

# Labranza Conservacionista, Nitrógeno y Calidad de Agua



*Dr. Dory Franklin*  
*Ecóloga*

# Labranza Conservacionista, Nitrógeno y Calidad de Agua

- *Se espera una intensificación de la agricultura a nivel global*

- Desde 1997 a 2030 -> 1.4 %




- Período previo de 30 años -> 2.1 %

- Actualmente tierras cultivadas + tierras con pasturas = ~ 40% de la superficie terrestre


*(eftec, 2005)*

# Labranza Conservacionista, Nitrógeno y Calidad de Agua



- *Sobre una base global*
  - Incrementos atribuidos a aumentos en los rendimientos más que en el área cultivada (Bruinsma, 2003).
  - Crecimiento pasado y futuro es esencial para la viabilidad económica de las naciones del mundo.

# Labranza Conservacionista, Nitrógeno y Calidad de Agua



- Resumen de 362 cultivos
  - Maíz, soja, arroz y caupí
  - El aumento de rendimiento fue atribuido a los fertilizantes N, P, K
    - 50% en los EE.UU. e Inglaterra
    - +50% en la zona de los trópicos
- (Stewart et al., 2005)*

# Labranza Conservacionista, N y Agua



- 1960 a 1995
  - Incremento en 700 veces en el uso global de fertilizantes nitrogenados
  - Incremento en 300 veces en el uso de fertilizantes fosforados ( $P_2O_5$ ) desde 1960 a 1995.

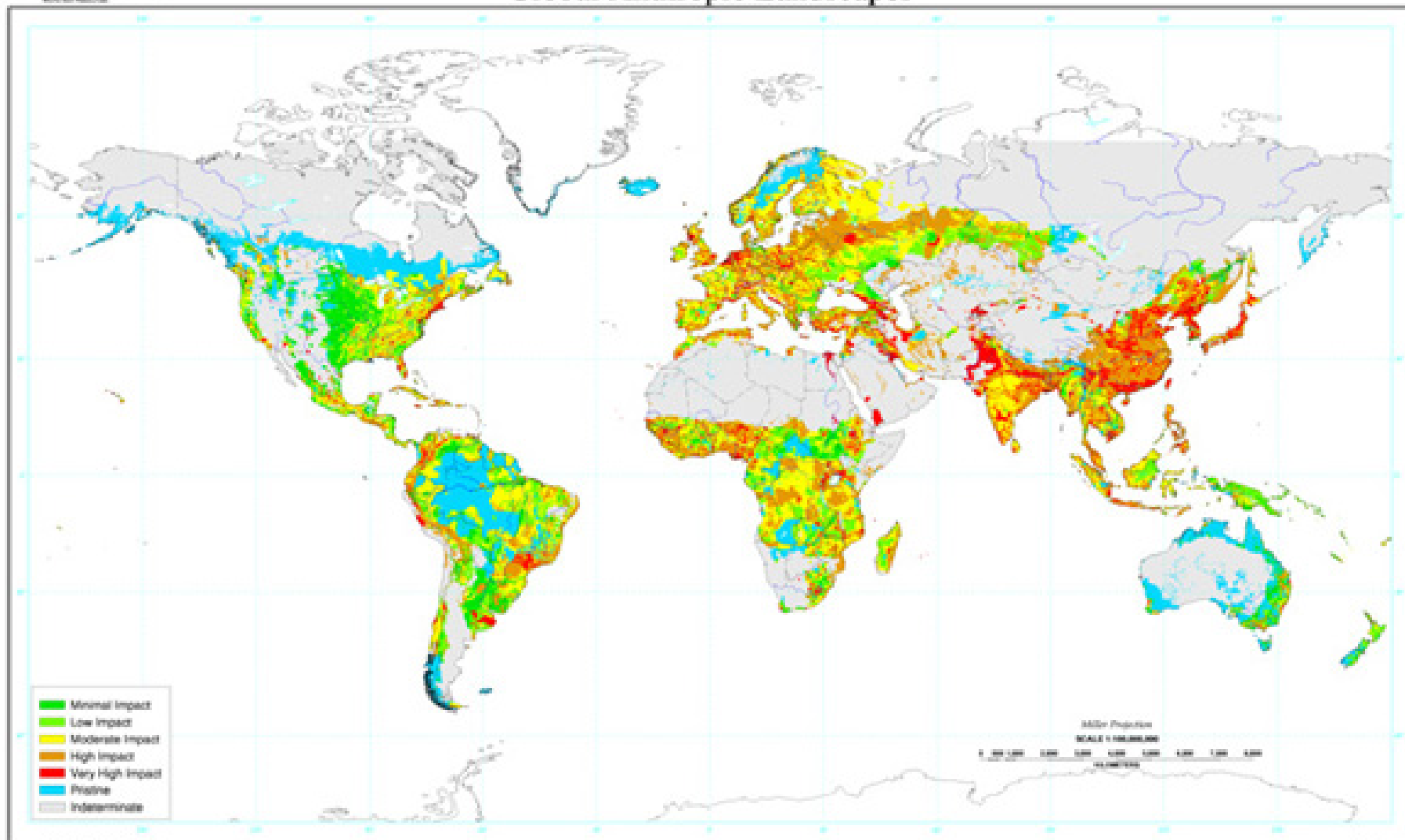
*(Tilman et al., 2001)*

# Labranza Conservacionista, N y Agua

- *La intensificación es conducida por:*
- Las necesidades de 6 billones de personas
- Alimento, fibra, abrigo, y agua  
*(Foley et al., 2005)*
- Y ahora Combustible!



## Global Anthropogenic Landscapes



# Impacto Humano

Celeste es bajo impacto, rojo muy alto impacto y gris es indeterminado

(Fuente: USDA, NRCS)

