



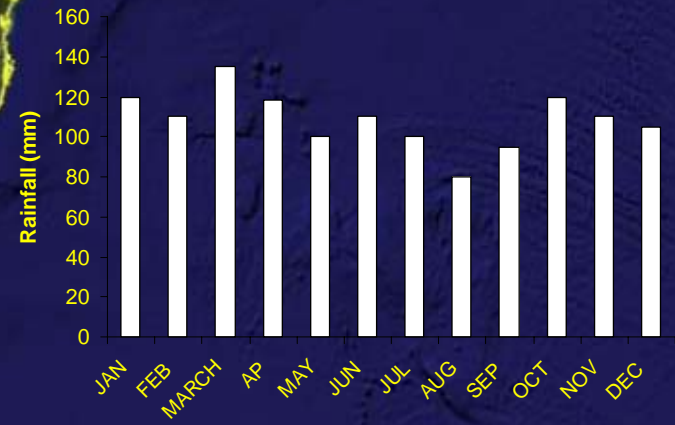
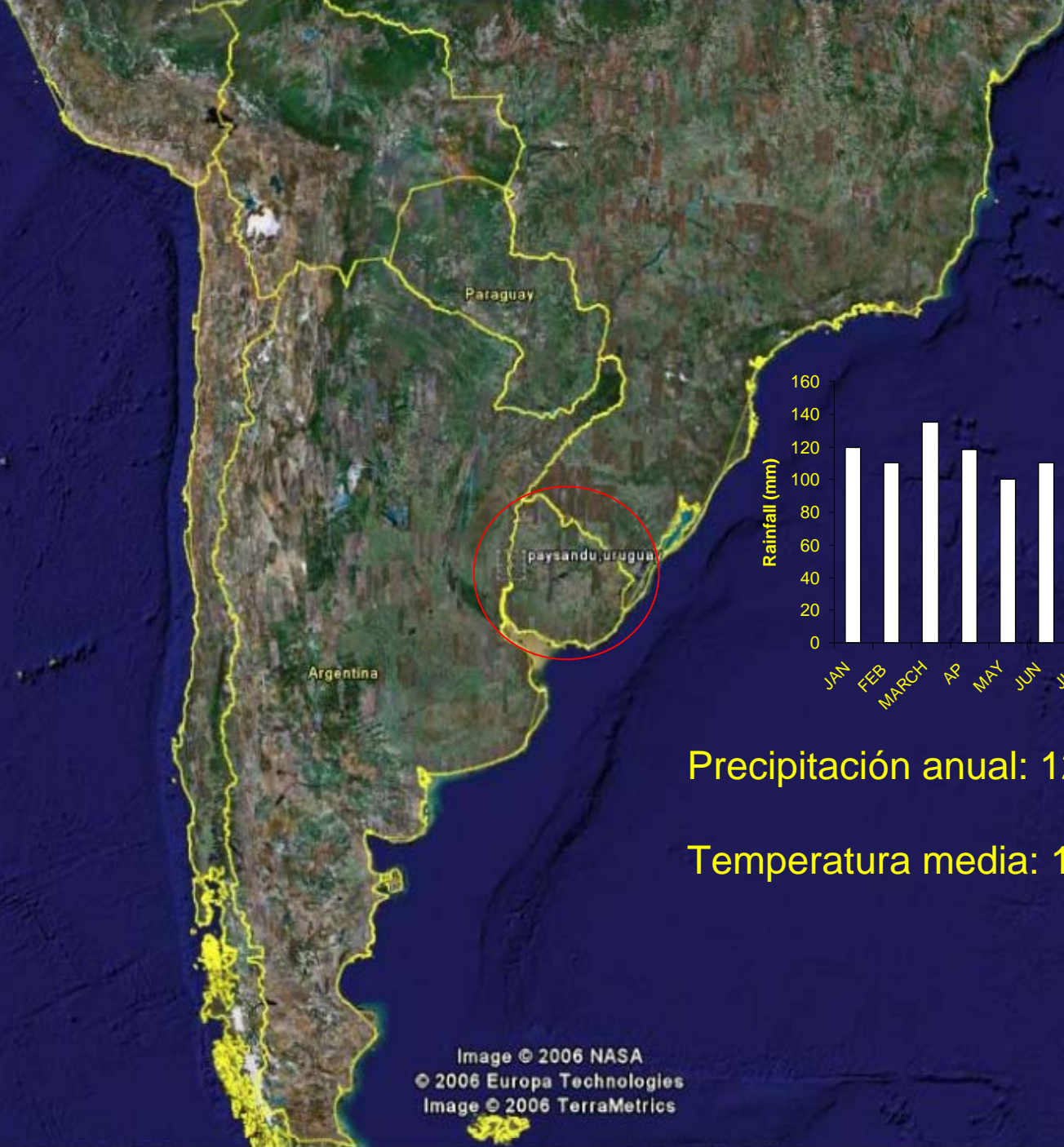
Sistemas de laboreo y rotación de cultivos: diseño y resultados del programa de investigación de Uruguay.

Oswaldo Ernst
Guillermo Siri-Prieto

Facultad de Agronomía
Universidad de la República Oriental del Uruguay

Image © 2006 DigitalGlobe
Image © 2006 TerraMetrics

©2006 Google™



Precipitación anual: 1200 mm

Temperatura media: 18 C°.

Image © 2006 NASA
© 2006 Europa Technologies
Image © 2006 TerraMetrics

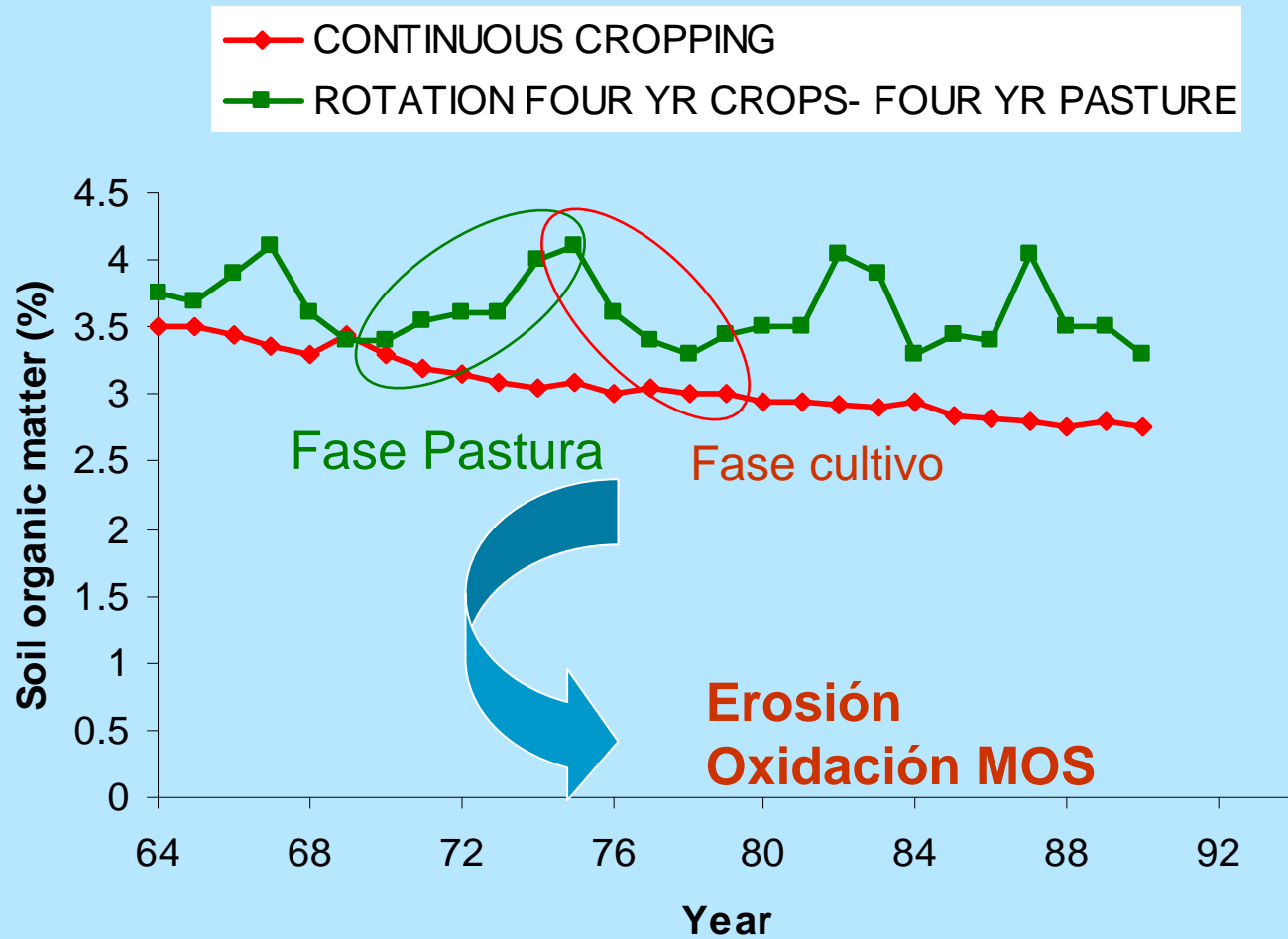
©2006 Google™

Características del suelo (Argiudol típico)



Profundidad (cm)	Arcilla (Clay) (%)	Arena (Sand) (%)	Ks (mm h ⁻¹)
8	27	28	
10	28	27	17
25	53	17	10
20	53	15	4
10	43	20	

Evolución de la materia orgánica del suelo entre 1964 y 1990 con laboreo convencional (Díaz Roselló, 1992)



