERICANO DE AGRONOMIA

## Manejo Sostenible del Suelo Agrícola

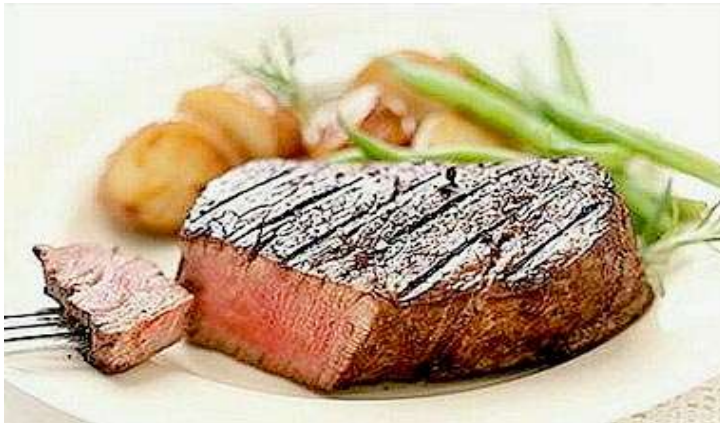
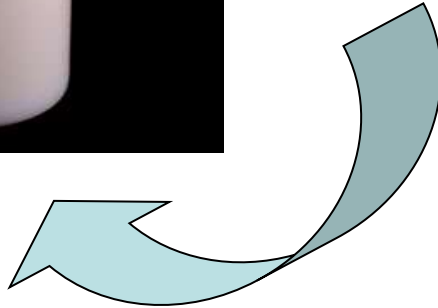
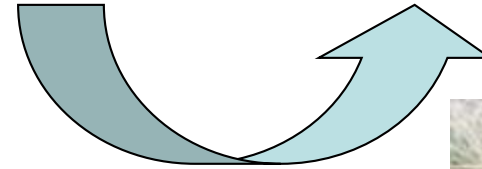
MARCELO CALVACHE ULLOA, PhD.

[mcalvache20@gmail.com](mailto:mcalvache20@gmail.com)





**Los suelos  
nos permiten  
producir  
alimentos**



**Como la población aumenta, hay que producir más alimentos y se desmontan áreas naturales para producir cultivos.**

**Por producir más ganado generamos sobrepastoreo.**



**El sobrepastoreo y el desmonte pueden producir erosión severa, perdemos tierras agrícolas y se afecta la vida silvestre.**





**La necesidad de producir más alimentos hace que se cultiven los suelos de manera muy intensiva y mecanizada.**

**Si no se toman precauciones al utilizar de forma sostenible los suelos, el exceso de agricultura puede producir la degradación del suelo:**



**ANTES**

**El horizonte A era oscuro y muy rico en materia orgánica,**



**DESPUES**

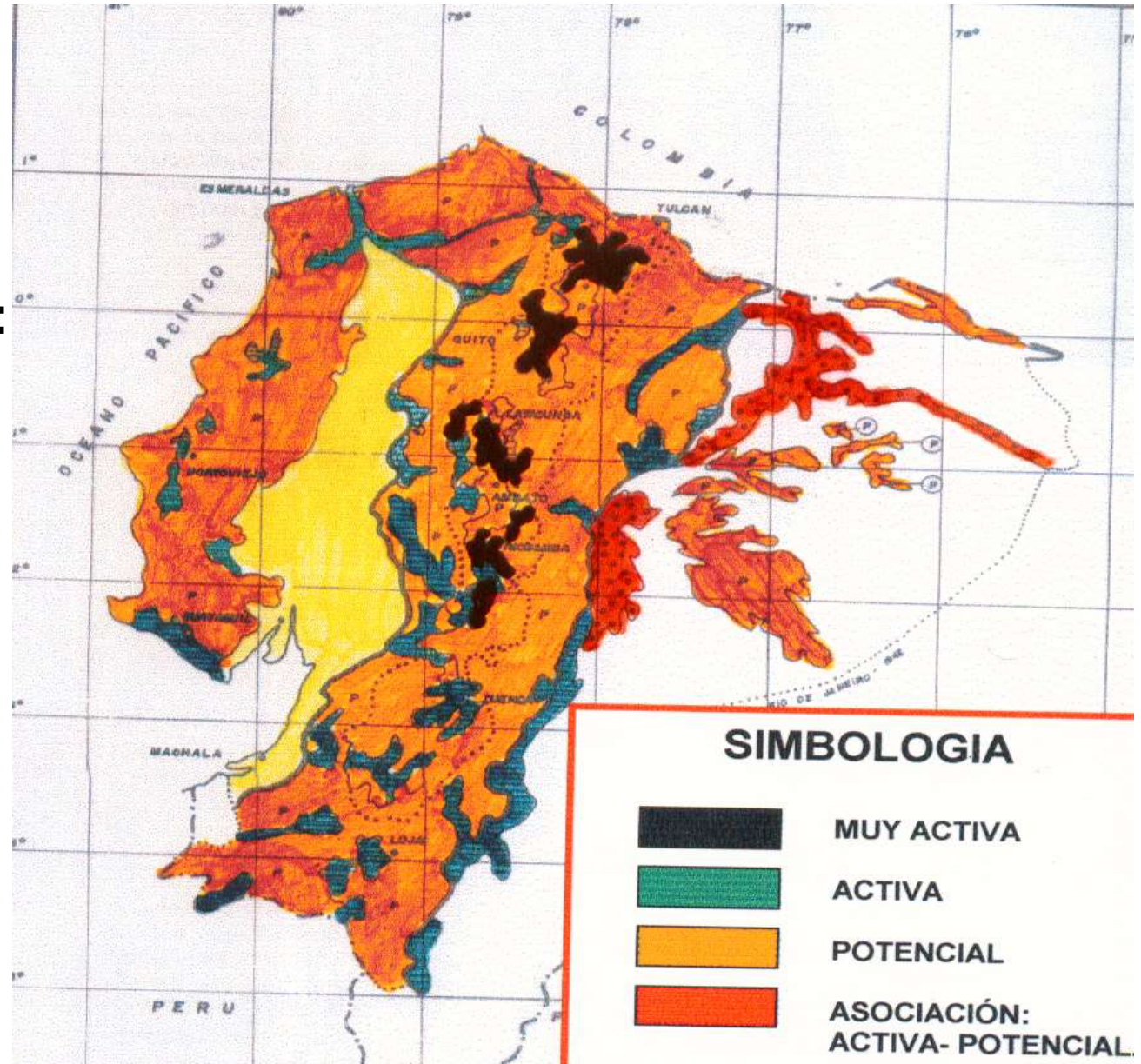
# La EROSIÓN

es el mayor problema ambiental del Ecuador

Degradación de los suelos:

- Físico
- Químico
- Biológico

Baja de la fertilidad



## ¿ Qué es la erosión del suelo ?

Es un fenómeno de superficie. Está controlada por las condiciones en los primeros centímetros del suelo