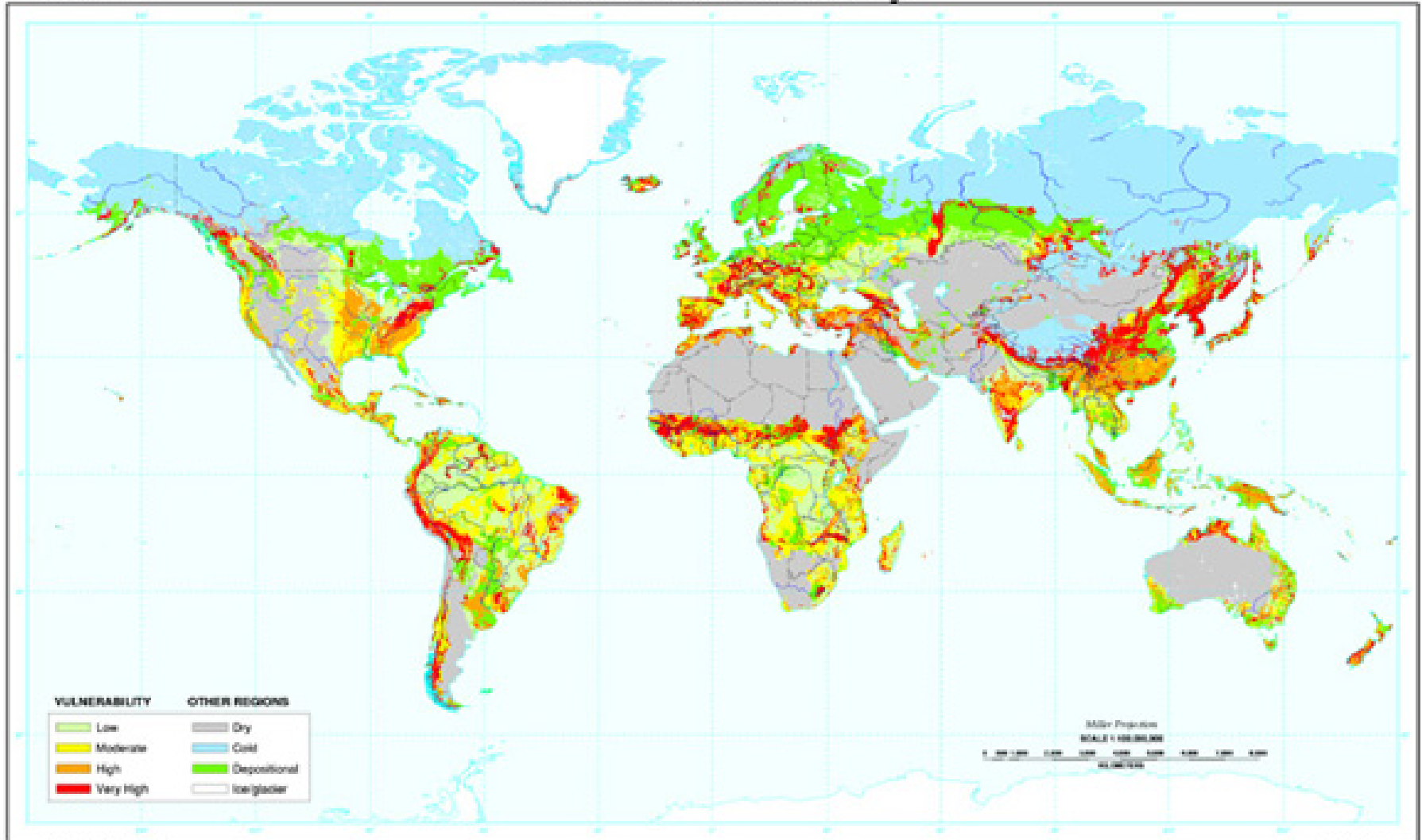
# Labranza Conservacionista, N y Agua



- *Preocupaciones acerca de la sustentabilidad de la intensificación agrícola:*
  - Reducción de la Biodiversidad,
  - Contaminación del agua subterránea,
  - Eutrofización de ríos y lagos,
  - Calidad de suelo, e
  - Impacto en los constituyentes atmosféricos



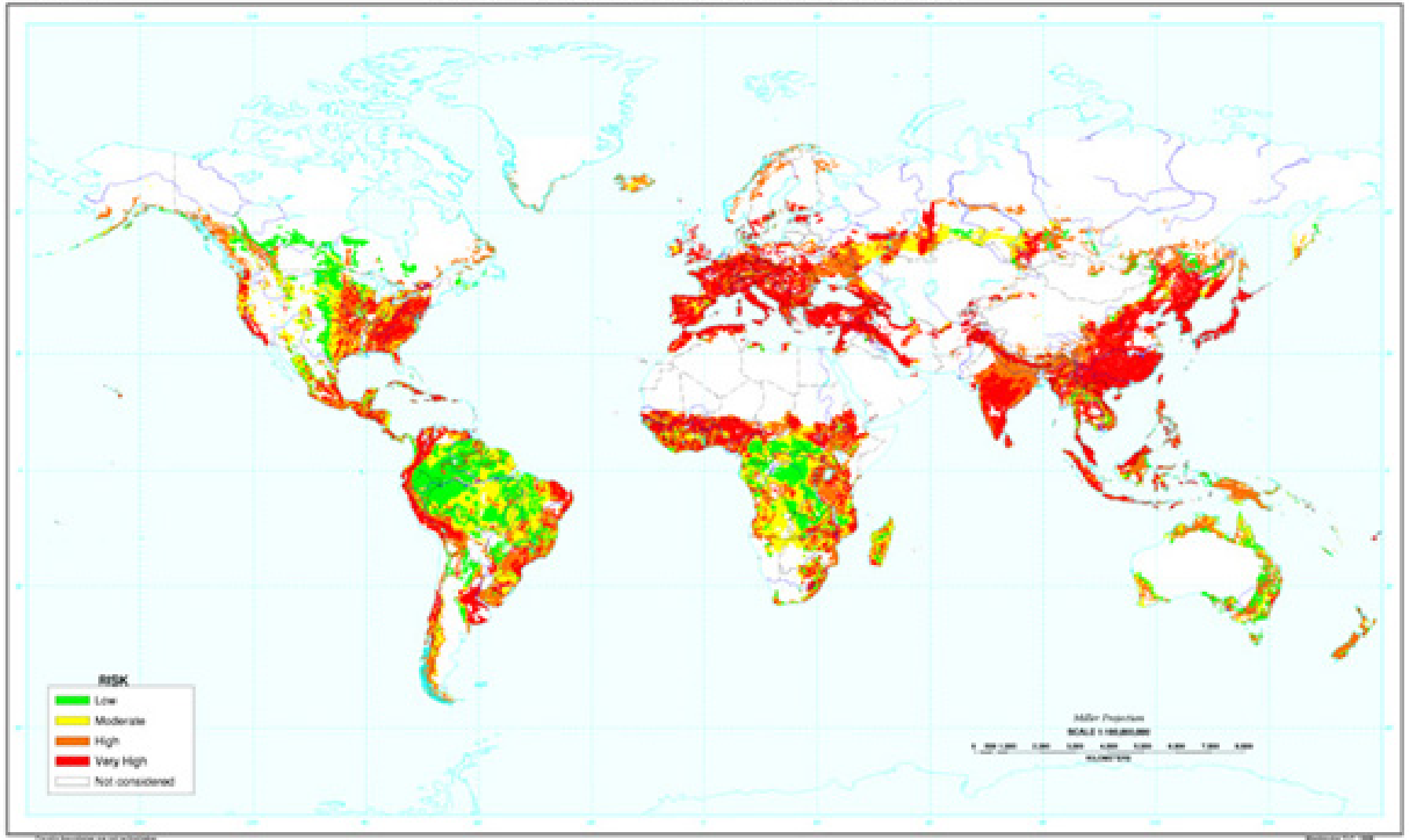
## Water Erosion Vulnerability



## Vulnerabilidad a la erosión hídrica

Verde claro es baja, rojo alta, y verde deposicional (*USDA, NRCS*)

## Risk of Human Induced Water Erosion



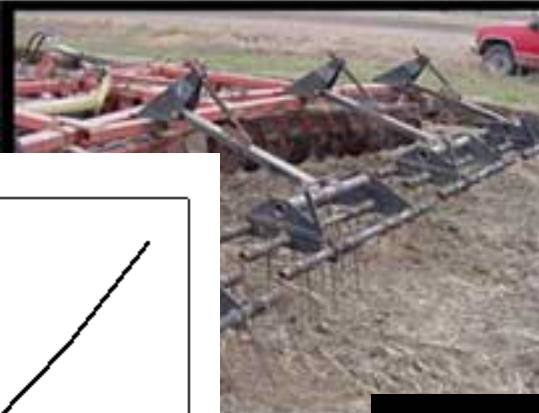
## Combinando Agricultura con Vulnerabilidad

Verde bajo, rojo alto, blanco no considerado (*USDA, NRCS*)

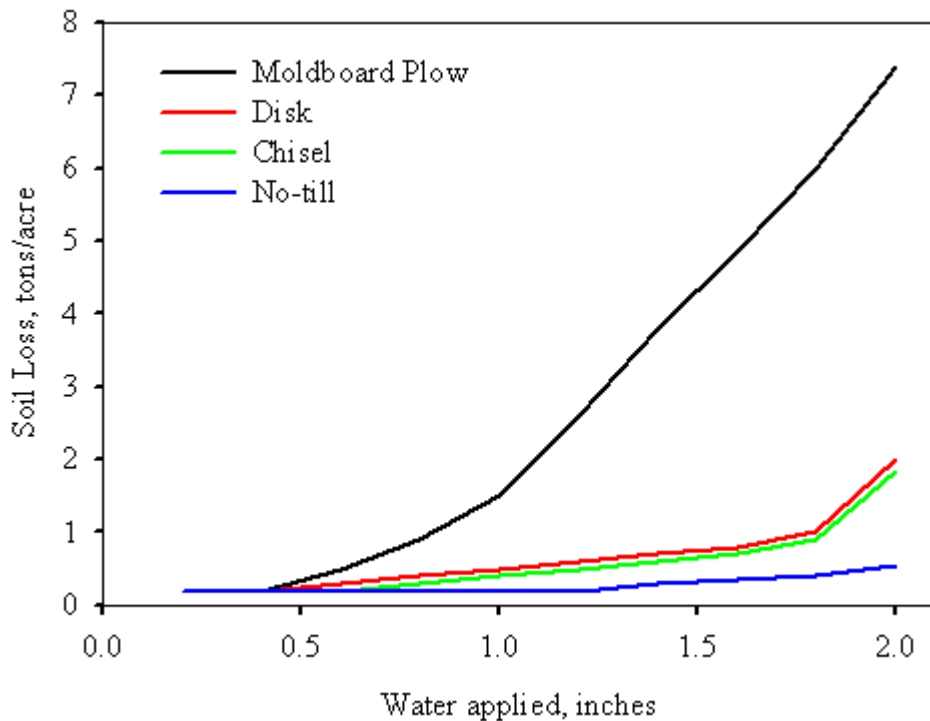
- La erosión puede ser un problema
  - Los residuos pueden ser una solución