ETAPA I: Secuencia trigo-barbecho-trigo

Barbecho

Trigo



5 meses de barbecho descubierto

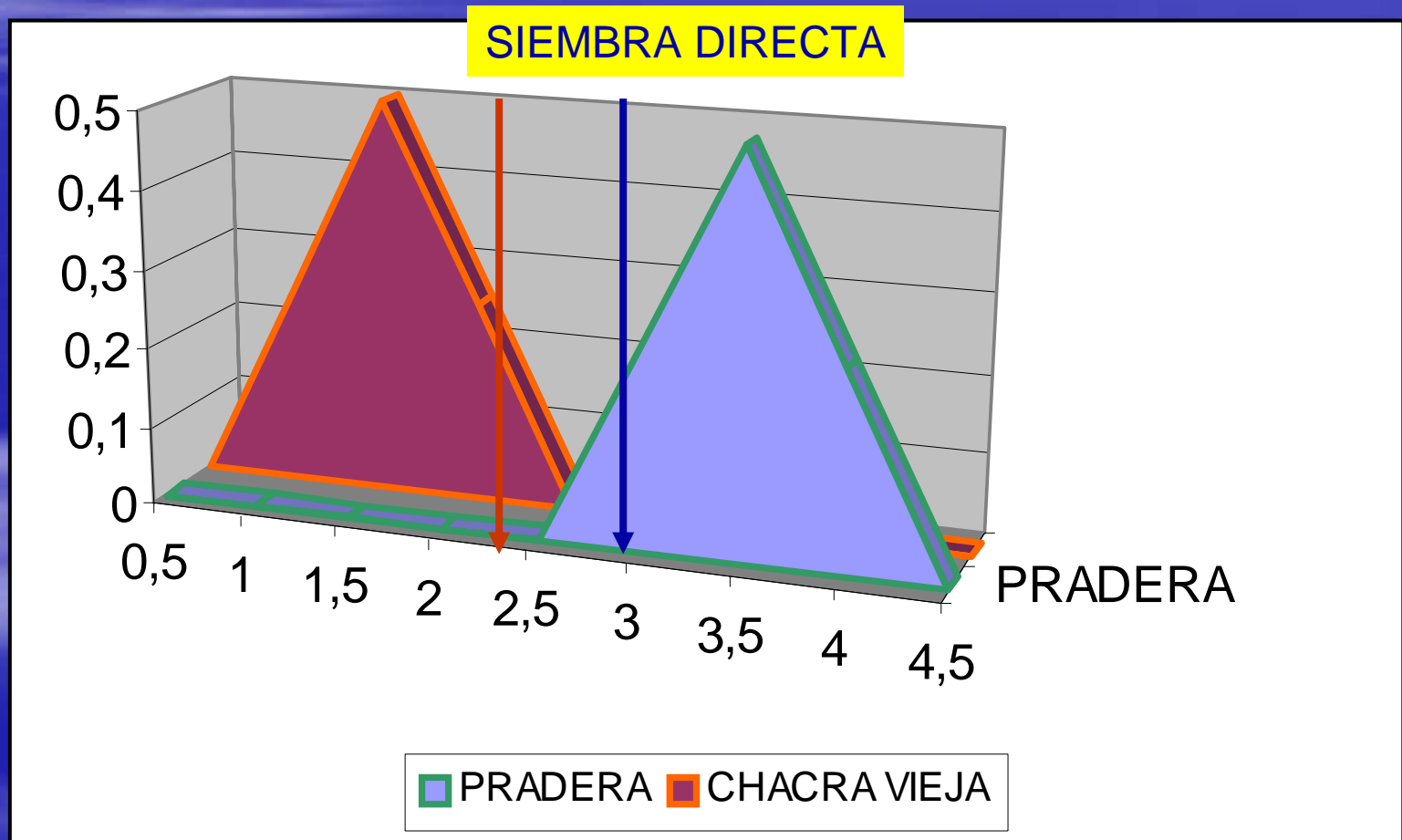
6 a 8 operaciones de laboreo

15 a 20 Mg de suelo erosionado

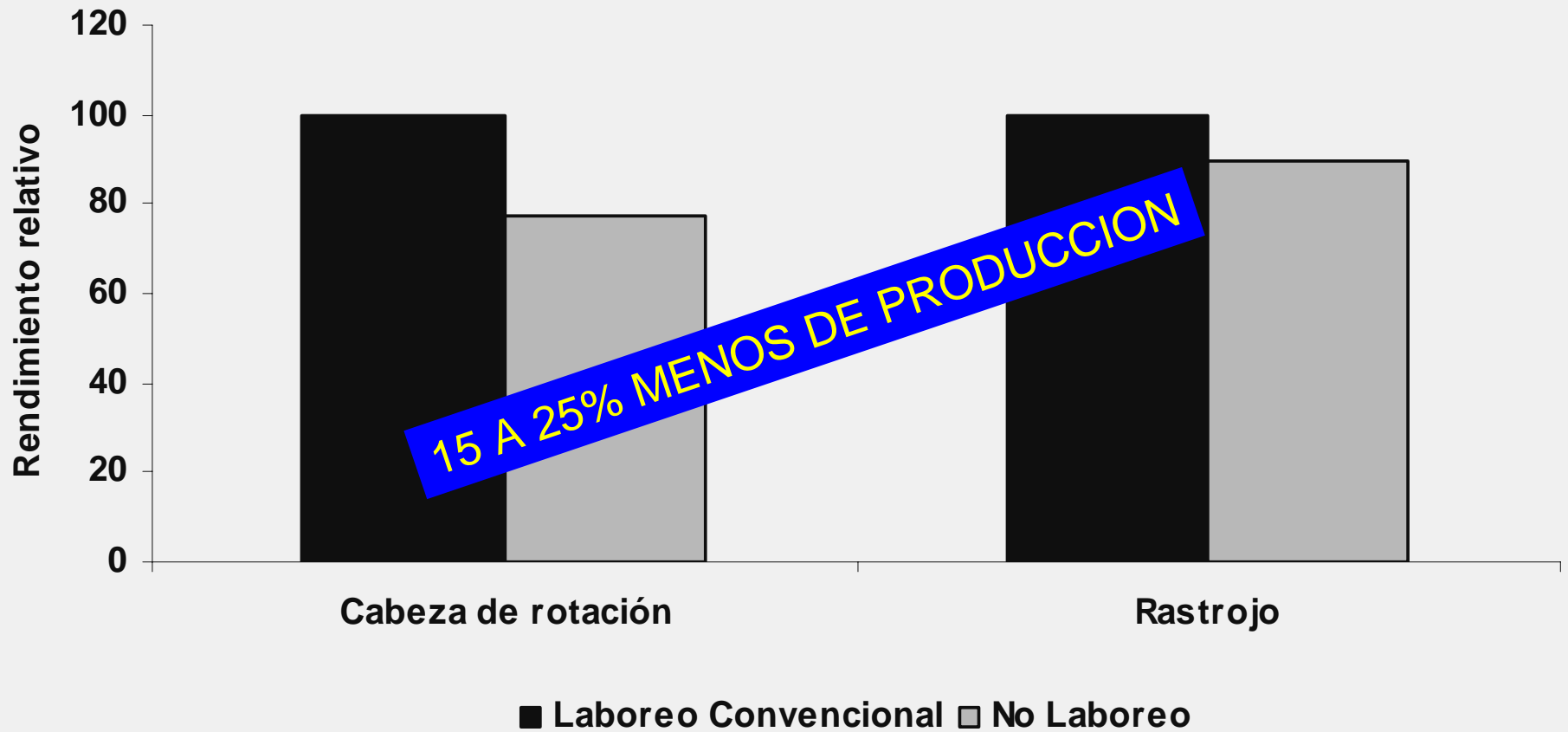
Perdida del 45% del COS en 0-20 cm

OBJETIVO: REDUCIR EL NUMERO DE OPERACIONES Y EL TIEMPO DE BARBECHO

ESTRATEGIA I: Experimentos aislados, en distintos tipos de suelo e historia agrícola



Rendimiento relativo de cultivos de invierno sembrados con laboreo convencional y sin laboreo sobre pradera vieja (cabeza de rotación) o rastrojos de cultivos que recibieron previamente laboreo



ETAPA II: Manejo del suelo para el sistema de producción

¿ES NECESARIO LABOREAR EN TODOS LOS
CULTIVOS DE LA SECUENCIA?

ESTRATEGIA II

Contemplar efectos residuales de corto y largo plazo en el suelo y en cada cultivo y en la rotación

Experimentos de largo plazo



SIEMBRA DIRECTA

06/28/2004



LABOREO CONVENCIONAL

06/28/2004

**Agricultura Continua
Siembra Directa (AC-
SD).**

**Glifostao para control
de malezas.**



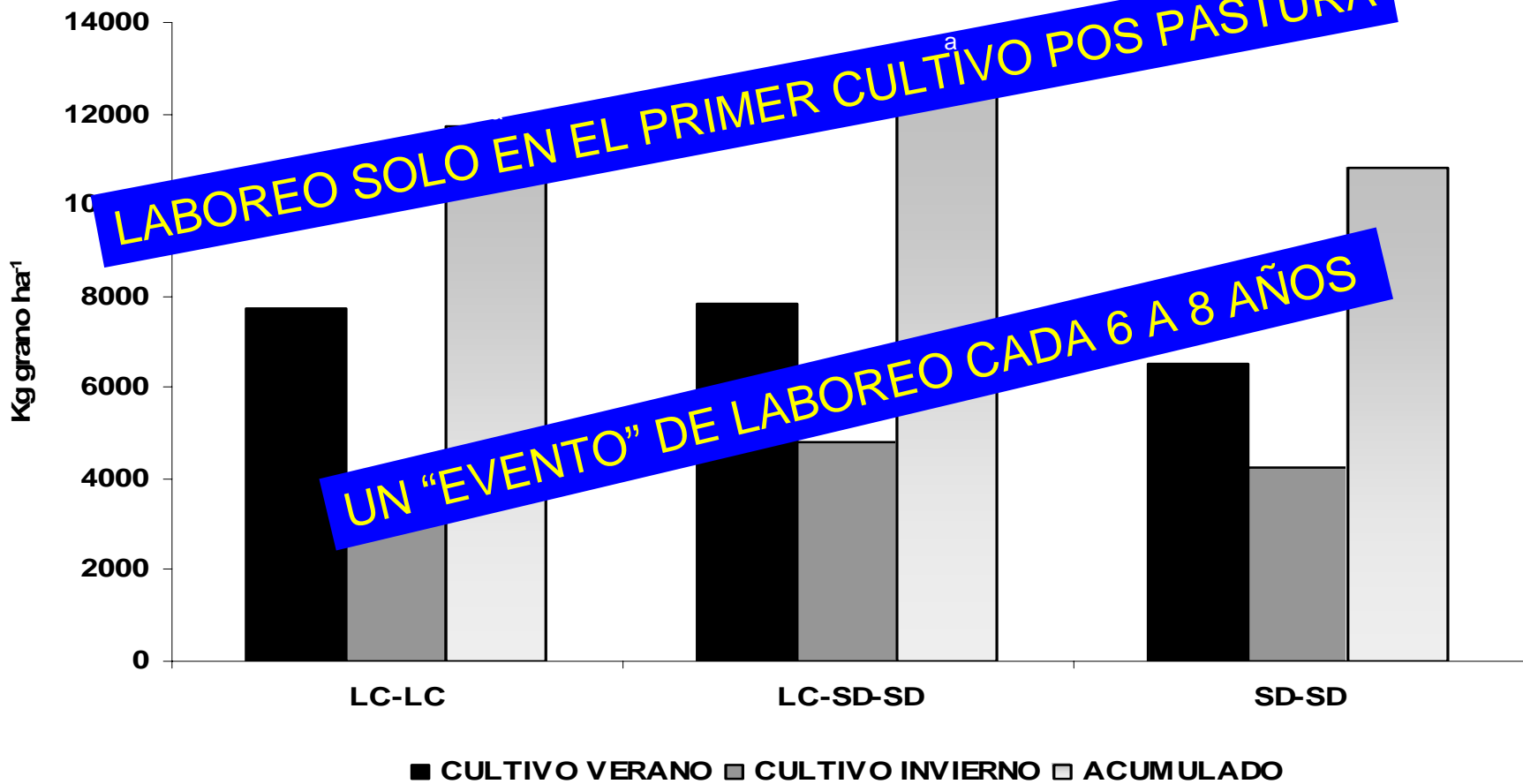
- Rotacion Cultivo-Pastura Siembra Directa (Rot-SD).
- . Glifostao para control de malezas