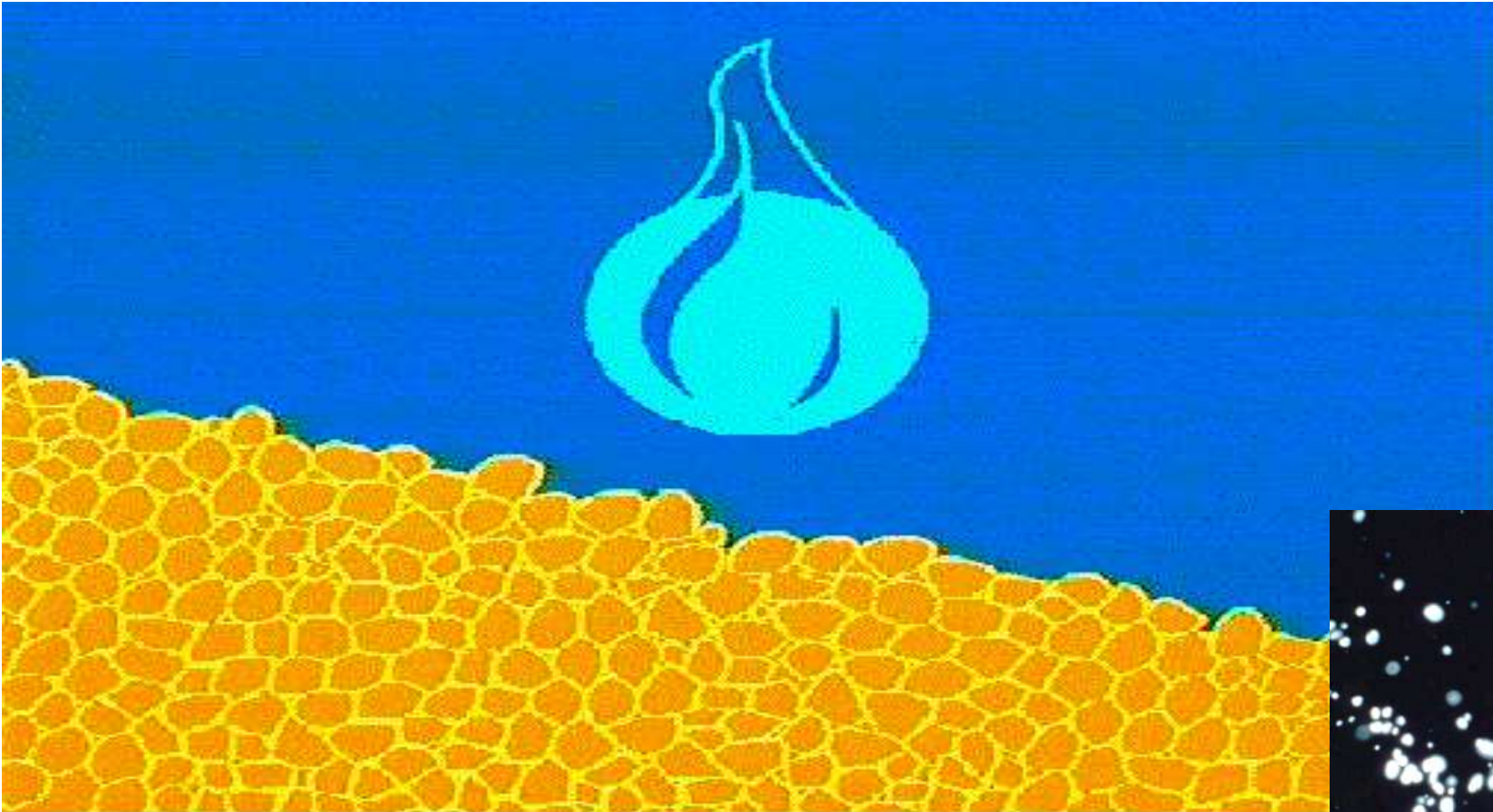
Proceso físico de desprendimiento, transporte y depositación de las partículas y agregados del suelo, por el agua y el viento.

Sellamiento superficial y generación de flujo concentrado



# Impacto de la gota de lluvia

Efectos  
de la  
lluvia



1. Humedece
2. Compacta
3. Desprende

4. Salpica
5. Transporta



## ¿ De dónde proviene la erosión hídrica ?



<b>Fuente de erosión hídrica</b>	<b>Porcentaje de la erosión total</b>
<b>1. Corrientes y cauces</b>	<b>11.0</b>
<b>2. Cárcavas</b>	<b>6.0</b>
<b>3. Caminos y carreteras</b>	<b>3.0</b>
<b>4. Sitios de construcción</b>	<b>2.0</b>
<b>5. Áreas agrícolas, de pastores y bosques (laminar y canalillos)</b>	<b>78.0</b>



# Causas de erosión

1. **Topografía**
2. **Cambio de uso del suelo**



# Causas de erosión



# Causas de erosión

## 5. Labranza excesiva



# Causa de la erosión



**6. Monocultivo en terrenos escarpados**



Estudios  
básicos

# PRÁCTICAS CONSERVACIONISTAS

- \* **Reforestación múltiple**
- \* **Incorporación de residuos vegetales**
- \* **Control de la erosión en praderas**
- \* **Labranza de conservación**
- \* **Drenaje parcelario superficial**
- \* **Empastamiento de drenes**
- \* **Despiedre**

# Incorporación de residuos vegetales



# Conservación De Suelo, Agua Y Vegetación.

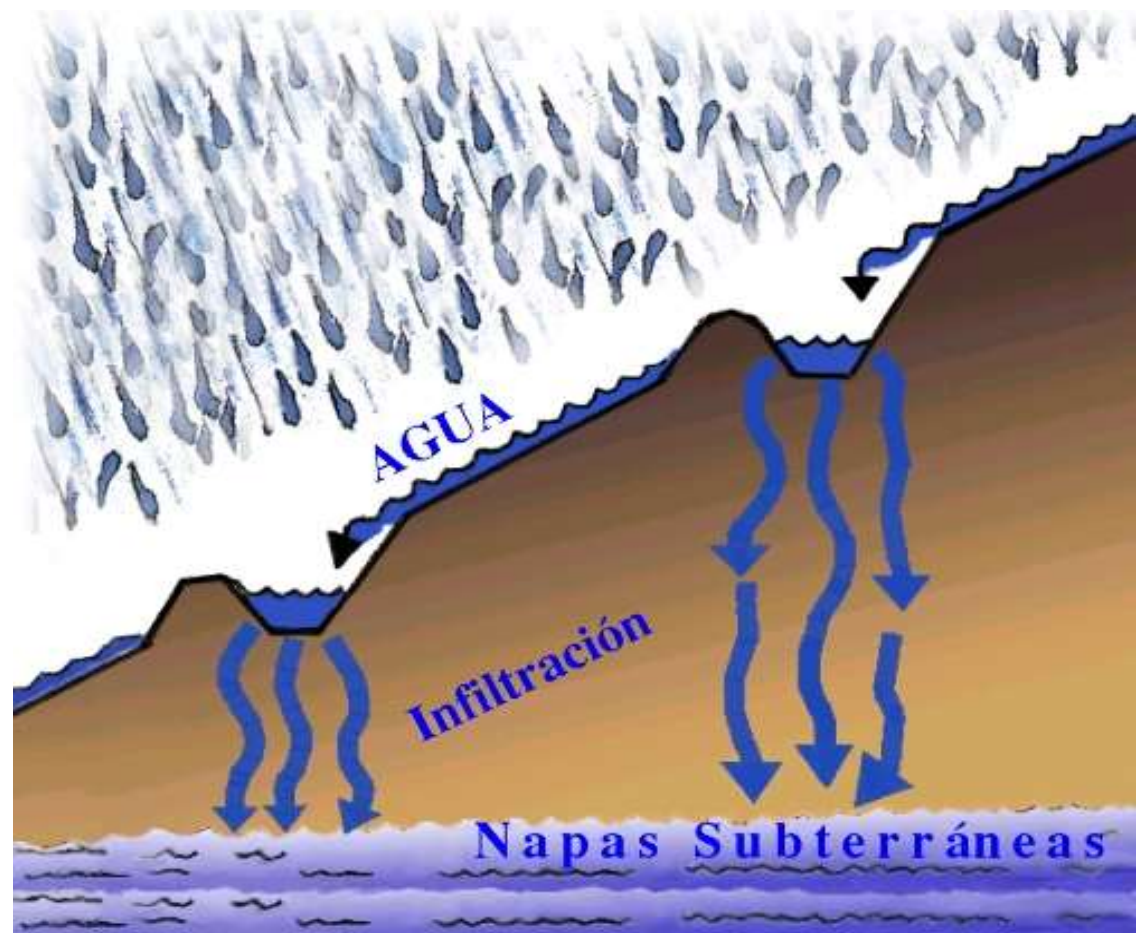




# Zanjas de Infiltración.

## OBJETIVOS:

- Disminuir la velocidad de las aguas lluvias.
- Aumentar la infiltración del agua en el suelo.
- Reducir la escorrentía superficial.
- Aumentar el volumen de las napas subterráneas.