Arado de rejas



Arado de discos



Arado de cinceles

# Cuenca del Río Mississippi

## Mississippi River Basin



Impacto de la gota de lluvia



Poco residuo

Pérdida innecesaria de  
suelo y nutrientes →

Costo económico y  
ambiental



Hipoxia en el Golfo de México

# Labranza Conservacionista, Nitrógeno y Agua



- *Nosotros deberíamos sostener la productividad para:*
  - Proveer sustento para la vida humana,
  - Combustibles para el futuro, y
  - Proteger el medio ambiente para las generaciones futuras

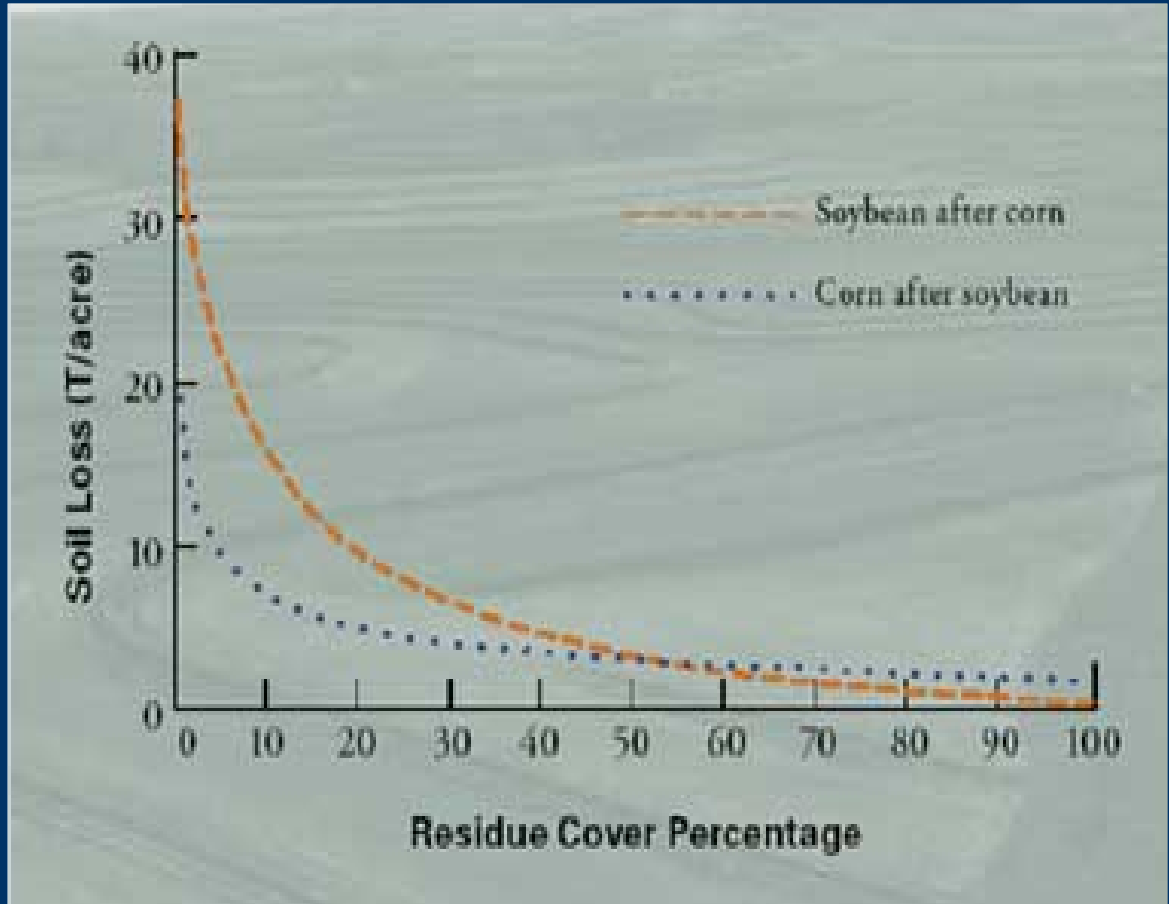
# Labranza Conservacionista



- Siembra Directa >> Labranza Reducida  
(más residuo >> poco residuo)
  - Siembra Directa (SD)
  - Labranza en franjas
  - Labranza en camellón
  - Labranza bajo cubierta
- Al menos 30 % de residuos sobre la superficie a la siembra del cultivo

# Residuo

- Poco es bueno
- Mucho es mejor
- Implicaciones en el manejo de nutrientes
- Agua
  - Cantidad
  - Calidad



# Estado global de la Siembra directa

País	Superficie en SD ( <i>hectáreas , 2000</i> )	Porcentaje de área cultivada
USA	19,750,000	16 (44 a CTIC)
Brasil	12,000,000	21
Australia	8,640,000	2
Argentina	8,000,000	32 (70 a AAPRESID)
Canada	4,080,000	44
Paraguay	800,000	52
Mexico	650,000	?
Bolivia	200,000	?
Uruguay	50,000	52

(Derpsch, 2005; Garcia-Prechac et al., 2004)



# Implicaciones de Manejo

---

---

---

- Problemas con la labranza conservacionista:
  - Control de malezas
  - Manejo del nitrógeno
    - Cambios con el tiempo
    - Ciclo del N alterado
  - Manejo del agua
    - Potencialmente más agua disponible
    - Pérdida y ganancias de nutrientes dependen del sistema de manejo y del suelo

# Manejo de agua y nutrientes


---

---

---

- Manejo del Nitrógeno:
  - El manejo cambia con el tiempo
  - El ciclo de N alterado
  - Requiere nuevas habilidades en el manejo de fertilizantes
    - Momento
    - Dosis
    - Lugar
    - Forma del N-fertilizante

# Manejo de agua y nutrientes



- Manejo del agua:
  - Cantidad
    - Incrementos en la infiltración de suelos
    - Incremento en la capacidad de almacenaje de agua
  - Calidad de agua
    - Lixiviación
    - Escorrentía
    - Calidad del flujo de agua

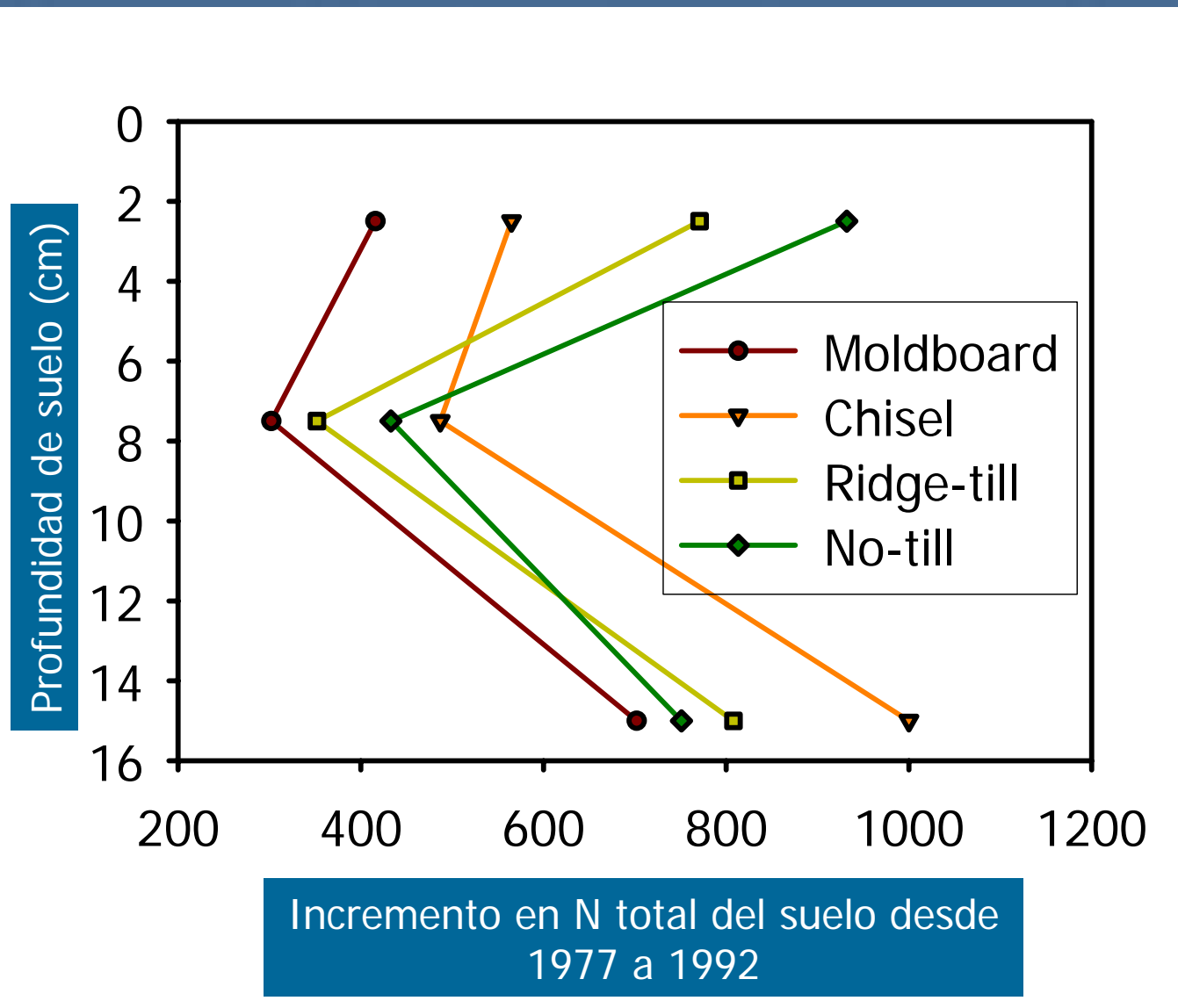
# Factores que afectan la lixiviación de nitratos