Número de eventos de labranza en los tratamientos evaluados para agricultura continua (SIN pastura) y rotación cultivos-pastura (CON pastura)

Nomenclatura	Eventos de laboreo en la fase agrícola de la rotación CON pastura	Eventos de laboreo en la fase agrícola de la rotación SIN pastura
LCC	6	12
LC-SD	3	6
LC-SD-SD	1	No corresponde
SD-SD	0	0

Producción de grano acumulada entre 1993 y 1995 para tres sistemas de labranza



Secuencia trigo-barbecho-trigo

Barbecho

Trigo



De 5 meses de barbecho descubierto y 5 a 8
operaciones de laboreo
15 Mg suelo erosionado/año



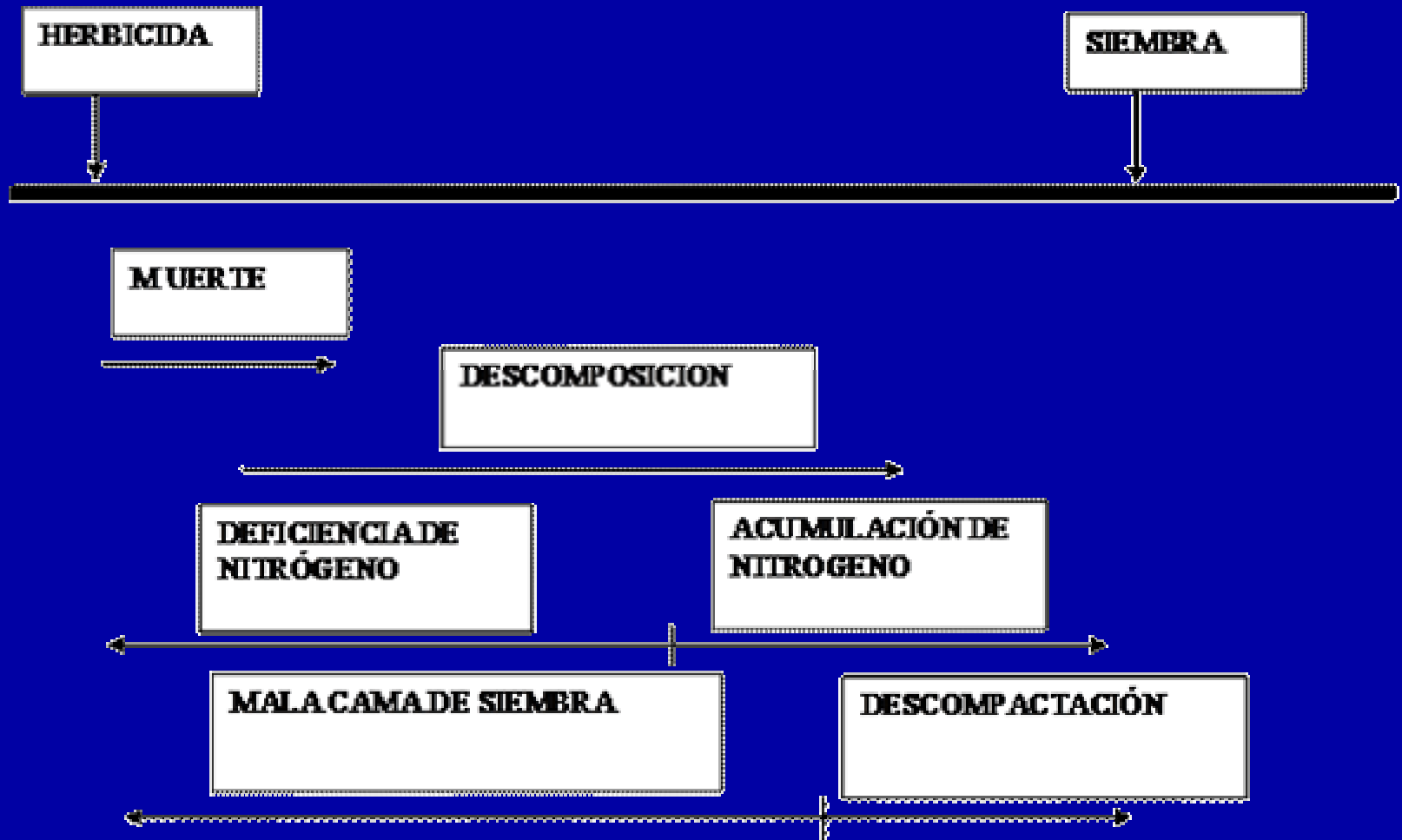
1 “evento de laboreo cada 6 años

5 Mg de suelo erosionado

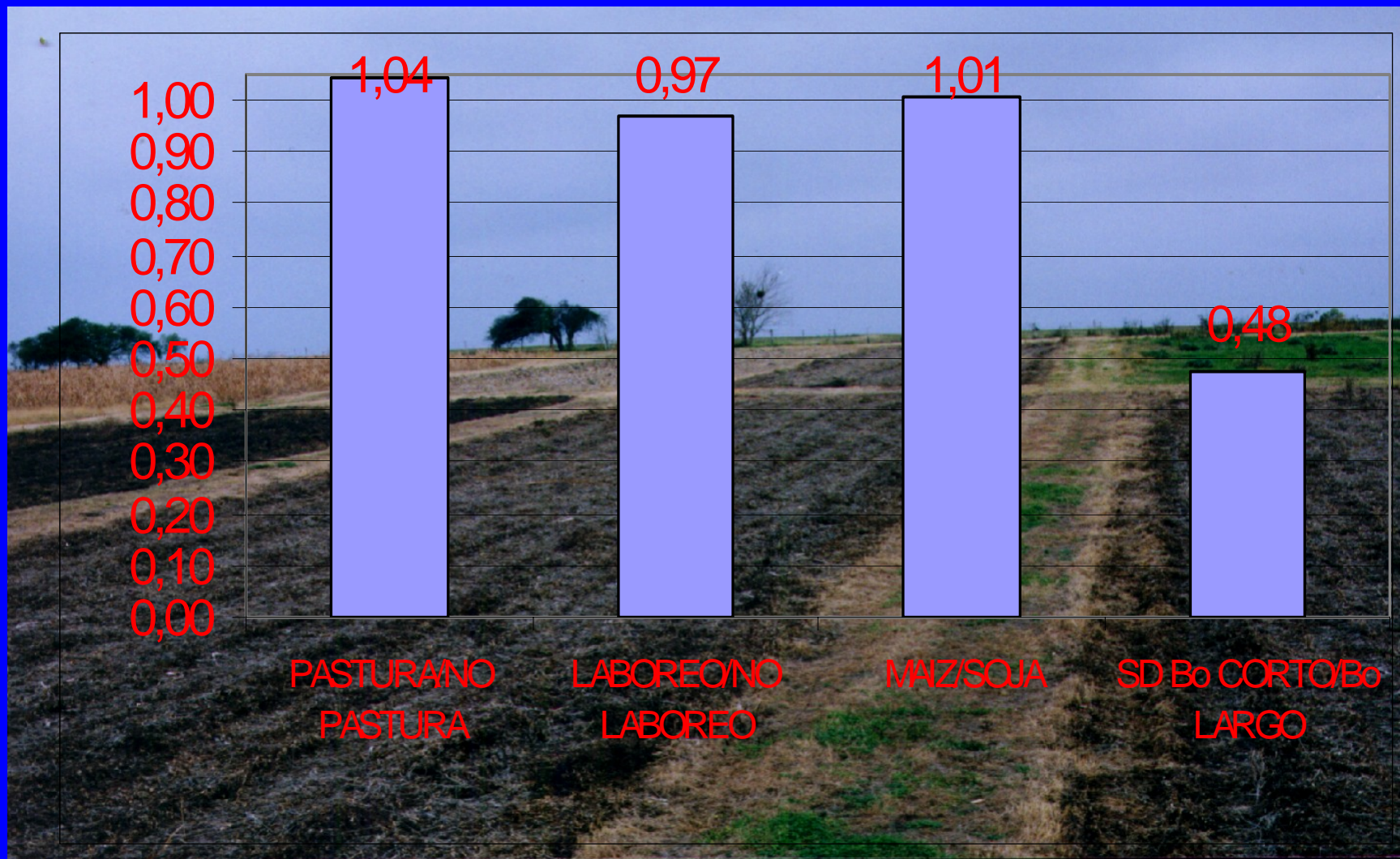
OBJETIVO: ¿ES POSIBLE ELIMINAR EL LABOREO EN LA SECUENCIA?