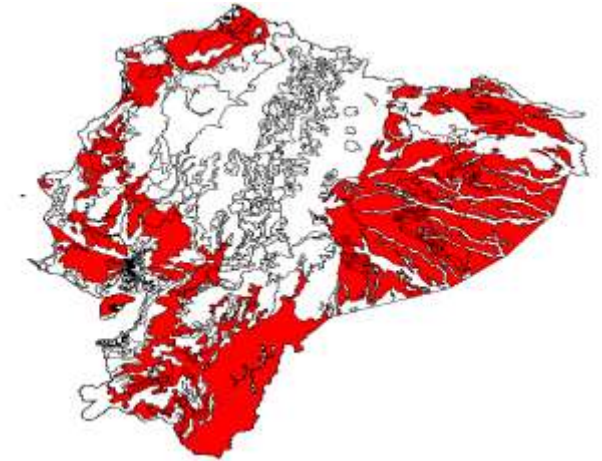
27/09/2010

# INCEPTISOLES (43%)



Suelos minerales con un incipiente desarrollo de horizontes pedogenéticos (presentan uno o más horizontes de alteración o concentración).

Utilización agropecuaria, cubriendo un sin número de unidades paisajísticas y bajo diferentes tipos de vegetación; dependiendo del grado de fertilidad son aprovechados con actividades agrícolas y pecuarias en la Amazonia.



INCEPTISOLES

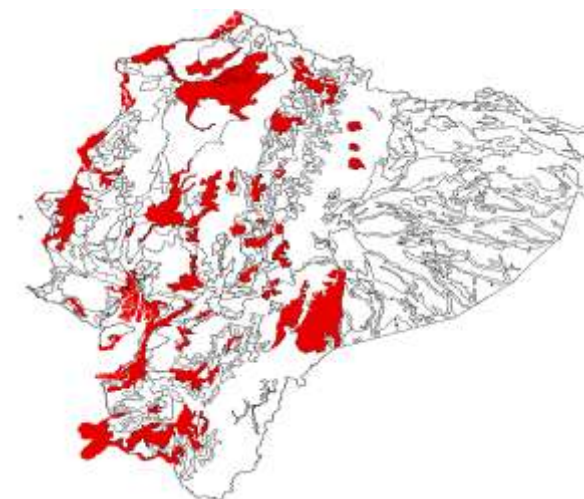
# Entisoles (13%, 3,727.368 ha)



Los ENTISOLES son suelos con poca o ninguna evidencia de desarrollo de horizontes pedogenéticos. Dominio de material mineral primario no consolidado y aportes fluviales.

Estos suelos son superficiales, localizándose en diferentes paisajes en todo el territorio nacional, producto de erosiones, aportes aluviales y coluviales o por acción antrópica.

En la Región Costa los suelos aluviales de “banco”, son muy apreciados y en ellos se tienen los mayores cultivos de exportación como cacao, banano, café y frutales.



ENTISOLES(Orthents-fluents)

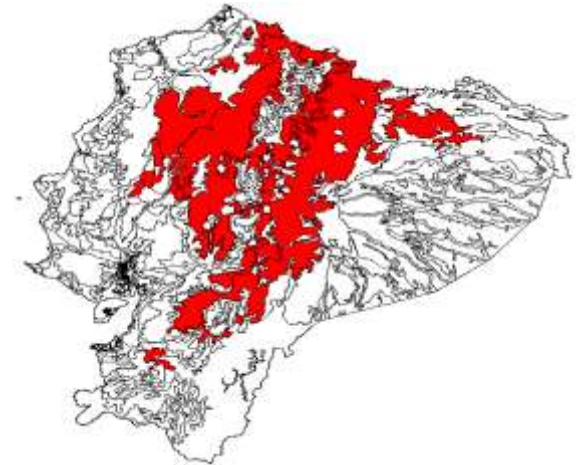
# ANDISOLES, 37%



Los Andisoles se desarrollan a partir de cenizas volcánicas y evidencian poca a moderada evolución; presentan un apreciable contenido de alófana (arcillas amorfas); baja densidad aparente ( $< 0,85$  g/cc);y, alta fijación de fósforo.

Se ubican en las zonas altas y húmedas de la serranía ecuatoriana “páramos”; así como, dentro del callejón interandino y hacia la costa y el oriente debido a flujos de material volcánico.

En las zonas altas se encuentran cubiertos por vegetación de páramo. Hacia el callejón interandino y la costa son muy utilizados para realizar actividades agrícolas ya que presentan buenas condiciones de fertilidad.



# ZONAS AGROECOLOGICAS APTAS PARA CULTIVOS Y PASTIZALES EN LA SIERRA

CLASE	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO	Superficie (has)	%
I	Apto para cultivos y pastos	52.801	2
II	Limitación de Fósforo / Limitación de agua y Fósforo	220.924	7
III	Limitación de Drenaje	57.509	2
IV	Limitación por Mecanización	1,007.248	33
V	Limitación por Profundidad	50.921	2
VI	No Aptos	1,694.560	55
<b>T O T A L</b>		<b>3,083.961</b>	<b>100</b>

# La agricultura sustentable

¿Cómo funciona el manejo sostenible del suelo?



1 *No remover el suelo para la siembra*

Utilice siembra directa para insertar las semillas en el suelo sin arar.

La zona removida de suelo debe ser inferior a 5 cm. de ancho ó 10 % de la superficie cultivada o menor.



EL TRIANGULO DE LA  
LABRANZA

Labranza convencional  
versus  
Agricultura de conservación

**Labranza convencional**



Arada



Rastreada



Cultivo



Siembra



Cultivo

**Labranza mínima**



Cultivo



Siembra



Cultivo

**Labranza  
Cero AC**



Siembra y pulverización

Agricultura de conservación

## 2 Cobertura permanente del suelo

Dejar los residuos del cultivo anterior del campo para que actúe como mulch. Mantener el suelo cubierto - de forma permanente ayuda a prevenir la erosión, la retención de agua, y fomentar los microorganismos beneficiosos y lombrices de tierra.

# Beneficios de la cobertura

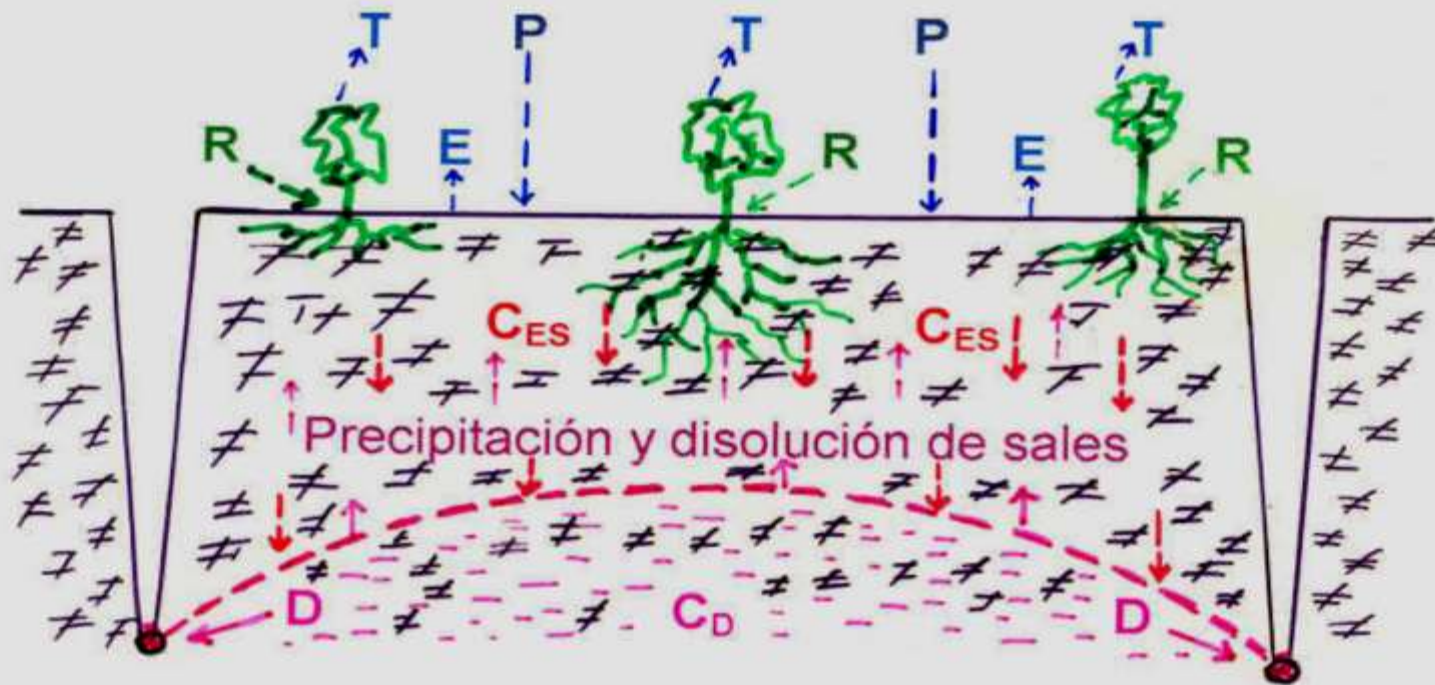
- protegen la superficie del suelo
- mejoran la conservación de la humedad
- aportan materia orgánica
- reciclan los nutrientes
- mejoran la estructura
- introducen un sistema de producción más sostenible