- **Concentración de nitratos en suelo**
- Patrones de Flujo de agua
- Método y tipo de aplicación de fertilizantes
- Rotación de cultivos
- Precipitación anual
- Drenaje sub-superficial

Más lento:  
mineralización  
y nitrificación

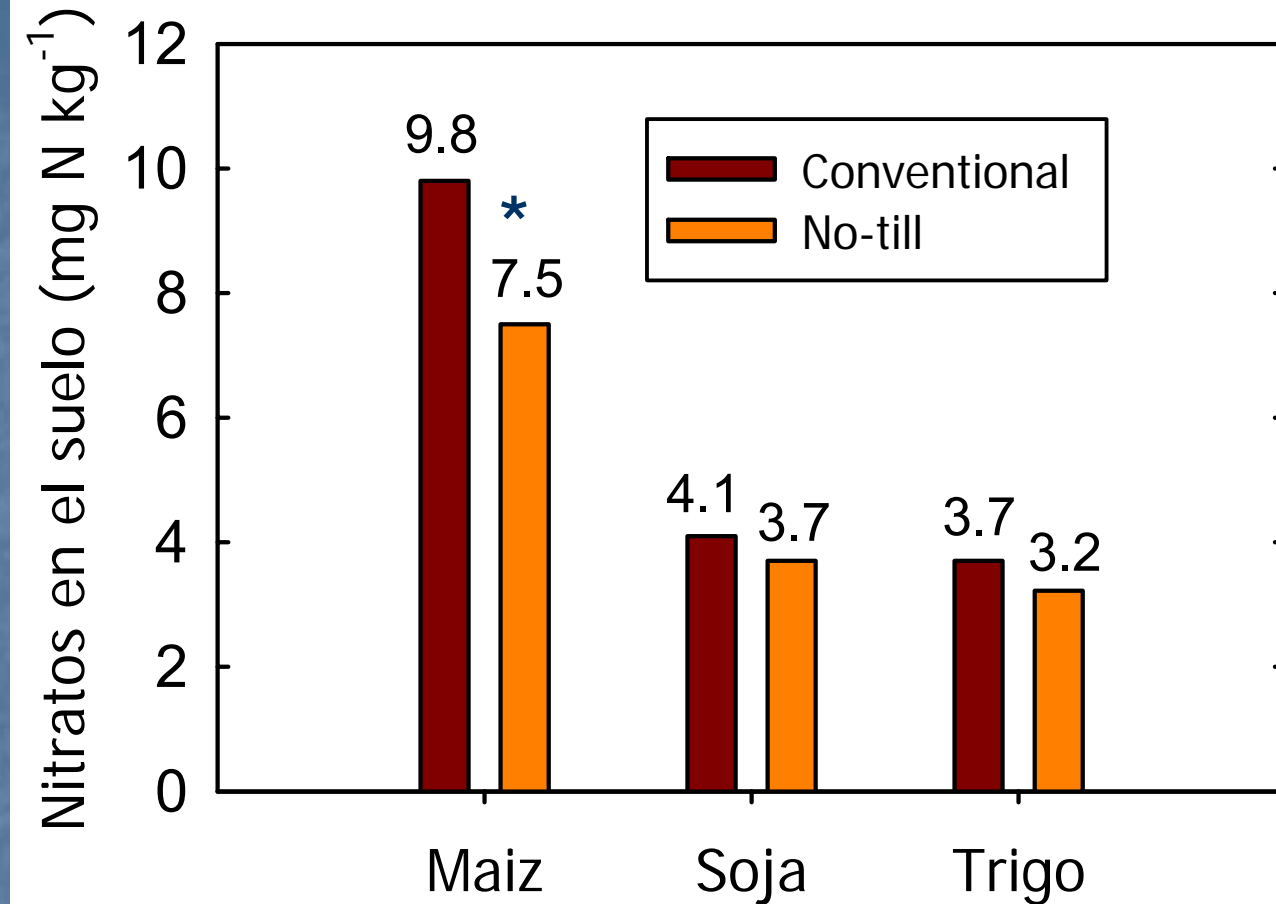


Menos nitrato  
disponible  
para la  
absorción de  
la planta o  
para ser  
lixiviado



Incremento en N total del suelo desde 1977 a 1992

(Karlen et al., 1998, en Iowa EEUU)

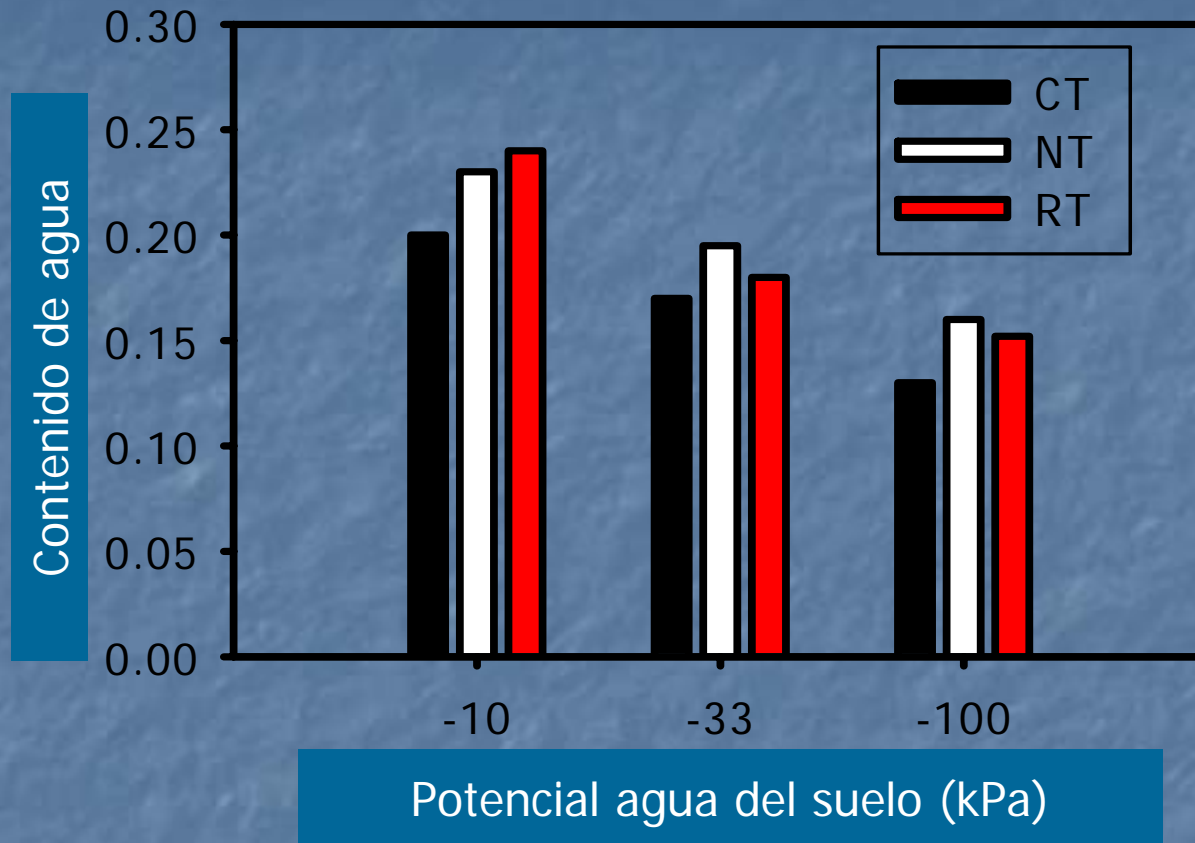


- Promedio N-NO<sub>3</sub> en el suelo (14 años)  
*(Grandy et al., 2006)*

# Factores que afectan la lixiviación de nitratos

- Concentración de nitratos en suelo
- **Patrones de flujo de agua**
- Método y tipo de aplicación de fertilizantes
- Rotación de cultivos
- Precipitación anual
- Drenaje sub-superficial