PARA ELLO ES NECESARIO ELIMINAR LA REDUCCION DE RENDIMIENTO DEL PRIMER CULTIVO DE LA ROTACION

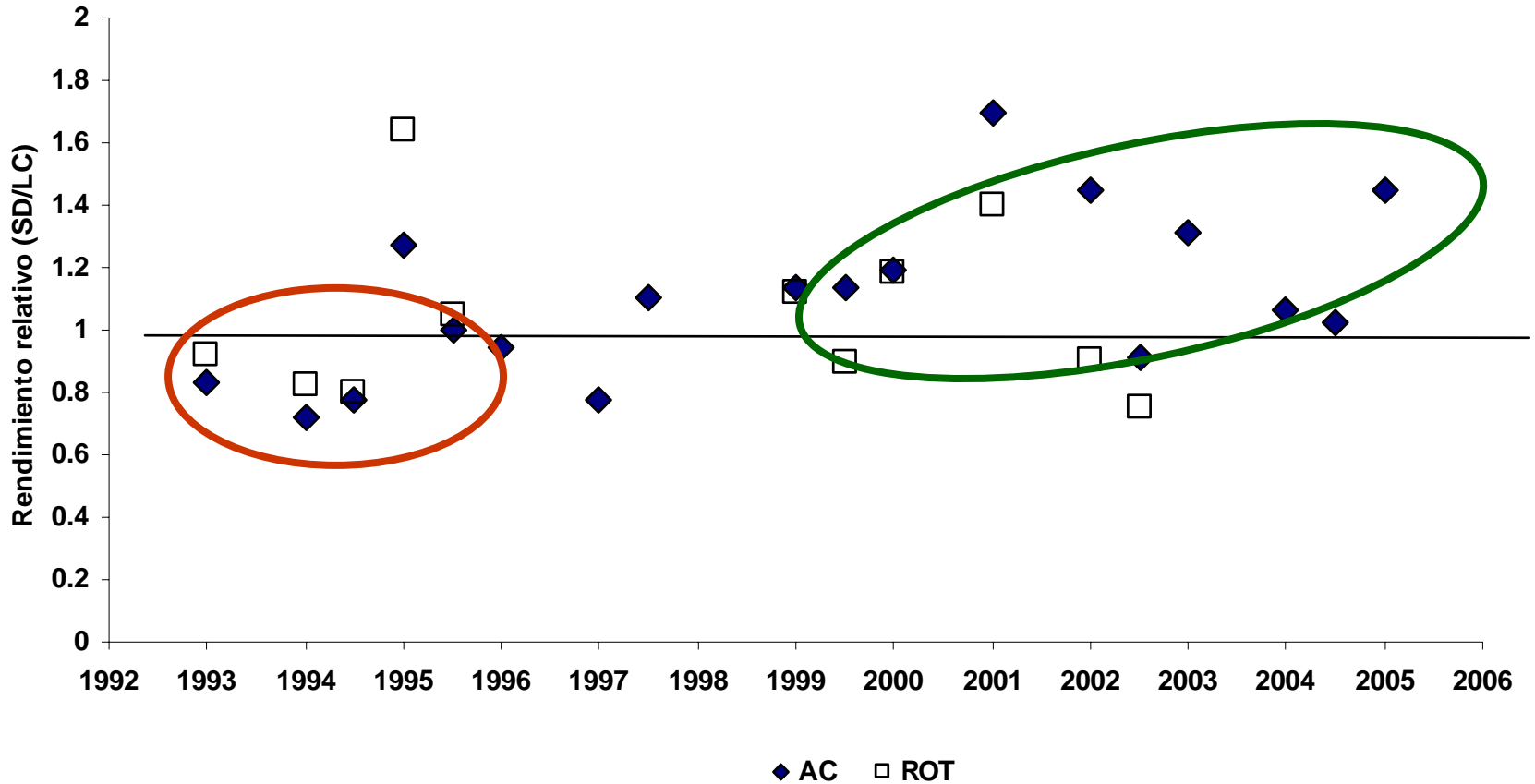
Esquema de los procesos que ocurren en el suelo durante el tiempo de barbecho



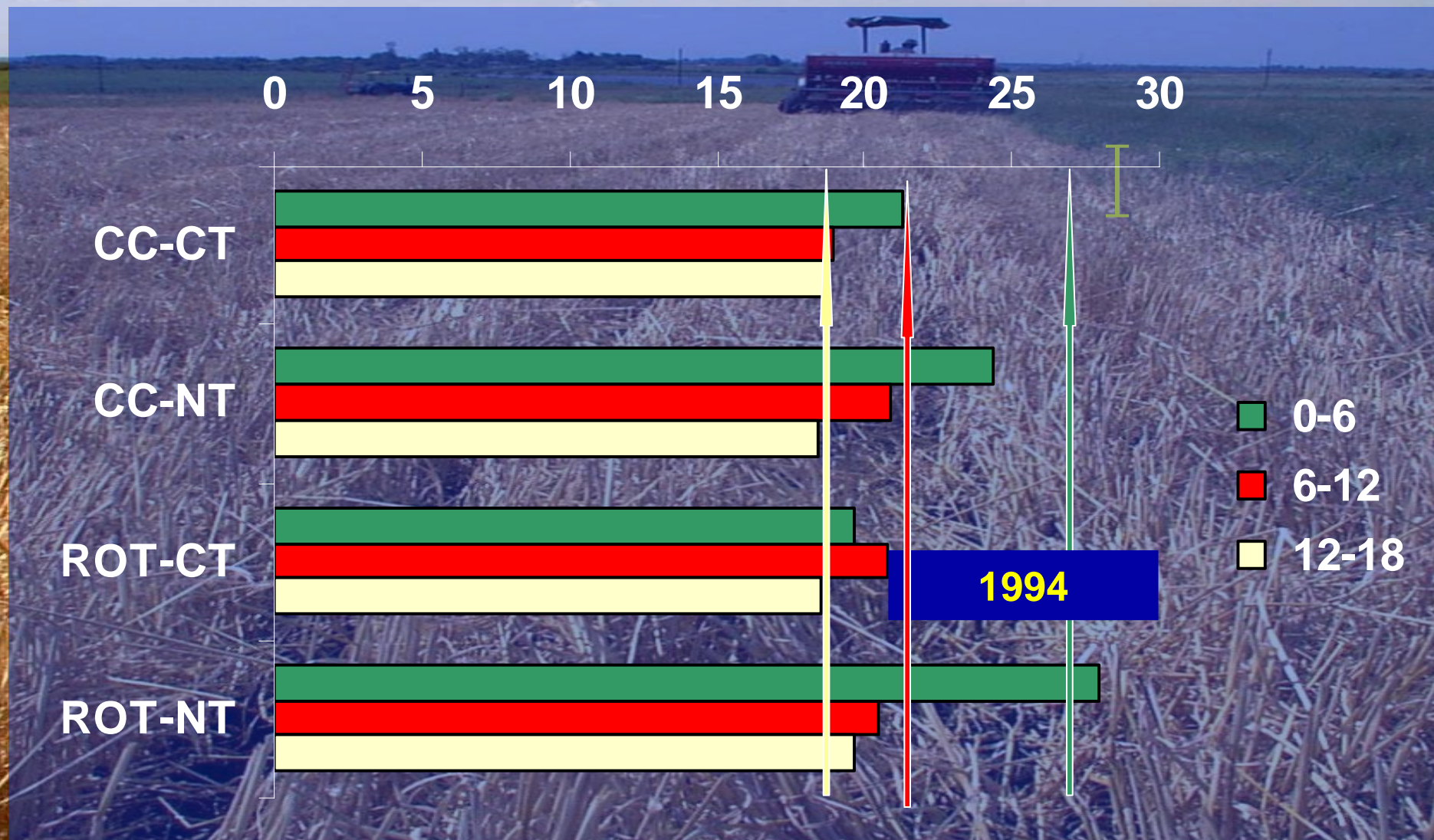
EFECTO DEL LABOREO, NO LABOREO Y ANTECESOR SOBRE RENDIMIENTO DEL TRIGO



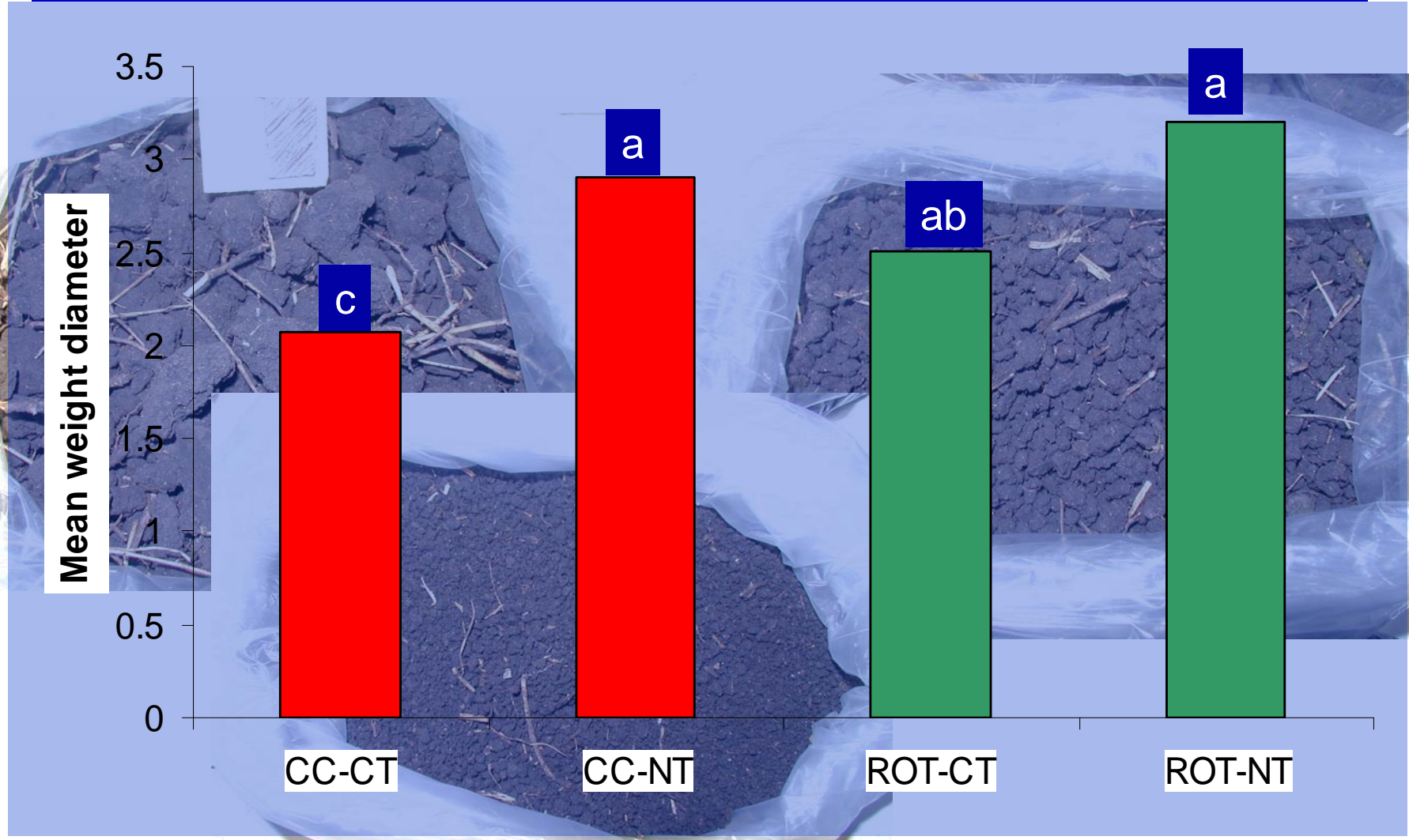
Rendimiento relativo de los cultivos sembrados sin laboreo (SD) o con laboreo convencional (LC) en sistemas de agricultura continua (AC) o en rotación con pasturas (ROT)