$$H_R = (H_{ET} - H_P) + H_D \quad H_R C_R = H_D C_D \quad (C_{ET} = 0; C_P \approx 0)$$

$$H_D/H_R = C_R/C_D = L \quad C_D/C_{ES} = F (\leq 1)$$

$$C_D = C_{ES} \times F \quad C_R/(C_{ES} \times F) = L$$

$$LF = C_R/C_{ES}$$

Sales de posible precipitación:  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$   
 Sales de posible disolución: " " "



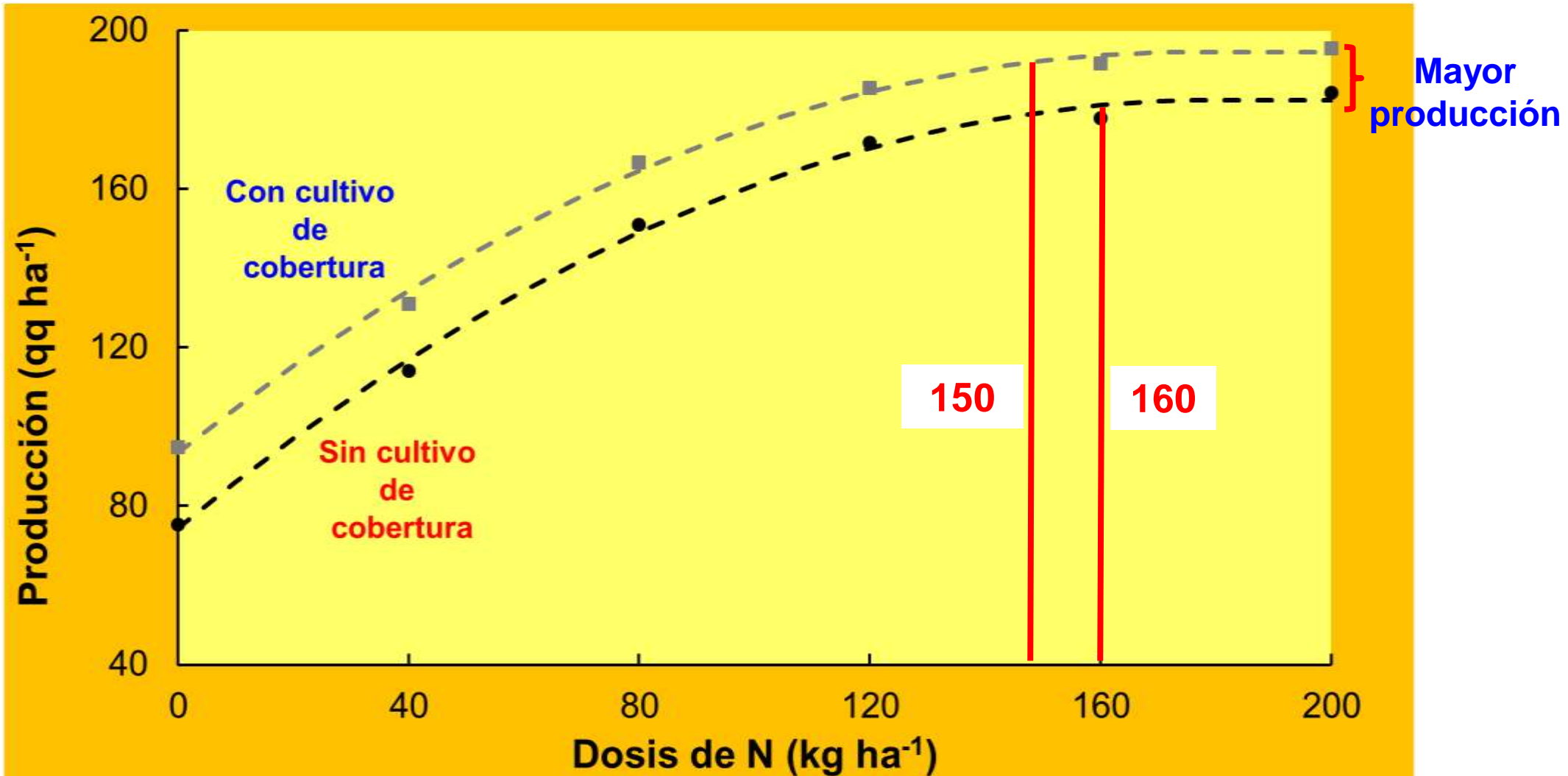






**Siembra directa de maíz sobre rastrojos de avena negra**

# Producción y fertilización





**Siembra directa de soya sobre rastrojos de maíz año**

# Caso ANCUPA: Pueraria



Fijación: 215 kg N ha<sup>-1</sup>

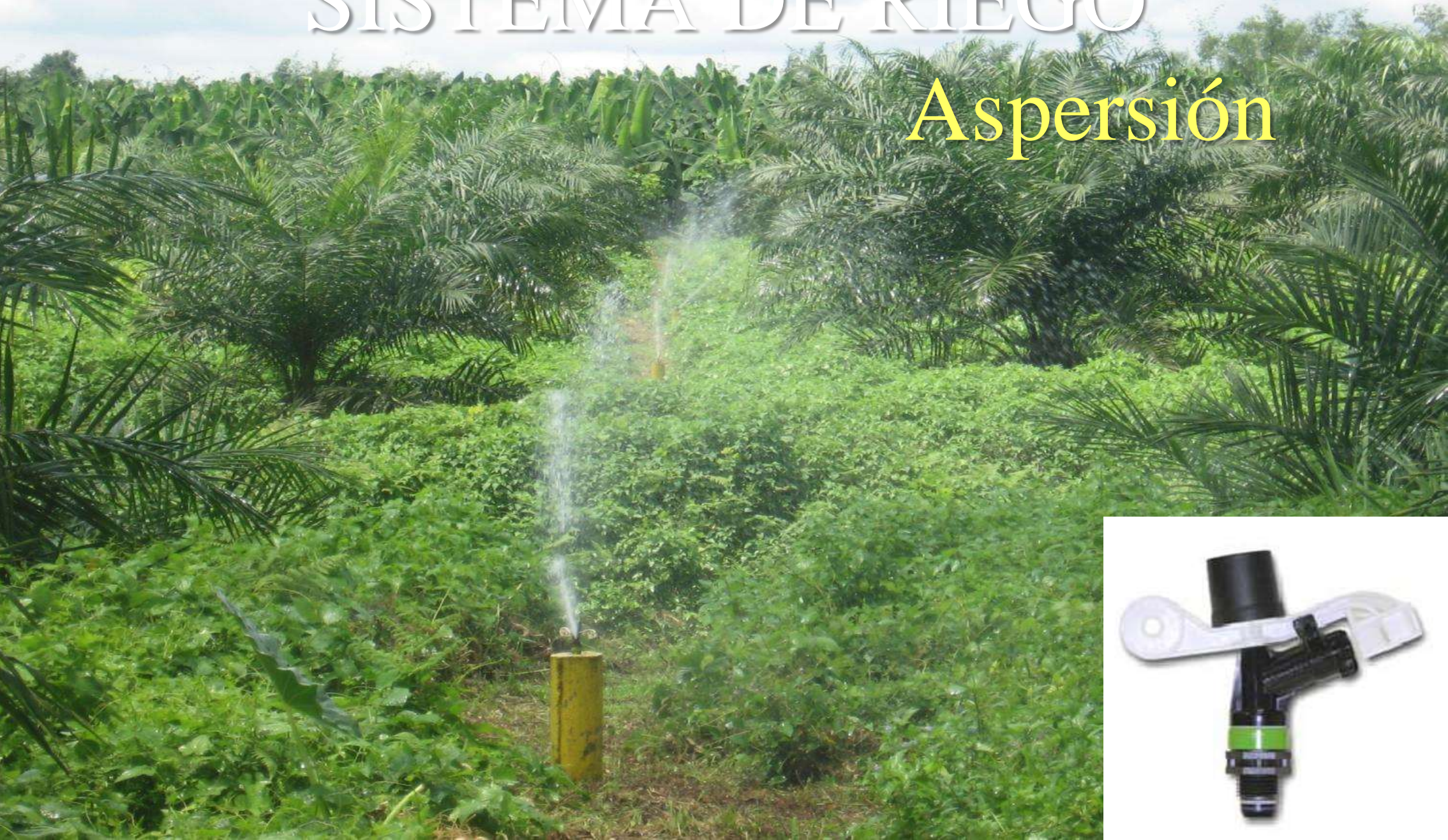
15 - 30% del N lo aprovecha la palma (estimación).