# Capacidad de almacenaje de agua



Labranza convencional (LC o CT) almacenó 16% menos agua a capacidad de campo con respecto a la siembra directa (SD o NT)

*(Zibilske et al., 2007, E. Texas, USA)*

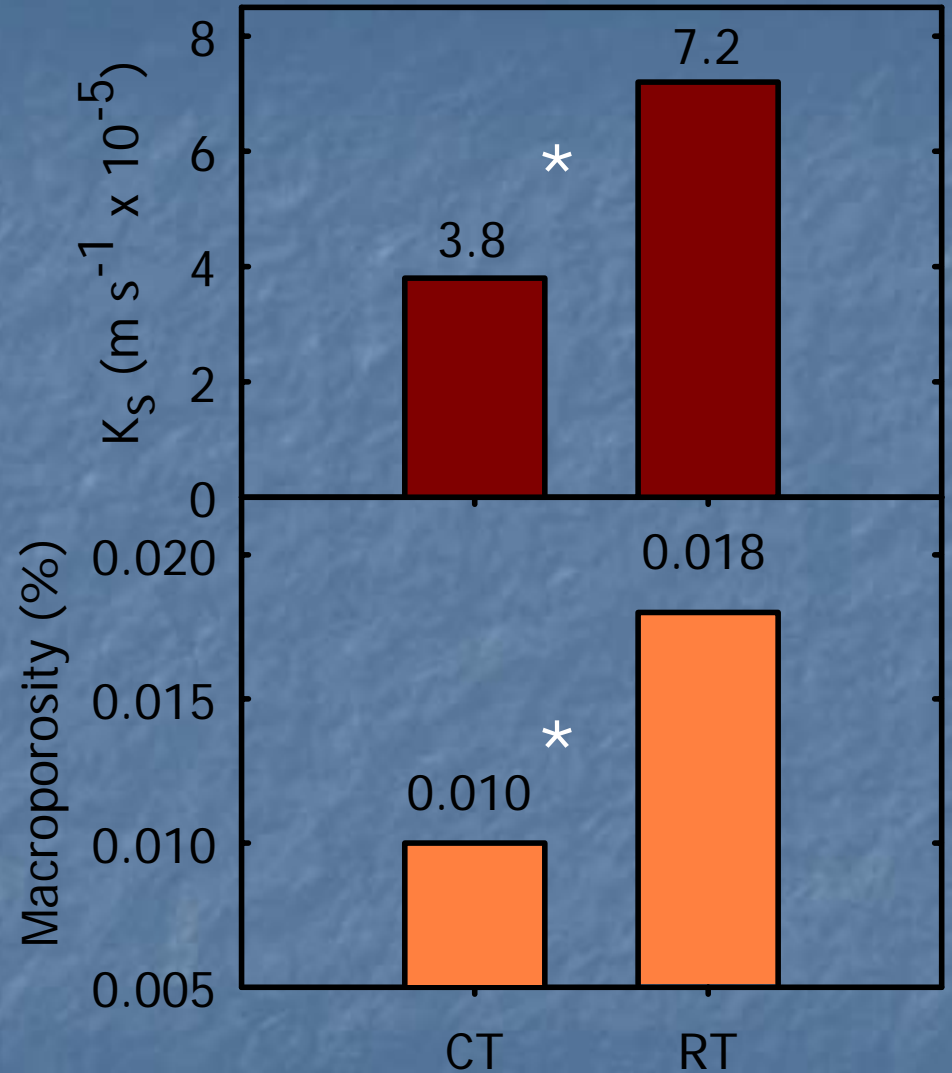


# Controlando la lixiviación de N-NO<sub>3</sub> en Agricultura con Irrigación

- Aplicación uniforme de agua y nitrógeno basadas en las necesidades controlan el lixiviado de N-NO<sub>3</sub>
- La irrigación por surco fue incapaz de limitar satisfactoriamente la lixiviación de N-NO<sub>3</sub> aún cuando menos agua y N fueron aplicados

*(Spalding et al., 2001, NE, USA)*


- Mayor infiltración para labranza conservacionista con respecto a convencional
- Más macroporos en labranza conservacionista con respecto a convencional
- Hapludol típico con 9 años de labranza reducida



(Buzko et al., 1999)

# Movimiento de atenuación

*(en el suelo, hacia el arroyo, en el arroyo)*



Macroporo o Drenaje sub-superficial?

- Interacción con el suelo y sus constituyentes
- Absorción por el cultivo
- Inmovilización
- Denitrificación

(En el suelo)

El nitrato lixiviado fue mayor, menor o el mismo cuando se compararon sistemas de labranzas

Autor	NO <sub>3</sub> - Lixiviado	Drenado
Kanwar et al., 1993	Reducida > labrado	si
Kanwar y Baker, 1993	labrado > SD	no
Eisenhauer, et al., 1993	SD > labrado	no
Kanwar et al., 1995	No diferencias	no
Lamb et al., 1998	No diferencias	no
Hatfield et al., 1999	Reducida > labrado	no
Jiao, et al., 2004	No diferencias	no
Randall y Iragavarapu, 1995	labrado > SD	si
Randall y Mulla, 2001	No diferencias	si
Weed y Kanwar, 1996	No diferencias	no

(Hacia el arroyo)

**Azul**  
**DD = 0.2**

**Turquesa**  
**DD = 2.0**

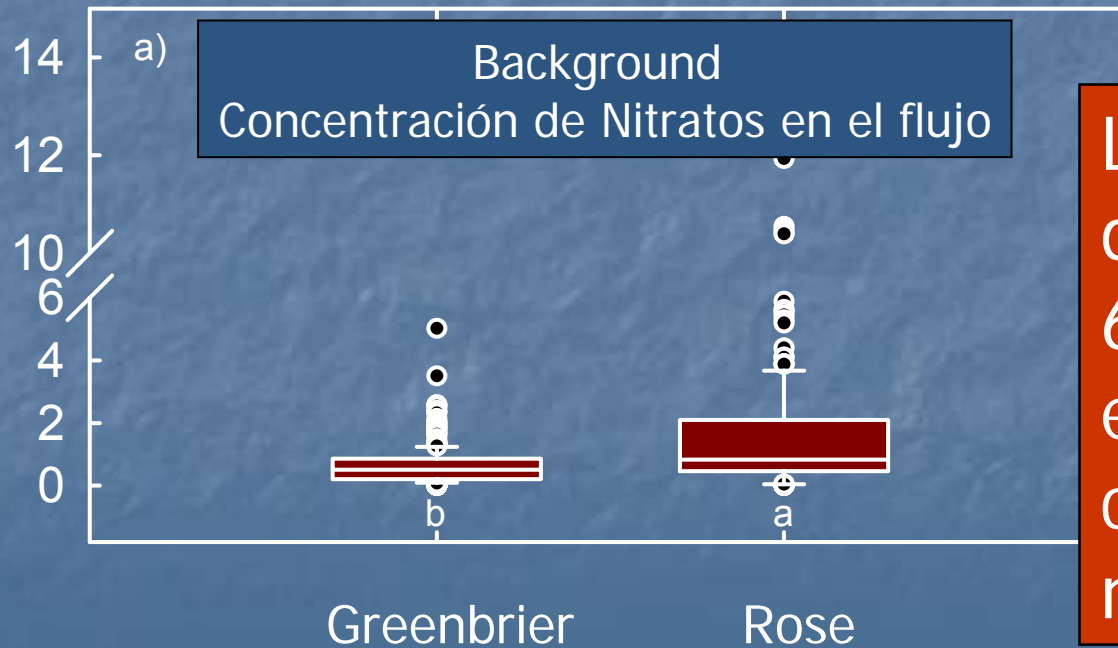
Izquierda ~ Greenbrier  
Creek

Derecha ~ Rose Creek

DD = longitud de la corriente/área  
de la cuenca

**DD = densidad de drenaje**


Base Flow  $\text{NO}_3$  ( $\text{mg N L}^{-1}$ )