Concentración de Carbono Orgánico en el suelo (0-18 cm) en respuesta al tipo de laboreo y rotación o no CON pasturas. Experimento de largo plazo Paysandú, Uruguay (1993-2002)

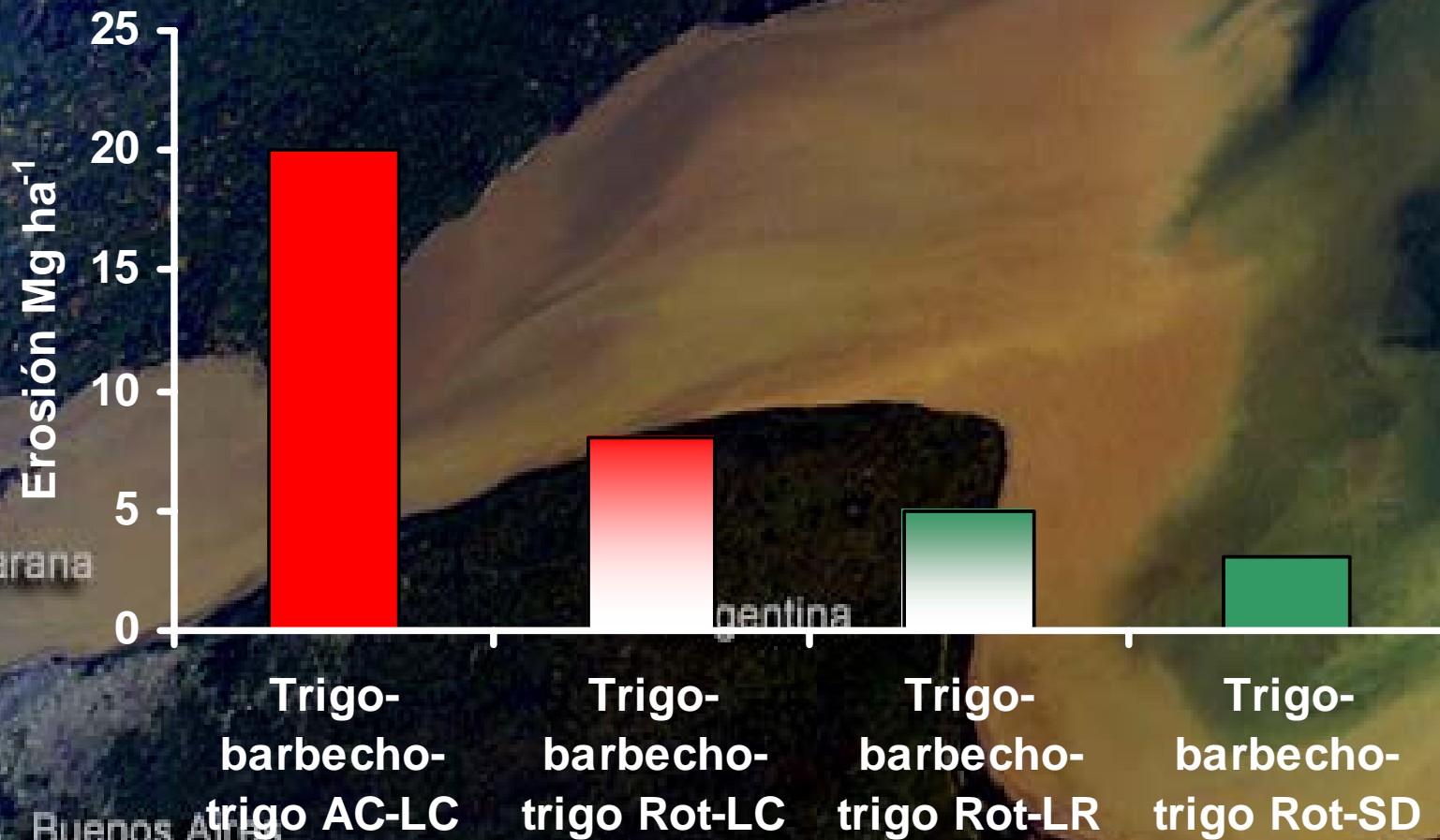


Tamaño Medio Ponderado de los agregados del suelo (0-15 cm) en el experimento de largo plazo en Uruguay (1993-2002)



EROSION PROMEDIO ANUAL EN PARCELAS DE ESCURRIMIENTO, LLEVADAS A 100m DE PENDIENTE

García Prechac, 2000



ETAPA III 2003: Un nuevo problema:

- Manejo de barbecho en agricultura continua sin laboreo

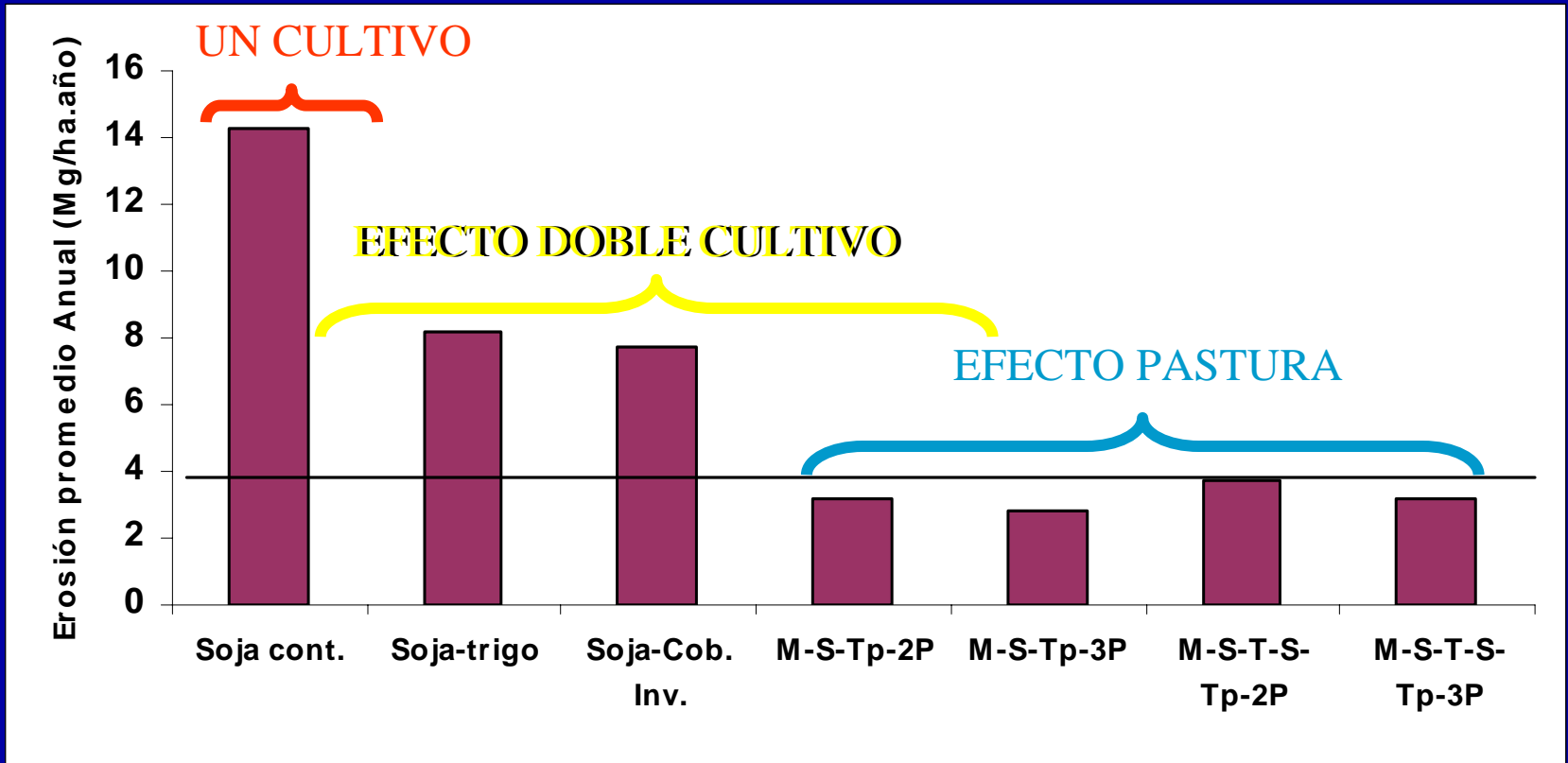
Número de explotaciones y superficie total afectada, según opciones de uso de la superficie