Faltan estudios.

Otros nutrientes?

# SISTEMA DE RIEGO

## Aspersión



## Análisis financiero incremental

<b>Híbrido</b>	<b>Producción TM/ha/año</b>	<b>Precio* USD/TM</b>	<b>Ingreso USD/ha</b>	<b>Ingreso/Pl anta USD</b>	<b>Costo Oper/planta USD</b>	<b>B/C</b>	<b>Bi/Ci (Incremental)</b>
<b>INIAP CR</b>	26.61	114.24	3039.58	21.26	11.35	<b>1.87</b>	<b>4.42</b>
<b>INIAP SR</b>	19.14	114.24	2186.07	15.29	10.00	<b>1.53</b>	
<b>IRHO CR</b>	19.26	114.24	2199.96	15.38	11.35	<b>1.36</b>	<b>1.93</b>
<b>IRHO SR</b>	15.99	114.24	1826.54	12.77	10.00	<b>1.28</b>	
<b>ASD CR</b>	29.23	114.24	3339.14	23.35	11.35	<b>2.06</b>	<b>2.85</b>
<b>ASD SR</b>	24.42	114.24	2789.43	19.51	10.00	<b>1.95</b>	

# Lo que se debe investigar

- ✓ Mejores cultivos de cobertura (control de erosión, producción de biomasa, reciclaje de nutrientes).
- ✓ Métodos y costos de implementación.
- ✓ Métodos y el estado vegetativo en el que se debe hacer el control.
- ✓ Presencia de plagas y enfermedades.
- ✓ Producción del cultivo principal.
- ✓ Respuesta del cultivo principal a la fertilización.
- ✓ Necesidad de aplicar +/- fertilizante.





# Cultivos que se pueden utilizar en Ecuador

- ✓ Camote (Costa).
- ✓ Maní forrajero (Costa).
- ✓ Alfalfa.
- ✓ Arveja. Frejol, Haba
- ✓ Chocho.
- ✓ Crucíferas, Sambo, Zapallo.
- ✓ Nabo.
- ✓ Pastos, Vicia, Avena, Trébol.
- ✓ Rábanos.



# Ventajas de los cultivos de cobertura

- ✓ Reducen la erosión.
- ✓ Incremento la M.O. y actividad biológica.
- ✓ Mejor infiltración y retención de humedad.
- ✓ Menores fluctuaciones de temperatura.
- ✓ Mejor ciclo de nutrientes (secuestro de C y fijación de N).
- ✓ Mejor estructura (agregados) del suelo.
- ✓ Control de malezas.
- ✓ **Mejor eficiencia en el uso de fertilizantes.**



### 3 ROTACIÓN DE CULTIVOS

Lo ideal sería rotar entre tres cultivos diferentes. Esto ayuda a prevenir la acumulación de plagas y enfermedades en el suelo y en las plantas.

# ¿Que es una rotación de cultivos y para que sirve?

Secuencia planificada y ordenada de cultivos con el objetivo de :

- maximizar la **productividad**,
- minimizar los **riesgos**,
- y **conservar** los recursos suelo y agua.

# Esquemas de rotación con cultivos anuales y forrajes



S S O N D J F M A M M J J A S S

SD

1.



Soya

Maíz + Brachiaria

Ganaderia

**Rendimientos comerciales esperados:**

Soya: 3-3.8 t/ha    Maíz :3 - 5 t/ha    Carne: 50-90 kg/ha

# **PERO MSS..**

- Es mucho más que una “lista de tres componentes técnicos”..**

# En cambio es..

- la

**-Sinergia**

**de los 3 componentes**

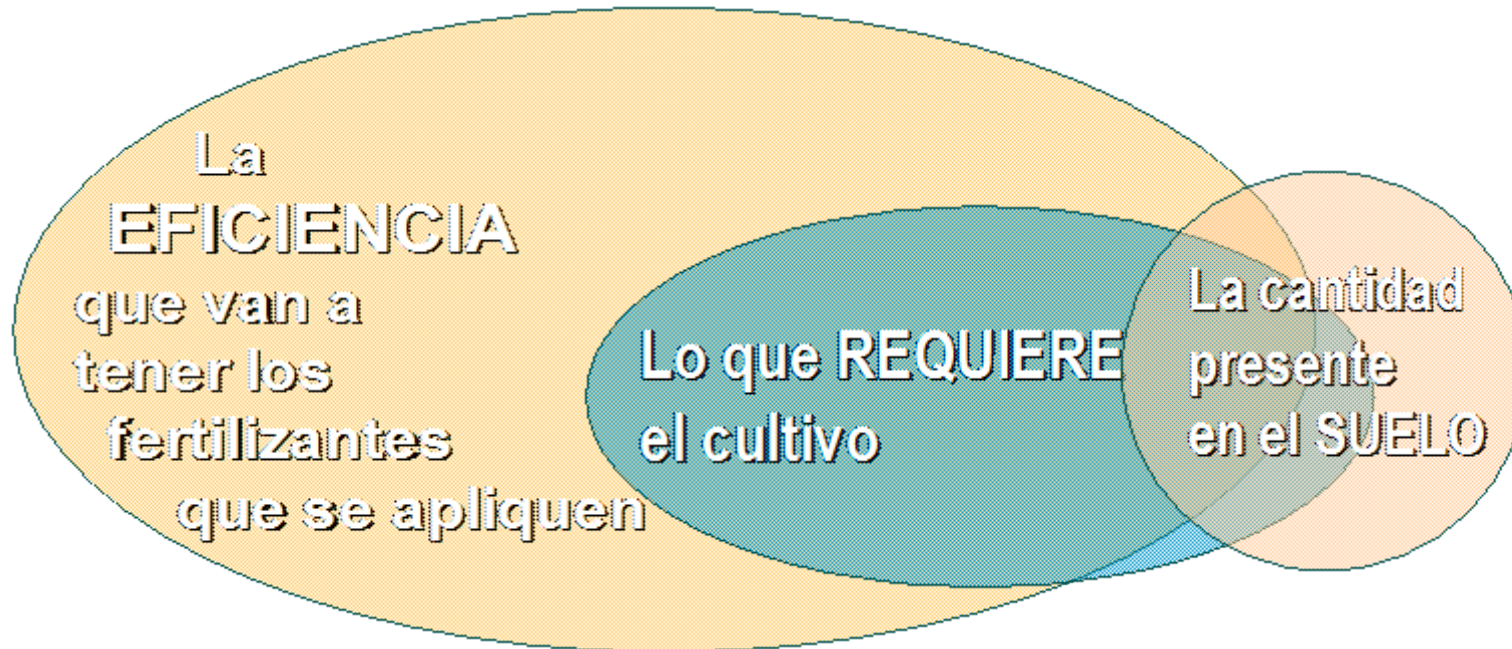
- que incrementan los rendimientos, evita la degradación del suelo y la pérdida de fertilidad y
- logra los beneficios económicos, sociales y ambientales del MSS.