La densidad de  
drenaje explicó el  
67% de las  
elevadas  
concentraciones de  
nitratos

(Franklin et al., 2003)

# Controles Ambientales para Denitrificación "en-flujo" *(En el arroyo)*

- Hidrología (*flujo rápido* ↓ *denitrificación*)
  - Propiedades de sedimentos
  - Temperatura del agua
  - Disponibilidad de C y N orgánico
  - Geomorfología
    - Secciones sinuosas removieron 99 y 390% más  $\text{NO}_3^-$  que secciones rectas
    - La remoción de nitratos en secciones sinuosas fue controlada por la MO (%) y las partículas finas
- 

*(Opdyke et al., 2006)*

# Impacto de los Cultivos de Cobertura para reducir la lixiviación de N-NO<sub>3</sub>-N (Modelo aproximado)

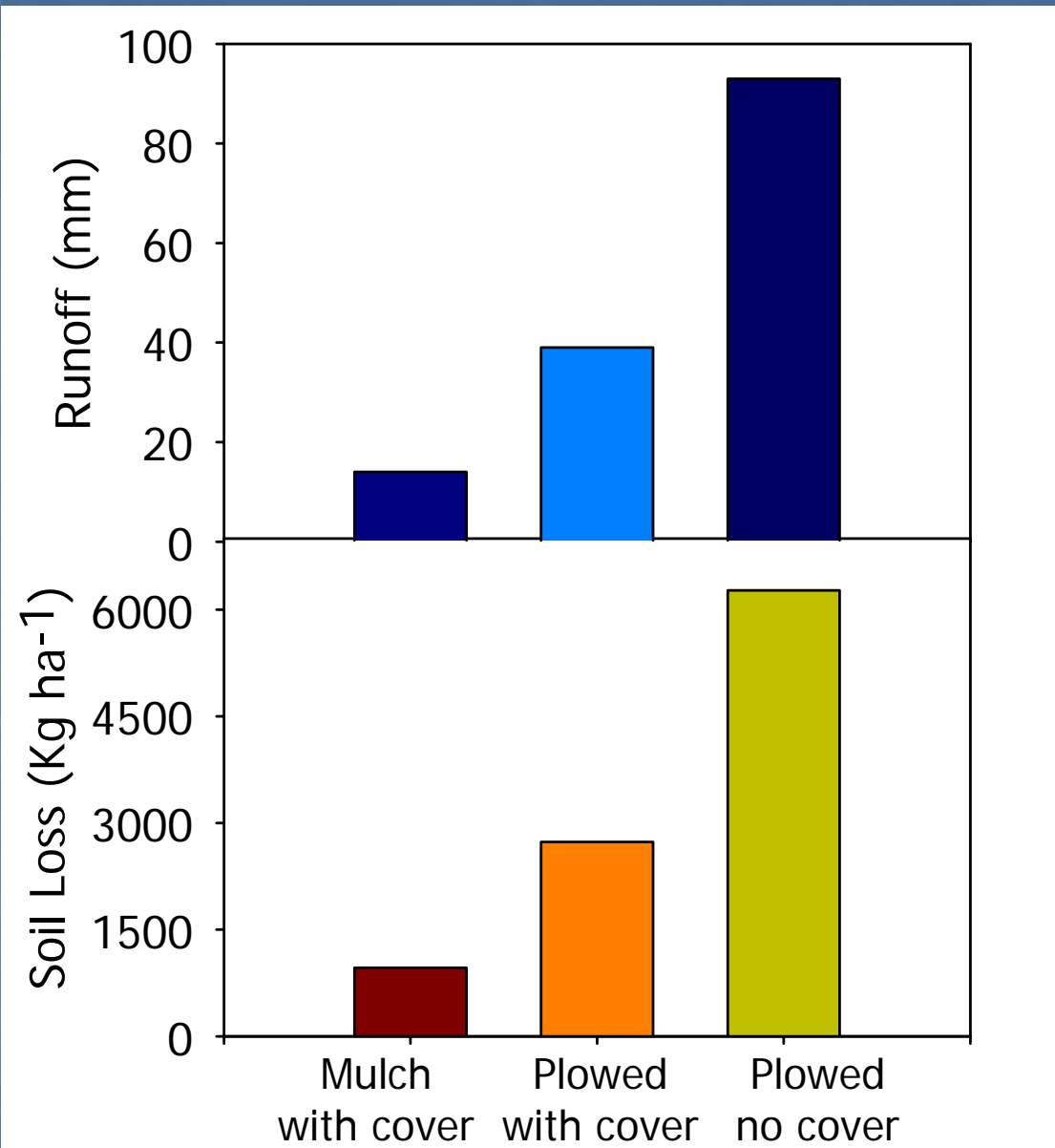
- Modelo Suelo-Planta-Atmósfera: RyeGro w/
- Generador estocástico predictor de clima
- Secale creciendo del 1 Oct al 30 de May (MN, USA)
- Lixiviación de N-NO<sub>3</sub> reducida en un 30%

*(Feyereisen et al., 2006)*

# Factores que afectan la pérdida de nutrientes por Escorrentía

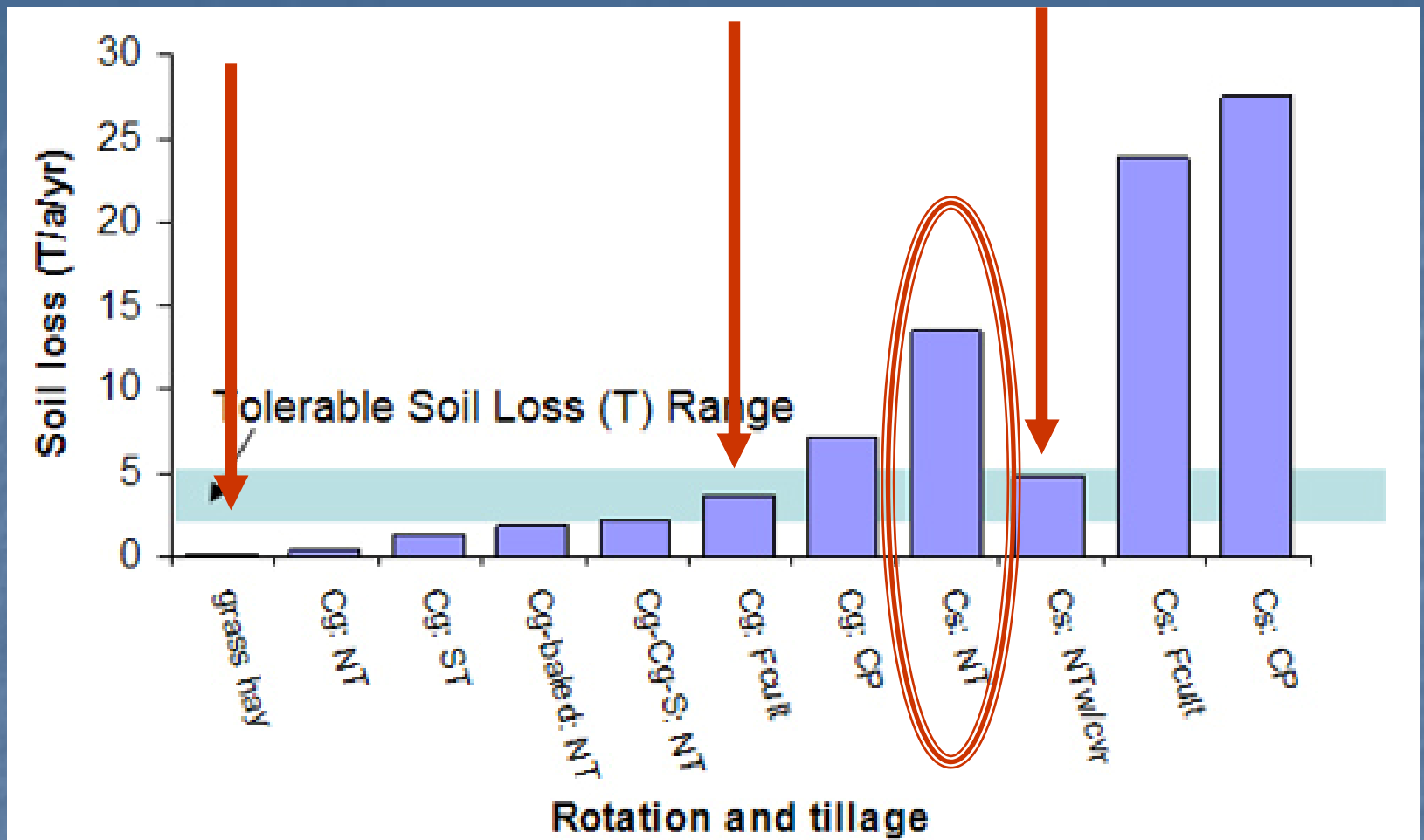
- Concentración de nutrientes en suelo
- **Patrones de flujo de agua**
- Método y tipo de aplicación de fertilizantes
- Rotación de cultivos
- Precipitación anual