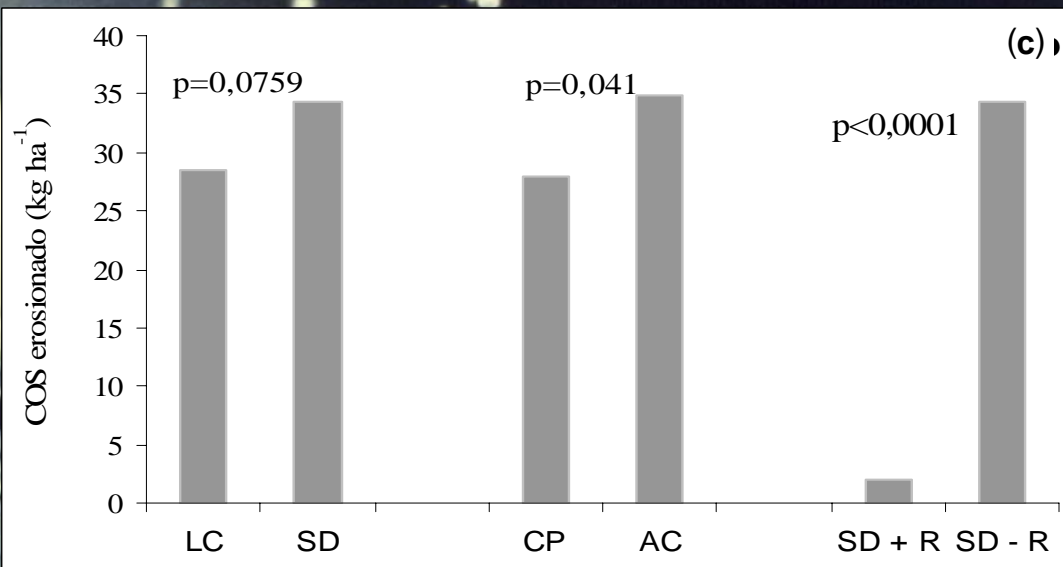
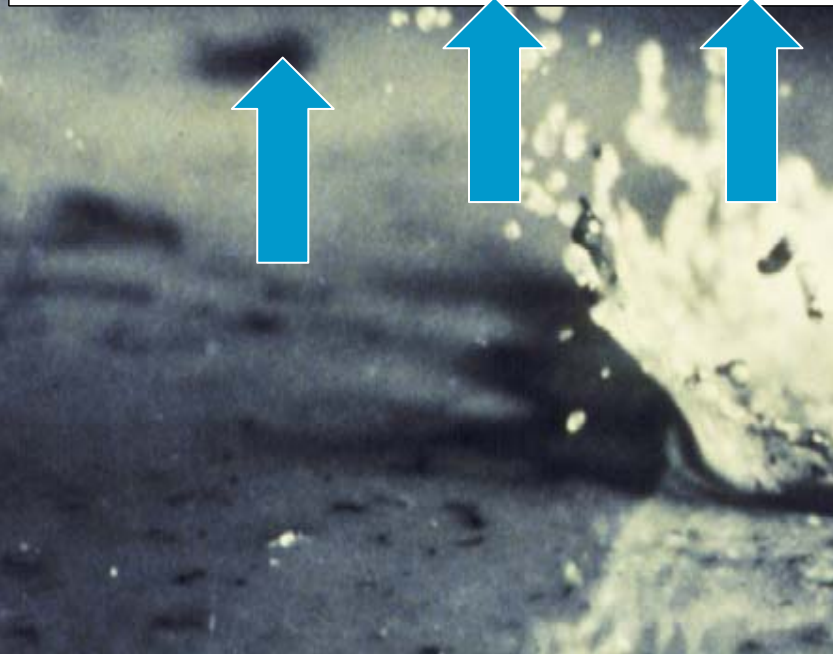
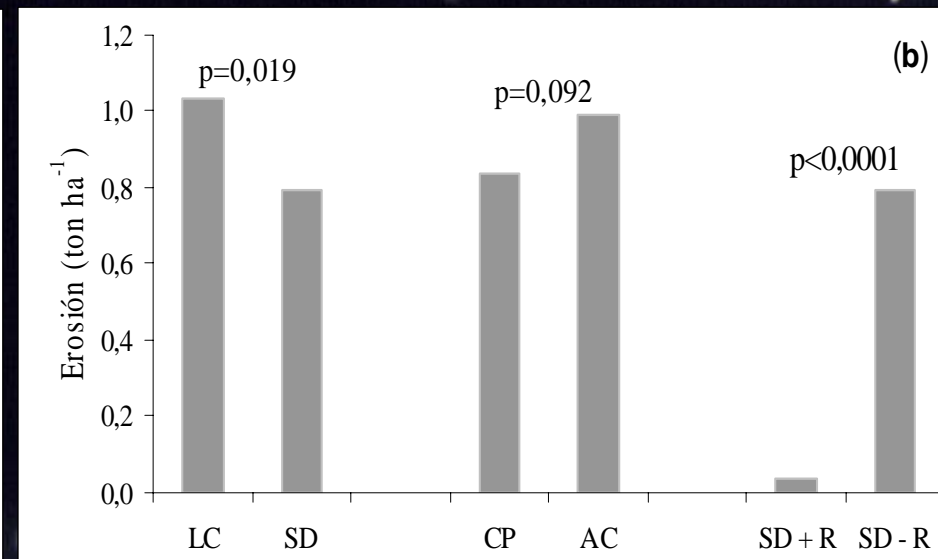
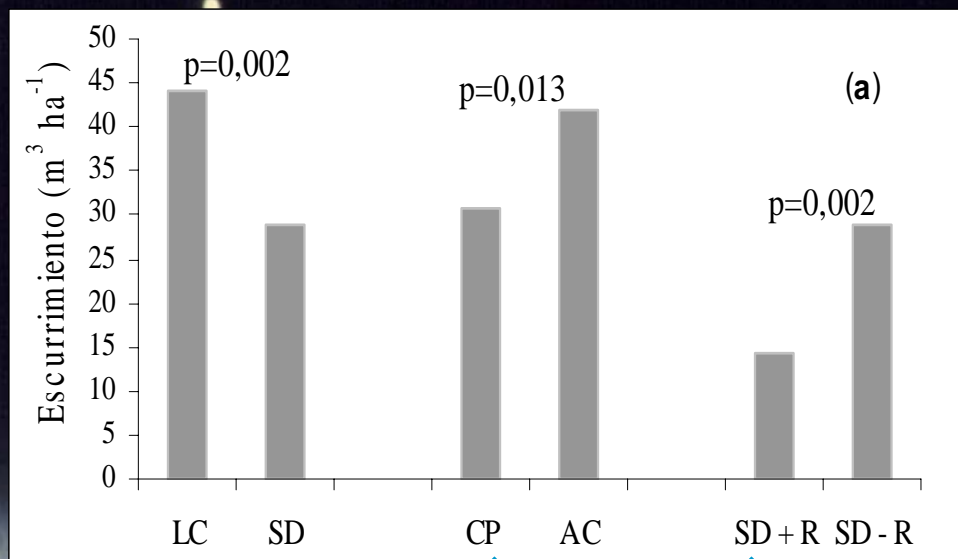
Opciones de uso	Explotaciones N°	Superficie total explotada	
		Miles de ha	%
Total	7.532	2.944,50	100
Sin agricultura	3.886	1.463,60	49,7
Rotación cultivos-pasturas	1.830	698,3	23,7
Agricultura continua	449	265,1	9
Sin opción definida/agricultura marginal	3.850	517,5	17,6

Fuente: INIA **30% de la superficie agrícola**

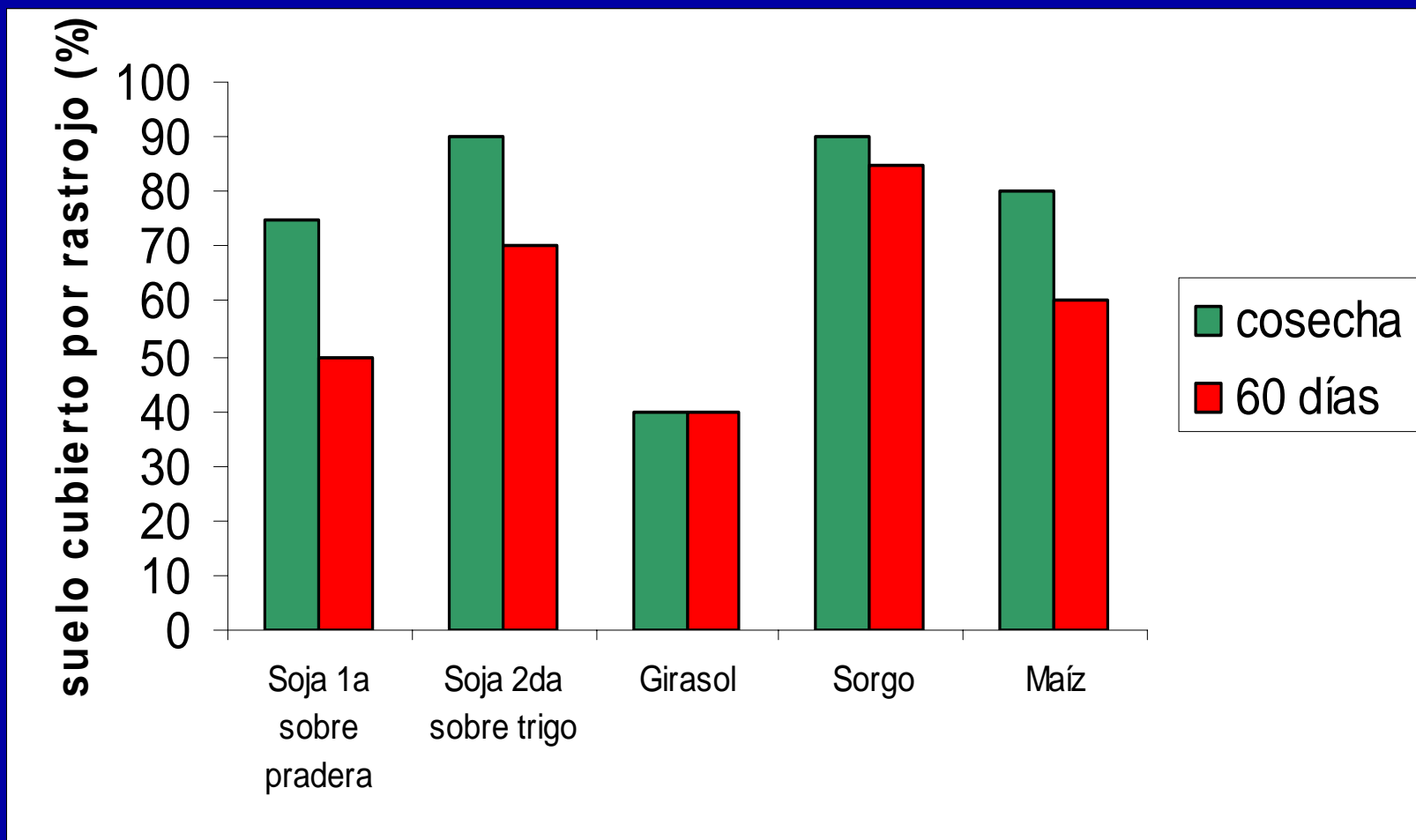
Erosión estimada para un Argiudol Típico de la Unidad Young, (pendiente de 3% y 100 m de largo) para SIEMBRA DIRECTA . M: maíz; S: soja; T: trigo; p: pradera consociada; 2P: 2 años de pradera.