## Aporte de nutrientes con los abonos verdes

<b>Abonos verdes</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>
	<b>(kg/ha)</b>					
<b>Avena- vicia</b>	<b>377</b>	<b>65</b>	<b>455</b>	<b>137</b>	<b>39</b>	<b>37</b>
<b>Fréjol</b>	<b>37</b>	<b>4</b>	<b>24</b>	<b>17</b>	<b>4</b>	<b>3</b>
<b>Haba</b>	<b>358</b>	<b>37</b>	<b>279</b>	<b>83</b>	<b>31</b>	<b>19</b>



# CUANTIFICAR Y ENFRENTAR LOS 3 FACTORES INVOLUCRADOS EN UNA DOSIS de FERTILIZANTES



$$\text{DOSIS} = \frac{\text{Q. Absor.} - \text{Q. Suelo}}{\text{Eficiencia}}$$

# Eficiencia de Uso del P Fertilizante en Diferentes Localidades y Dosis

<b>Tratamiento</b>	<b>Cohabamba</b>	<b>Quinua Corral</b>	<b>Santa Ana</b>
<b>0 P</b>	0,0	0,0	0,0
<b>150 P2O5</b>	1,05	3,22	1,87
<b>300 P2O5</b>	3,22	3,10	<b>8,58</b>
<b>450</b>	2,71	3,45	2,44
<b>CV. %</b>	6,0	6,5	7,0

# **Contenido de nutrientes exportados en 50 Ttf de papa :**

**220 kg de N**

**36 kg de P**

**328 kg de K**

**56 kg de Ca**

**32 kg de Mg**

**28 kg de S**

## Ambitos de eficiencia de fertilización para Suelos

	<b>Vertisoles</b>	<b>Volcánicos</b>	<b>Rojos</b>	<b>Inceptisoles</b>
<b>N</b>	50-65%	55-65%	50-55%	50-70%
<b>P</b>	20-40%	10-20%	25-40%	25-35%
<b>K</b>	50-65%	40-60%	50-60%	50-70%

## *Efecto del MSS sobre los Rendimientos*

**Los incrementos de rendimiento pueden no ser inmediatos, pero los estudios han demostrado que los rendimientos de los cultivos pueden aumentar en 20 a 120%.**

## *Efecto del MSS sobre las Malezas Y PLAGAS*

Las malas hierbas pueden ser un problema, especialmente cuando un agricultor está en la transición de un campo de labranza hacia la agricultura de conservación sin labranza. Los herbicidas y cultivos resistentes a los herbicidas pueden ser necesarios.

# Efecto del MSS sobre las malezas y plagas

- Rotaciones de cultivo y sustancias alelopáticas de descomposición de rastrojos para el control natural (MIP)
- Suelo saludable = plantas saludables
- Con el tiempo los problemas de plagas y enfermedades se reducen  
(menos pesticidas)
- Los pesticidas no deben interferir con los procesos biológicos



# Control de malezas con el MSS

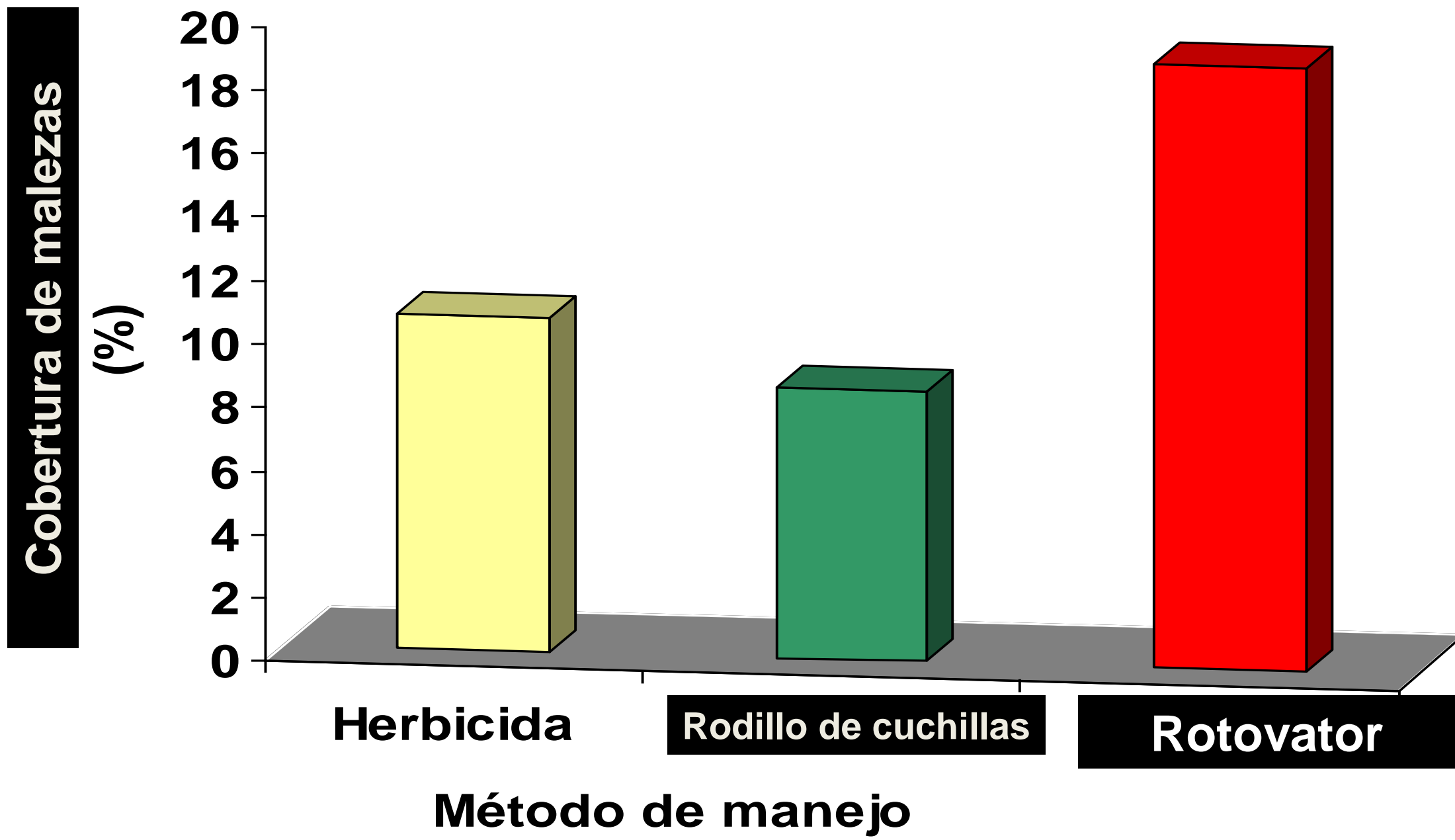
- Los 2 primeros años son críticos – los herbicidas son útiles para reducir la población de malezas
- Cobertura de rastrojos, cultivos de cobertura, rotaciones de cultivo son las herramientas principales
- El uso de herbicidas se reduce con el tiempo



Parcelas  
adyacentes, 30  
días después de  
la aplicación de  
herbicidas







**Cobertura de malezas**

**(%)**

**20**  
**18**  
**16**  
**14**  
**12**  
**10**  
**8**  
**6**  
**4**  
**2**  
**0**

**Herbicida**

**Rodillo de cuchillas**

**Rotovator**

**Método de manejo**

## *Efecto del MSS sobre el suelo*

Ayuda a aumentar la materia orgánica, los microorganismos del suelo, cobertura de residuos vegetales y humus, lo que hace que el suelo sea menos compacto y tenga buena retención de humedad.

# **La Materia Orgánica del Suelo Beneficia de Muchas Maneras:**

- **Mejora las condiciones físicas**
- **Incrementa la infiltración de agua**
- **Mejora el manejo del suelo**
- **Disminuye las pérdidas por erosión**
- **Provee nutrientes para las plantas**
- **Incrementa la CIC**

EL SUELO ES MUY IMPORTANTE Y MERECE SER OBSERVADO EN PROFUNDIDAD



Calicata: Perforación para el estudio y muestreo del perfil del suelo.