*(Beale et al., 1955)*

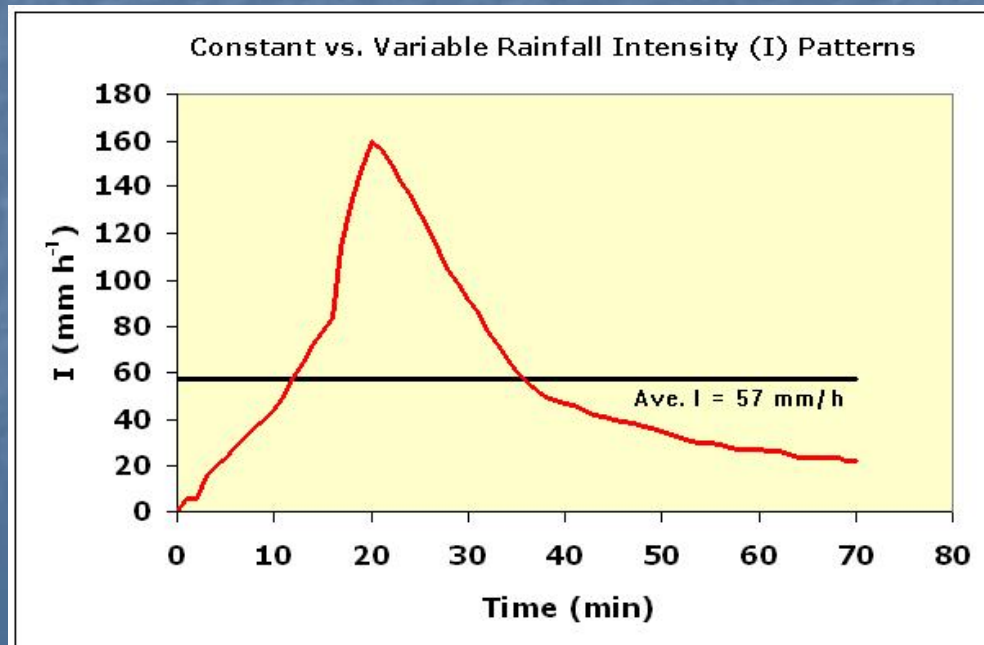
- Pérdidas por escorrentía y erosión en un suelo Udult del S.E. de EE:UU.
- Labranza reducida
- Cultivo de cobertura de invierno (leguminosa/mezcla de cereales)



Cg = Maíz para grano, Cg-baled = Maíz para grano con mitad de tallos embalados, S= soja, Cs = maíz silaje, Cs w/cvr = maíz silaje seguido por una cultivo de cobertura de grano fino, NT= Labranza Cero, ST=Labranza en franjas, CP= Labranza con cincel, Fcult = Cultivador de campo

# Simulaciones de Lluvia para ver pérdida de nutrientes

- Muchas simulaciones de lluvia se han realizado con intensidad constante:



# Métodos

- Tifton areno franco  
*(Udult)*
  - Tifton, GA
  - Rotación 3 años de Algodón – 1 año de Maní
  - Cobertura de secale



# Métodos

- Sistema de Labranza (1998)
  - Convencional (CT)
    - Otoño: labranza con cincel
    - Primavera: disqueado nivelador
  - Labranza en franjas (ST)
    - Primavera
  - Ambos con paratill, 2002



# Métodos

- En los años 2001 y 2002
  - N, P, & K aplicados en forma de cama de pollo
- En el 2003
  - Solamente N aplicado (*como fertilizante arrancador*)

Year	Nitrógeno (kg N ha <sup>-1</sup> )	Fósforo (kg P ha <sup>-1</sup> )	Potasio (kg K ha <sup>-1</sup> )
2001	125	54	104
2002	135	58	112
2003	17	0	0

# Métodos

## 12 Parcelas

(2 m x 3 m)

- 6 Convencional
  - 3 intensidad de lluvia constante
  - 3 intensidad de lluvia variable
- 6 Labranza en franjas
  - 3 intensidad de lluvia constante
  - 3 intensidad de lluvia variable



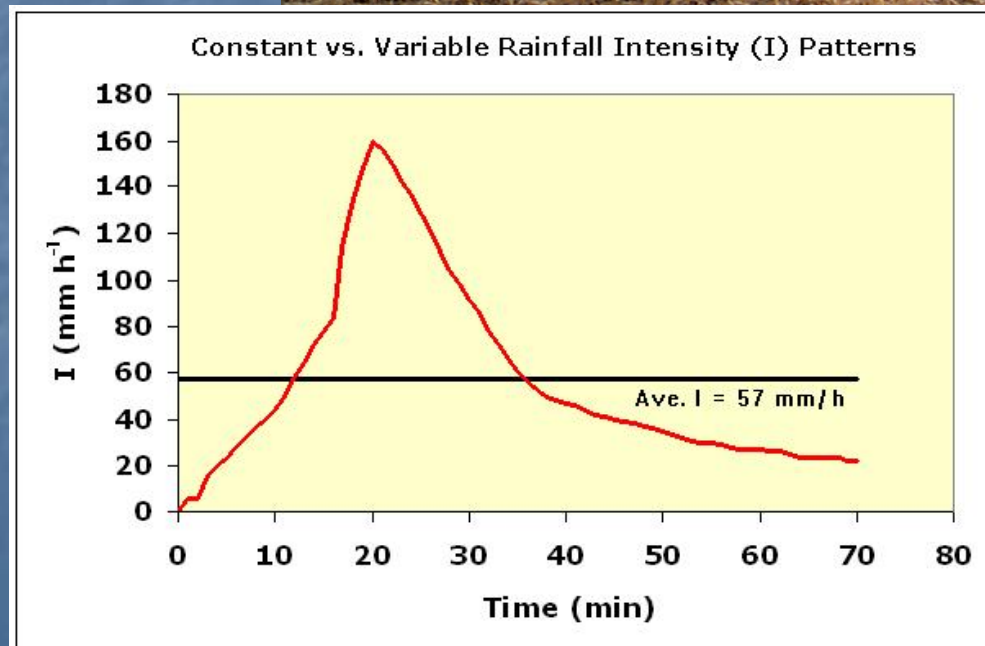
- Muestras de suelo tomadas antes y después de la simulación de lluvia
  - 0 - 2, 2 - 8, 8 - 15, and 15 - 30 cm
  - STP, WSP,  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$

# Métodos

## ■ Lluvia Simuladas

- Ambas intensidades ( $57 \text{ mm h}^{-1}$ )