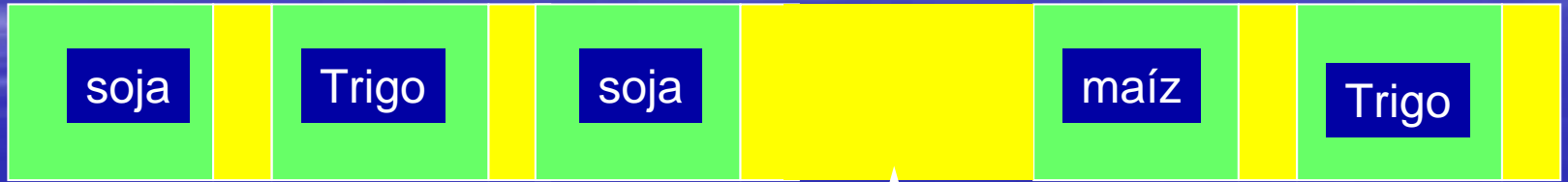
García-Préchac, 2004)



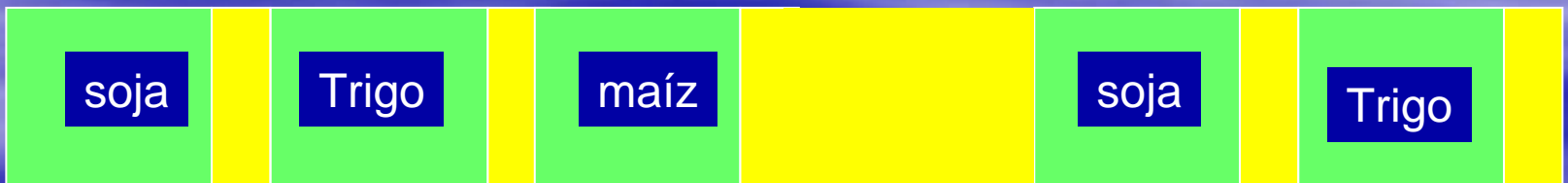


Cobertura de suelo por rastrojo de distintos cultivos





Posibilidades de mantener ingreso
de N por fijación simbiótica



Necesidad de mantener cobertura de suelo

Disponibilidad de N-NO₃⁻ a la siembra y a seis hojas (V6) de maíz sembrado sin laboreo sobre barbecho, después de cultivos de cobertura de raigras (*Loilium multiflorum*) o trébol alejandrino (*Trifolium alexandrinum*)

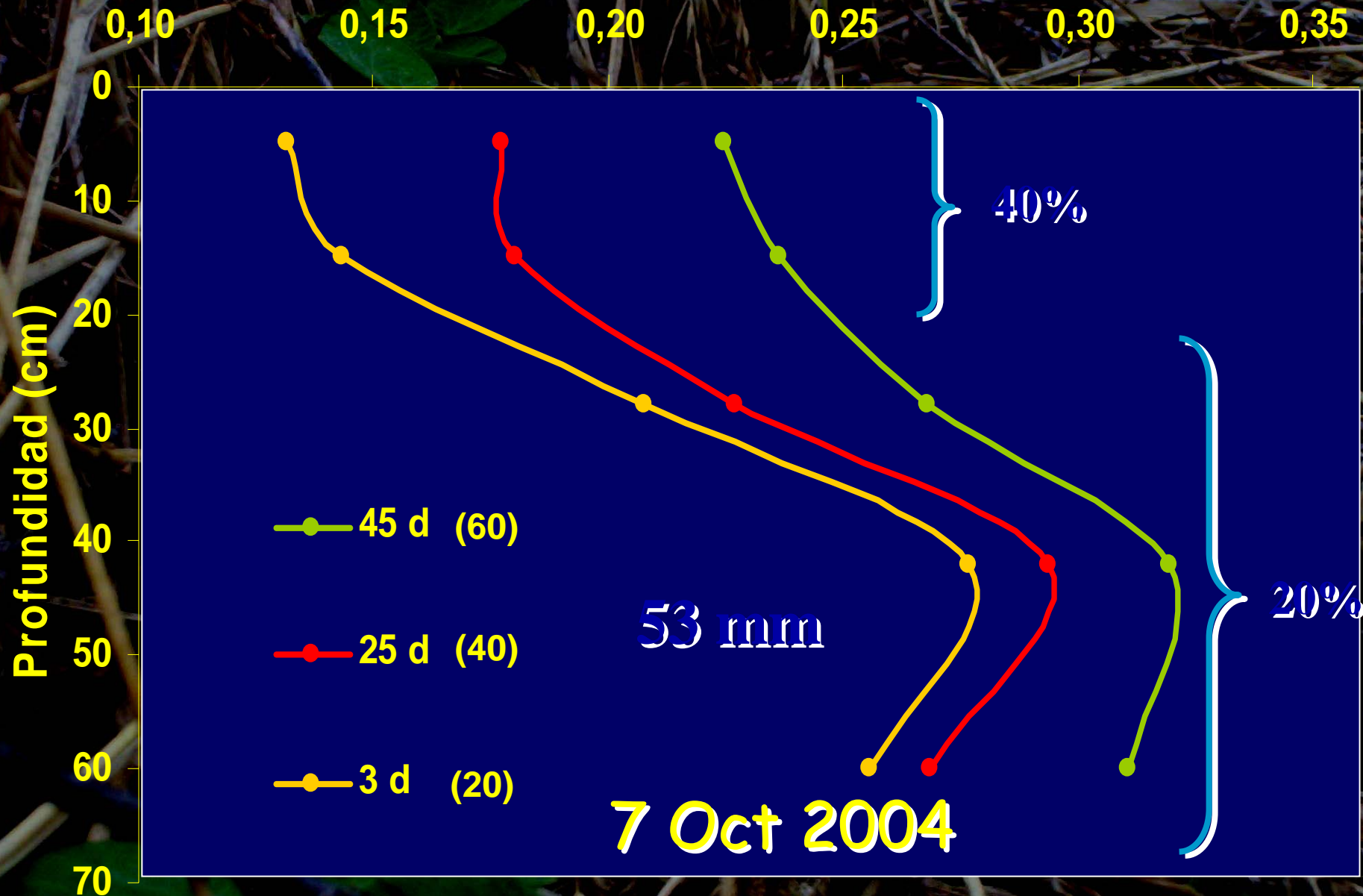
<i>Variables</i>	2004		2005		2006	
	Siembra	V6	Siembra	V6	Siembra	V6
Barbecho	19	11	14	13	10	8
<i>Trébol alejandrino</i>	7	5	7	17	5	8
Raigras	3	5	5	10	5	5

Efecto de la fecha de aplicación del herbicida total a un cultivo de cobertura de raigras sobre su producción de materia seca (kg ha⁻¹) y disponibilidad de N-NO₃⁻ a la siembra (mg kg⁻¹) (0-20cm).

<i>Variables</i>	Día del año			
	235	276	296	LSD_(0.05)
Producción de raigras	4242	6613	8491	1750
N-NO₃⁻ a la siembra de soja ^a	12.6	3.0	2.4	1.0
N-NO₃⁻ V2 ^b	25	12	13	6.7