A

B<sub>21t</sub>

B

B<sub>22t</sub>

B<sub>31</sub>

B<sub>32</sub>

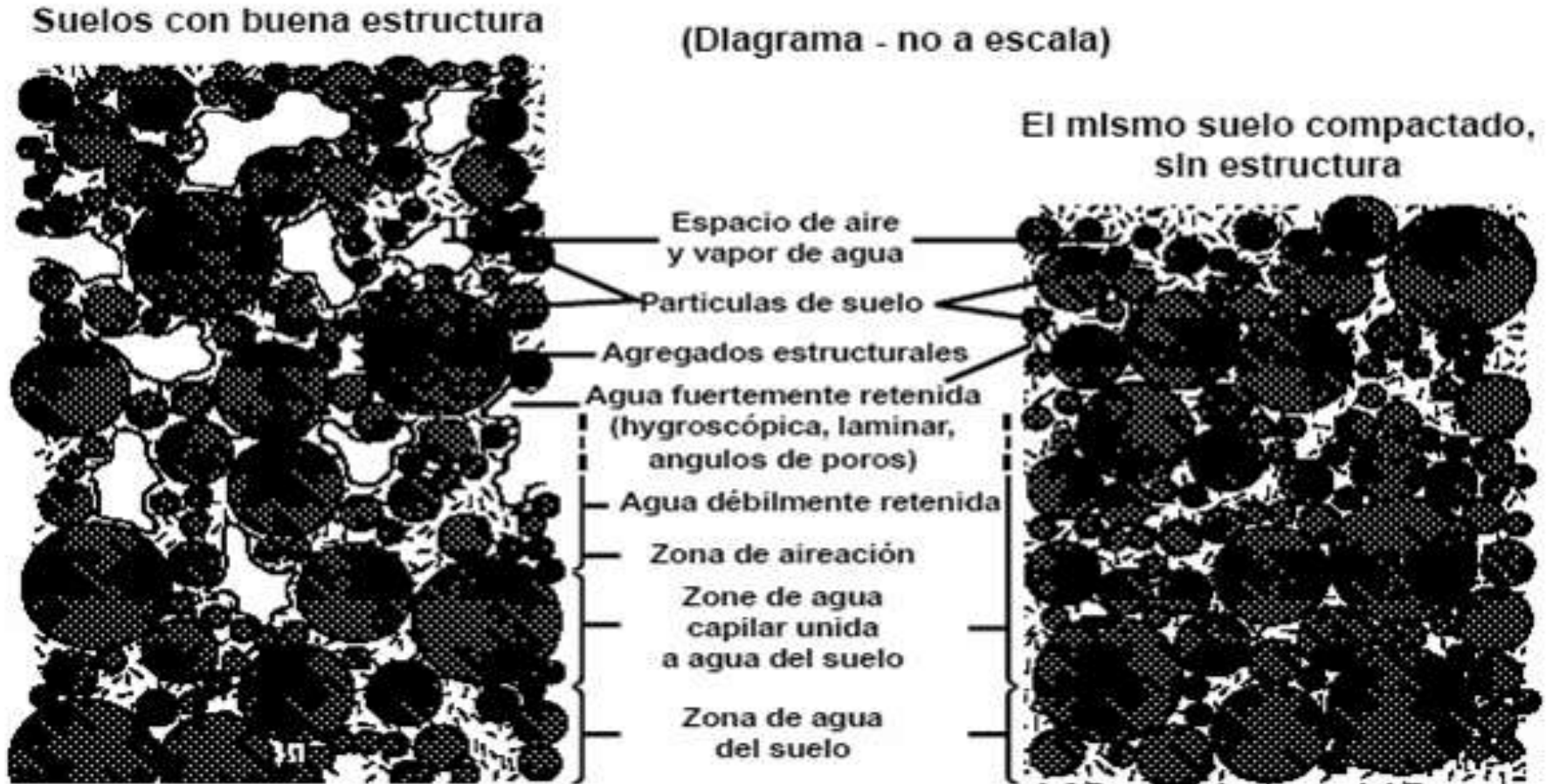
C

# Suelo bajo agricultura de conservación

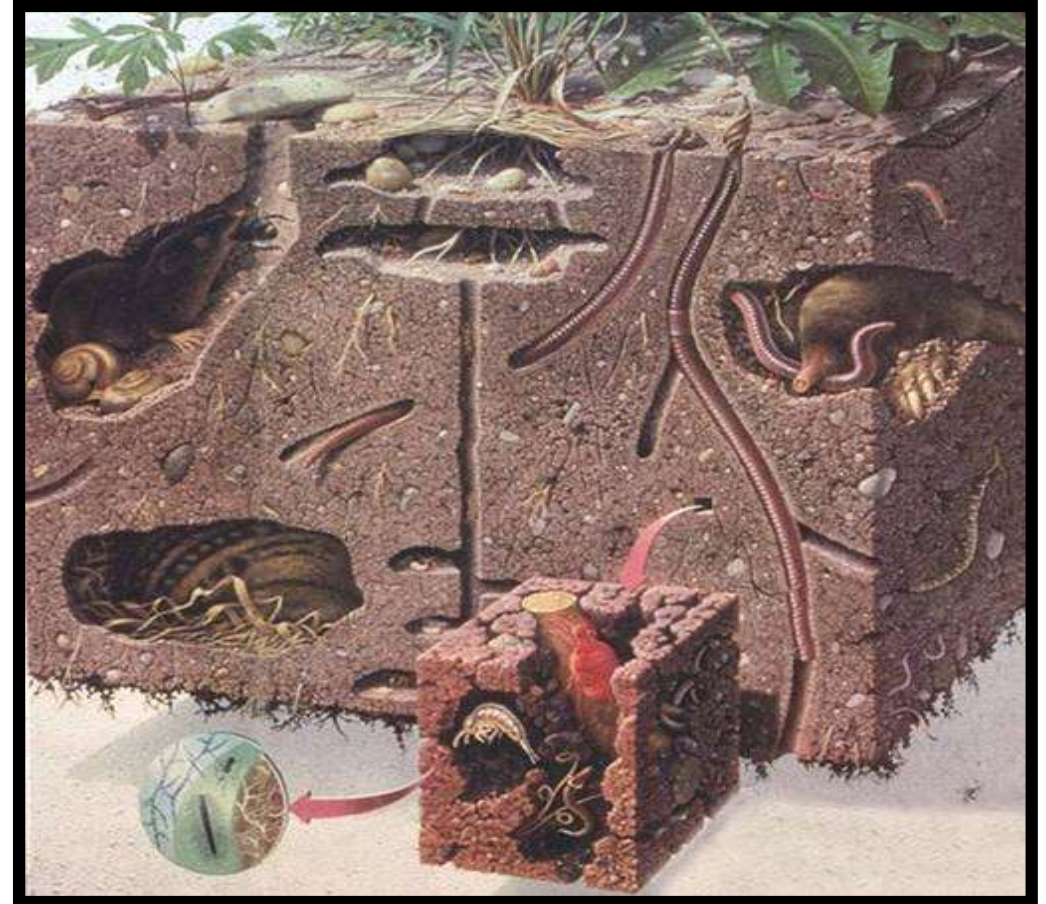


- **Reduce**
  - la evaporación;
  - el encostramiento de la superficie;
  - la erosión y escurrimiento;
- **Aumenta**
  - infiltración de agua en los suelos
  - contenido de materia orgánica del suelo;
- **Mejora**
  - estructura de los suelos (aire, drenaje)

# La pérdida de poros del suelo afecta la capacidad de infiltración y su calidad como ambiente para las raíces



- Incrementa la M.O. del suelo en 0.1-0.2% por año
- Mejora la estructura y la porosidad con actividad biológica (raíces, fauna)
- La parte viviente del suelo incluye:
  - Microorganismos: bacterias, hongos, protozoos, nemátodos, virus y algas.
  - Macroorganismos: vertebrados, tales como topos, e invertebrados





## Promover el MSS equivale a:



20 lombrices/ 20  
centímetros

Cubicos de  
suelo

5 millones  
lombrices/ha

3.3 ton de  
lombrices

24 t urea/ha

12 t N/ha

## *Efecto del MSS sobre los nutrientes y Fertilizantes*

Aumenta la disponibilidad de los nutrientes del suelo y puede hacer un uso más eficiente de los fertilizantes debido a que los fertilizantes se aplican en el lugar exacto donde la planta necesita.

En algunas zonas de cultivo de cereales, la eficiencia de los fertilizantes ha mejorado en un 10 a 15 por ciento.

# Economía de irrigación de agua a través de la cobertura de suelo

Porcentaje de suelo cubierto	Requerimientos de agua ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ )	Reducción en requerimiento de agua (%)
0	2660	0
50	2470	7
75	2090	21
100	1900	29

# Árboles

Agroforestería, plantar árboles en y entre los cultivos en terrenos con pendientes pronunciadas, pueden complementar la agricultura de conservación mediante la prevención de la erosión del suelo y el aumento de la fertilidad del suelo. Los árboles también pueden proporcionar leña, forraje y medicamentos.



# **Diversificación de la producción**

**La Agricultura de Conservación  
se adapta a diversos cultivos**



**MAIZ CON  
MUCUNA**

**SOYA SOBRE  
BRACHIARIA**



11-12-2003

pepinillo



pimiento dulce



Achicoria



Fresa





# SIEMBRA DIRECTA DE TABACO



19 7:20



**SIEMBRA  
DIRECTA DE  
CEBOLLA**



**SIEMBRA  
DIRECTA DE  
TOMATE**





**Papa**

# **Beneficios medioambientales del MSS**

- **Contribuye**
  - a la mitigación del cambio climático y a la reducción de la erosión.
- **Reduce**
  - las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, fruto del ahorro energético y del uso eficiente de insumos
- **Fija**
  - un gran volumen de carbono en el suelo a través de su manejo en la superficie del suelo.



Preparación de camas permanentes



Trigo sembrado en camas permanentes



MSS Irrigación con pivote móvil



Fertirrigación : Riego con fertilización

# Principios de Agricultura de Conservación

Los cuatro principios de la agricultura de conservación son:



1.- Perturbación mínima del suelo.

2. Suelo permanentemente cubierto por vegetación o residuos orgánicos.

3. Rotaciones de cultivos (leguminosas) o cultivos mixtos (agroforestería).



4. Uso inteligente de fertilizantes, abonos orgánicos y agroquímicos

Por tanto, se necesitan cambiar los manejos y prácticas agrícolas, sin que ello necesariamente signifique una disminución de la producción y siempre un aumento de la calidad de los alimentos; ello permitirá el mantenimiento y la mejora de los suelos.

# Agricultura de Conservación (sostenible, sustentable, F.A.O.)

La Agricultura de Conservación es una de las mejores herramientas frente a la erosión típica de los trópicos, agravados por la existencia de una estación seca.

Escasa movilización  
del terreno



Cubierta vegetal permanente o  
*mulching*



Rotaciones de cultivos o  
abonados verdes



Estas prácticas no sólo producen mayor cantidad y calidad de cosechas, sino que aseguran el mejoramiento de los suelos, controlando la dañina erosión.



# Nuevos Manejos del Suelo

## Acciones estratégicas:

### Agricultura de Conservación

- a) Rotación de cultivos
- b) Gestión de residuos
- c) Labranza reducida
- d) Control de erosiones
- e) Cubierta vegetal permanente
- f) Labranza de conservación
- g) Reciclaje orgánico
- h) Uso integrado pesticidas
- i) Manejo de aguas

Hacia la calidad  
edáfica



## Objetivos:

### Agricultura Sostenible

- a) Productos de alta calidad
- b) Producciones realistas continuas
- c) Salud ambiental
- d) Conservación energética
- e) Conservación de recursos naturales.
- f) Viabilidad económica
- g) Seguridad e higiene.

# Hacia un incremento de la M.O.S.

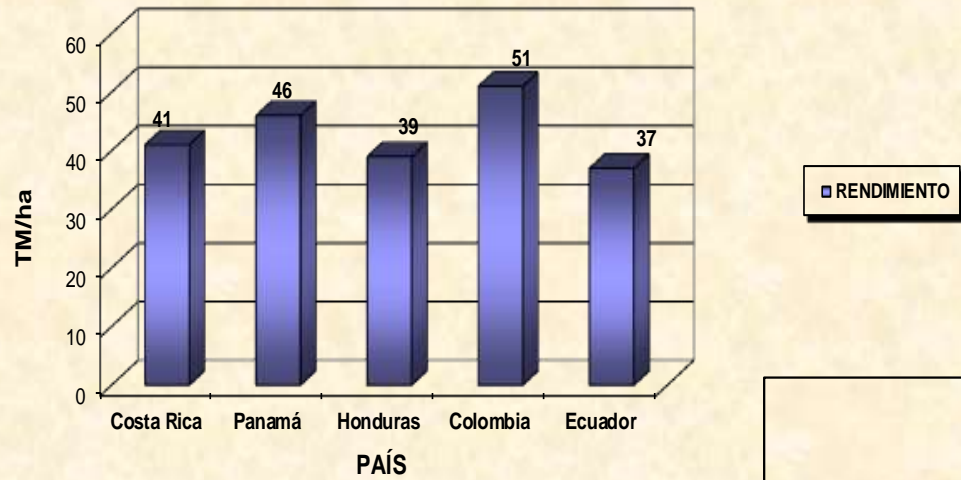
## 1. Incrementar las entradas de C (residuos orgánicos) al suelo:

- a. Incrementar la producción de biomasa mediante más productividad, selección genética, fertilización, riego y sanidad vegetal.
- b. Cambiar a un cultivo adaptado o que compatibilice cobertura o agroforestería.
- c. Incrementar los residuos que retornan al suelo, añadir abonos o implementar labranza reducida con manejo de residuos orgánicos.
- d. Compostar y, en algún caso, añadir fangos o lodos según se establezca.

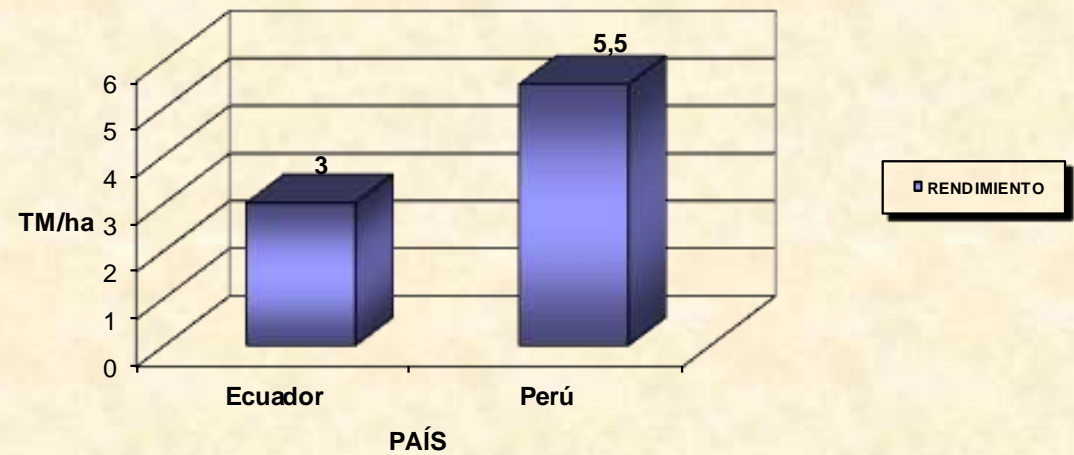
## 2. Moderar las salidas de C (mineralización) a la atmósfera:

- a. Implementar manejos de conservación.
- b. Recubrir siempre el suelo.
- c. Producir una anaerobiosis controlada.

PRODUCTIVIDAD DEL BANANO  
AÑO 2017



PRODUCTIVIDAD DEL ARROZ  
AÑO 2017





**MUCHAS  
GRACIAS !**

**[mcalvache20@gmail.com](mailto:mcalvache20@gmail.com)**

**11 12 2003**