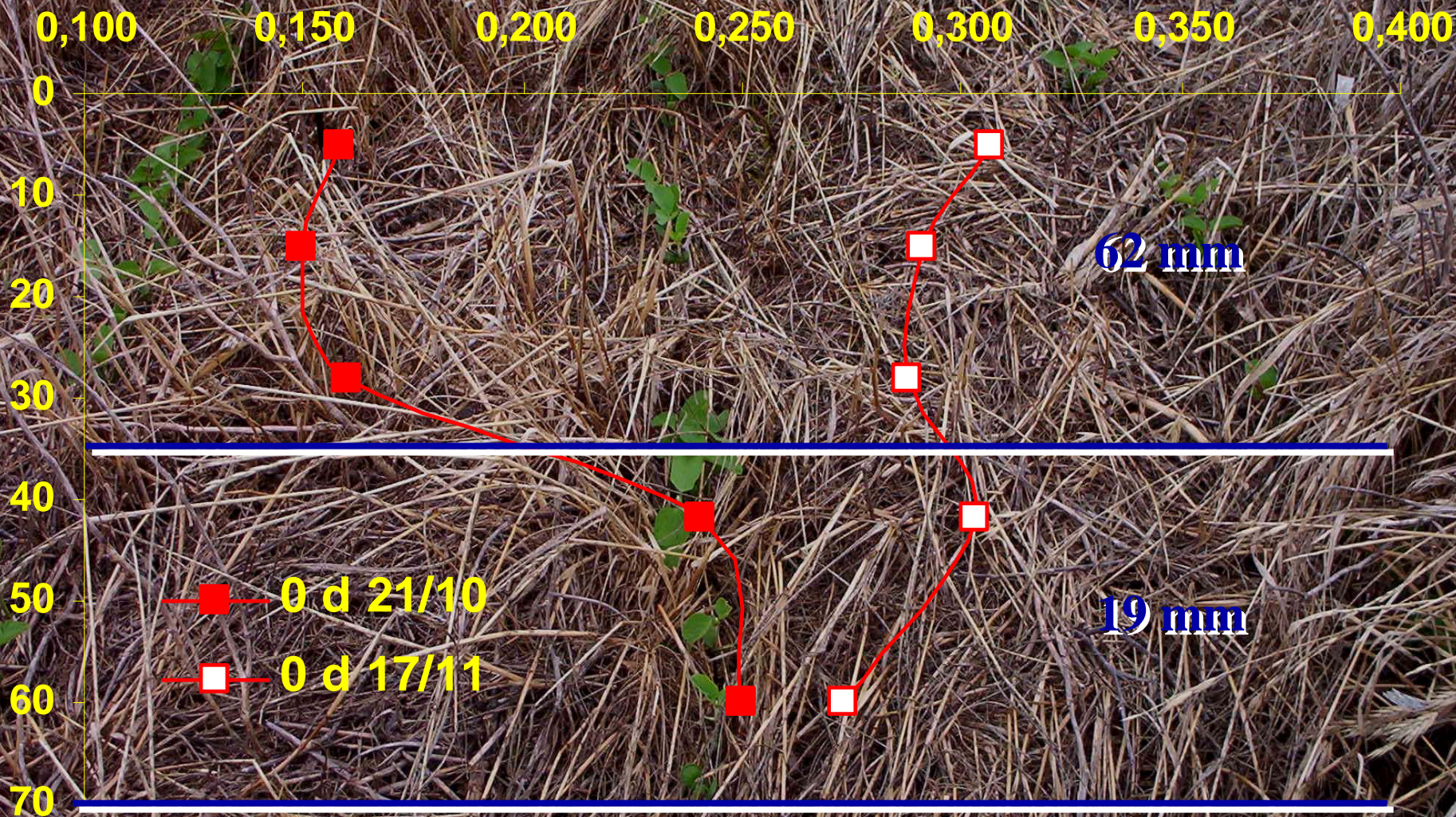
b= 36 días pos siembra

Humedad gravimétrica



Cambios en el contenido de humedad en el suelo entre el 21 Oct. y el 17 Nov. 2004

0 d barbecho (EEMAC 2004-2005)



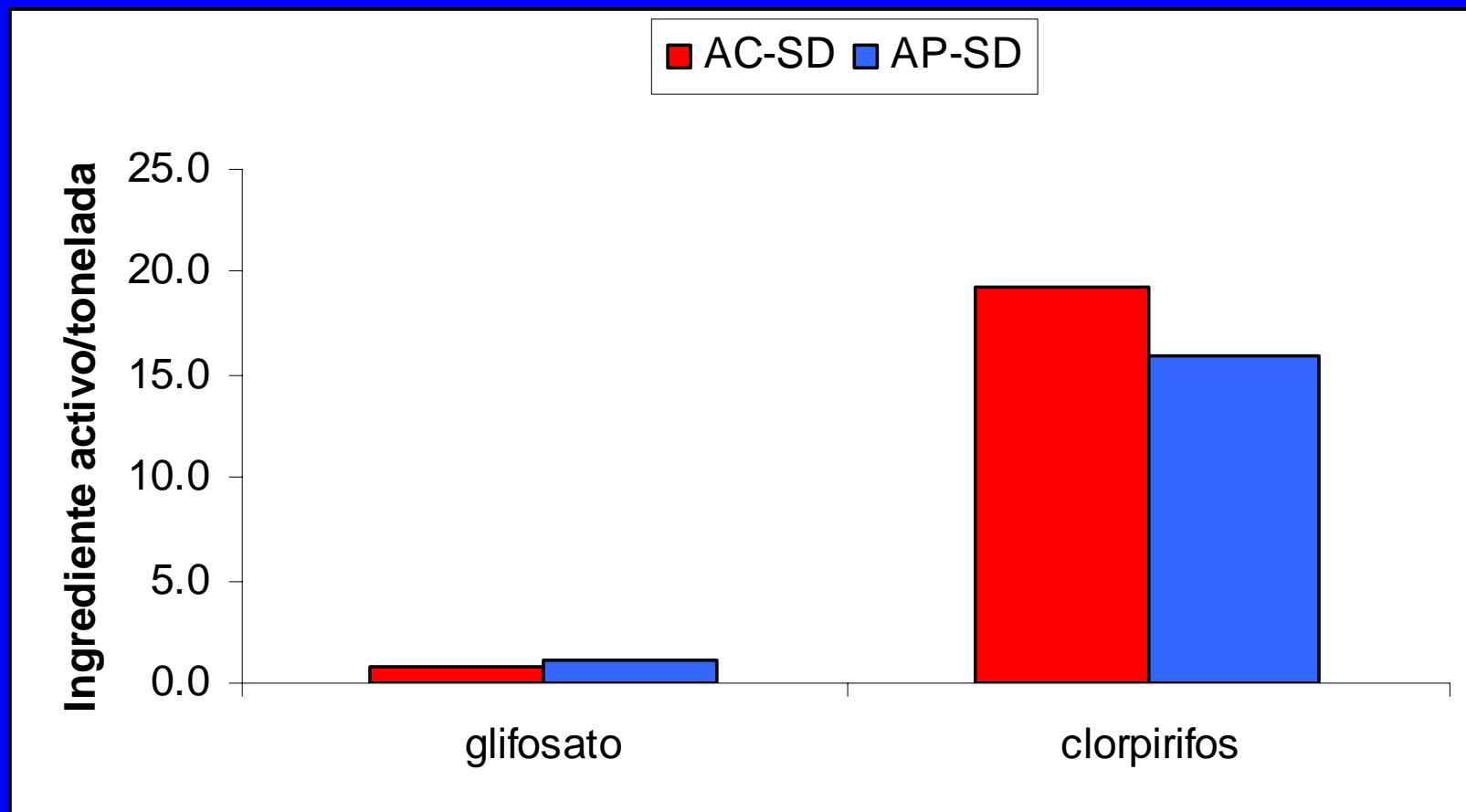
Efecto de la fecha de aplicación de herbicida a un CC de *Trifolium alexandrinum* sobre su acumulación de materia seca, N y relación C/N.

Fecha de aplicación del herbicida	Materia seca acumulada (kg ha⁻¹)	Nitrógeno en la materia seca (g kg⁻¹)	Nitrógeno acumulado (kg ha⁻¹)	Relación C/N (*)
29/9	1321	46	61	8,7
19/10	4917	21	103	19,2
3/11	4861	21	102	19,2

Uso de insumos en cuatro sistemas de producción durante 12 años, Paysandú, Uruguay 1993-2005. (Siri-Prieto *et al*, 2005).

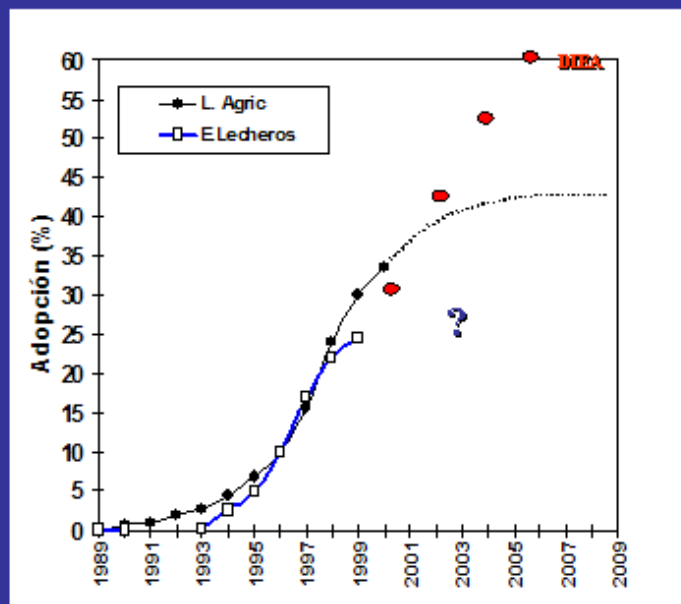
	Agricultura continua		Rotación cultivo-pastura	
	<u>LC</u>	<u>SD</u>	<u>LC</u>	<u>SD</u>
<u>Fertilizantes</u>				
Nitrogeno (kg ha ⁻¹)	639	775	349	431
Fósforo (kg ha ⁻¹)	404	425	214	230
<u>Herbicidas</u>				
Glifosato (kg ha ⁻¹)	0	37.9	0	21.6
Metsulforon Metil (kg ha ⁻¹)	3.0	11.0	6.0	6.0
Atrazina (kg ha ⁻¹)	7.3	7.3	6.0	6.0
Alfa Metolaclor (kg ha ⁻¹)	11.0	11.5	4.3	4.8
<u>Insecticidas</u>				
Clorpirifos (g ha ⁻¹)	960	960	480	480
Endosulfan (kg ha ⁻¹)	2.27	2.27	0.53	0.53
Alsystin (g ha ⁻¹)	170	170	0	0
<u>Machinery Operations</u>				
Gas-oil (l ha ⁻¹)	1104	713	633	377
Labor use (h ha ⁻¹)	90.0	59.4	50.6	31.2

Uso de agroquímicos por tonelada de grano producida en el sistema (1993-2005)



Consideraciones finales

- El programa logró aportes significativos a la solución de los problemas planteados que permitieron que en la actualidad la adopción de la siembra directa se haya generalizado en los sistemas agrícolas de Uruguay



Porcentaje acumulado de productores adoptantes de SD.

F: Scarlato *et al.* 2001. Ernst *et al.* 2001. DIEA, 2007

En base a los últimos datos de DIEA, el **80%** de la superficie sembrada en la zafra 2006-07 fue sin laboreo

Resultados

- Se logró eliminar el laboreo en un proceso que no implicó pérdida de producción pero..
- Los cambios en las secuencias de cultivos y en los sistemas de producción no son neutros,
- modifican propiedades y equilibrios logrados que implican modificar la tecnología de producción para que no se transformen en un paso hacia atrás en el camino ya recorrido
- enfermedades, malezas, plagas, uso del agua, balance de nutrientes
- La instalación de experimentos de largo plazo permitió que se manifiesten en forma anticipada los problemas que pueden aparecer a nivel de la producción cuando la tecnología se adopta

- **Entender cómo el manejo del suelo afecta las propiedades del sistema de producción, cuantificadas como**
 - rendimiento en grano,
 - resultado económico,
 - cantidad y tipo de enmalezamiento,
 - dinámica de enfermedades y plagas,
 - tipo y cantidad de insumos necesarios para producir una unidad de producto

es de capital importancia para el éxito de las propuestas tecnológicas que surgen de los programas de investigación.