- Intensidad variable  
pico de precipitación  
~ 20 min



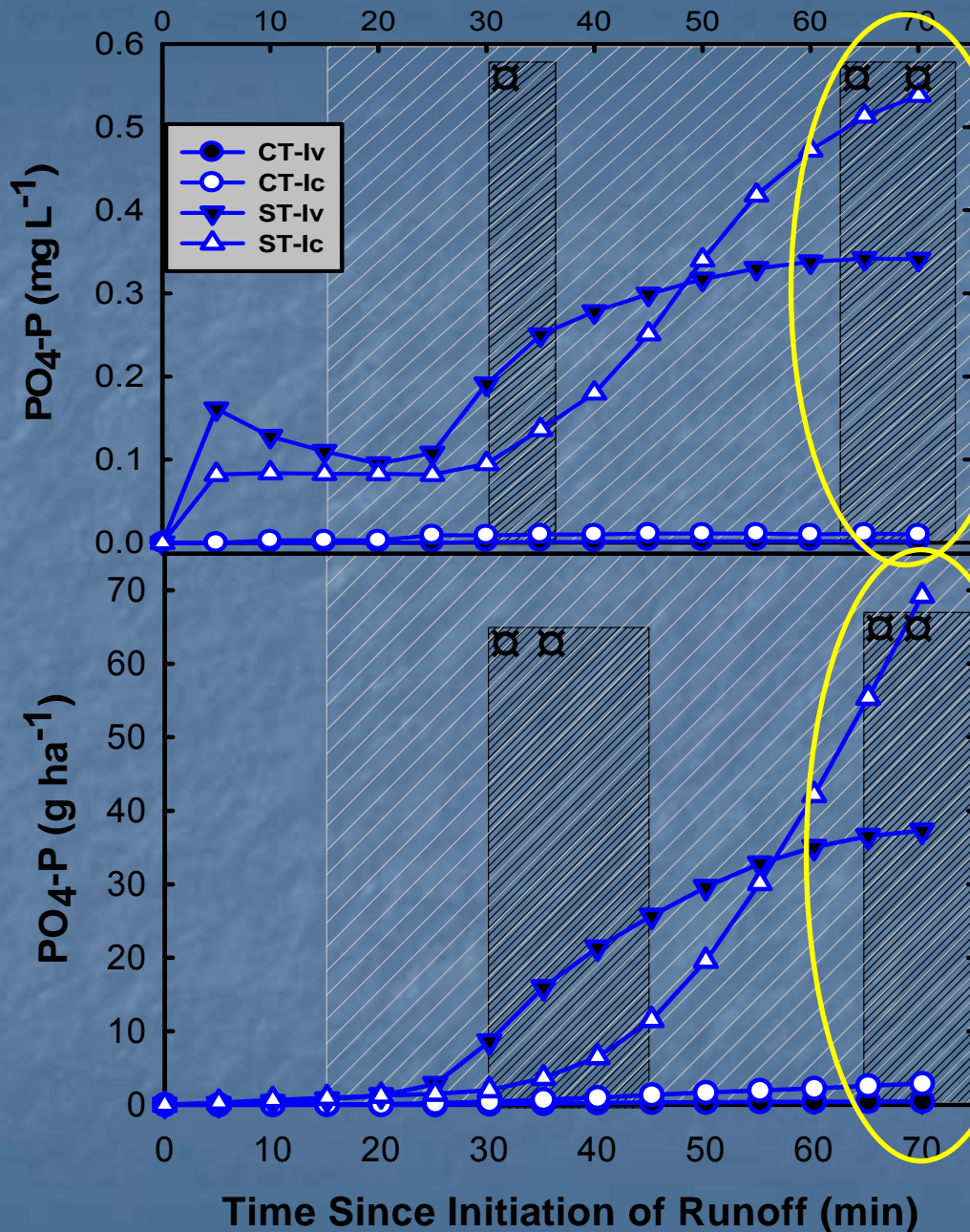


# Métodos

## ■ Lluvia Simuladas

- La escorrentía fue recolectada constantemente a intervalos de 5 min durante 70 min
- Fracción total
  - TKP (P total), TKN (N total)
- Fracción disuelta
  - DRP (P disuelto), N-NO<sub>3</sub>, N-NH<sub>4</sub>





## Significancia

*(p < 0.05)*

Gris – Labranza

Negro - Intensidad

CT = convencional

ST = en franjas

Iv = intensidad variable

Ic = intensidad constante

- "Constante" puede estar sobre estimando la pérdida de disueltos

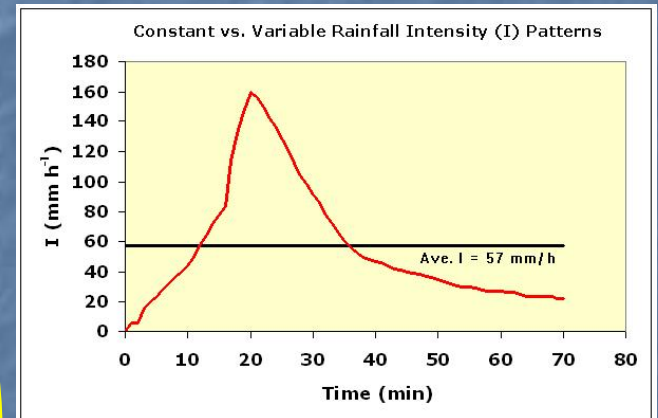
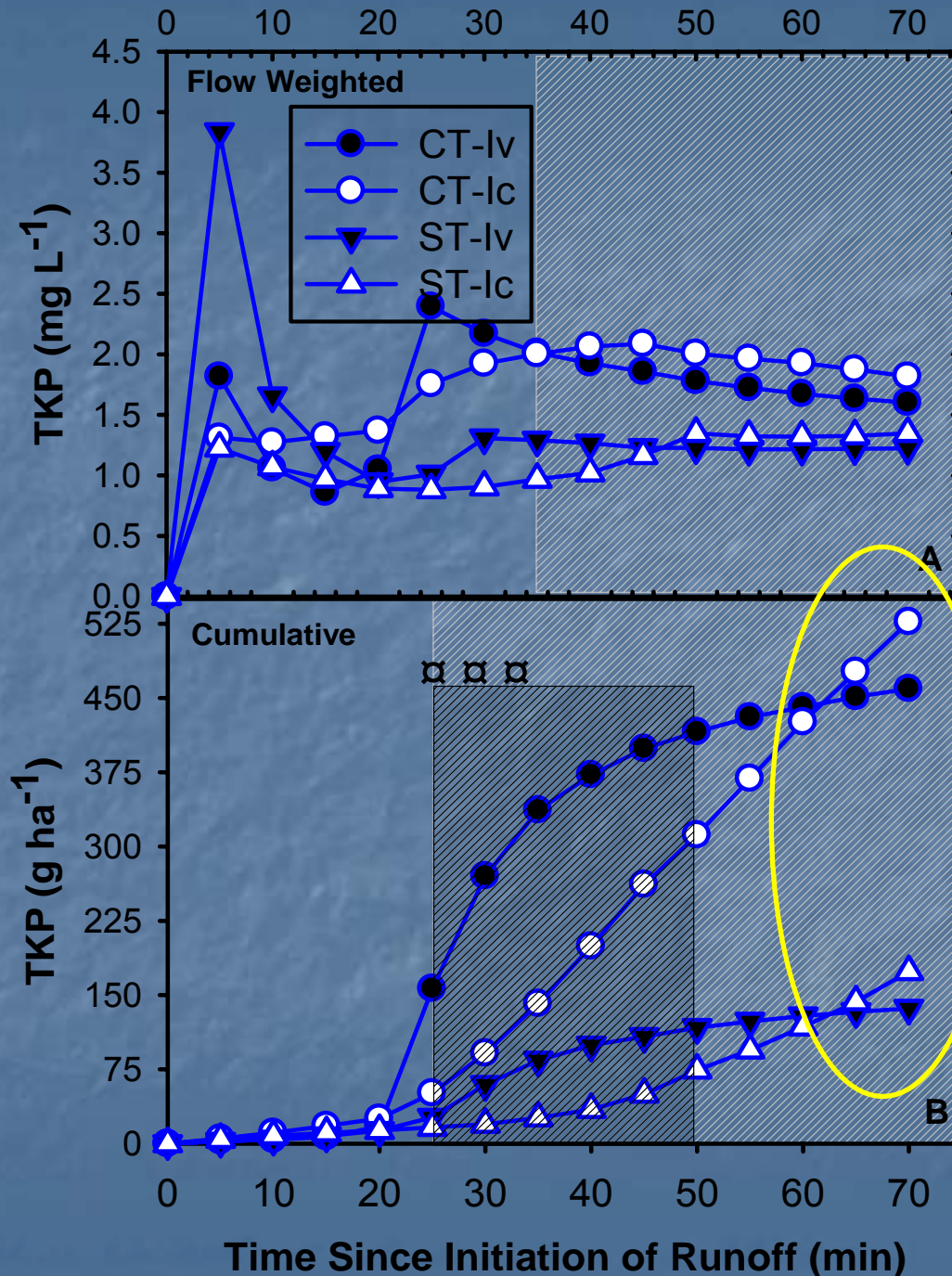
- La tasa del tratamiento "constante" se despegó a los 35 min

## Significancia

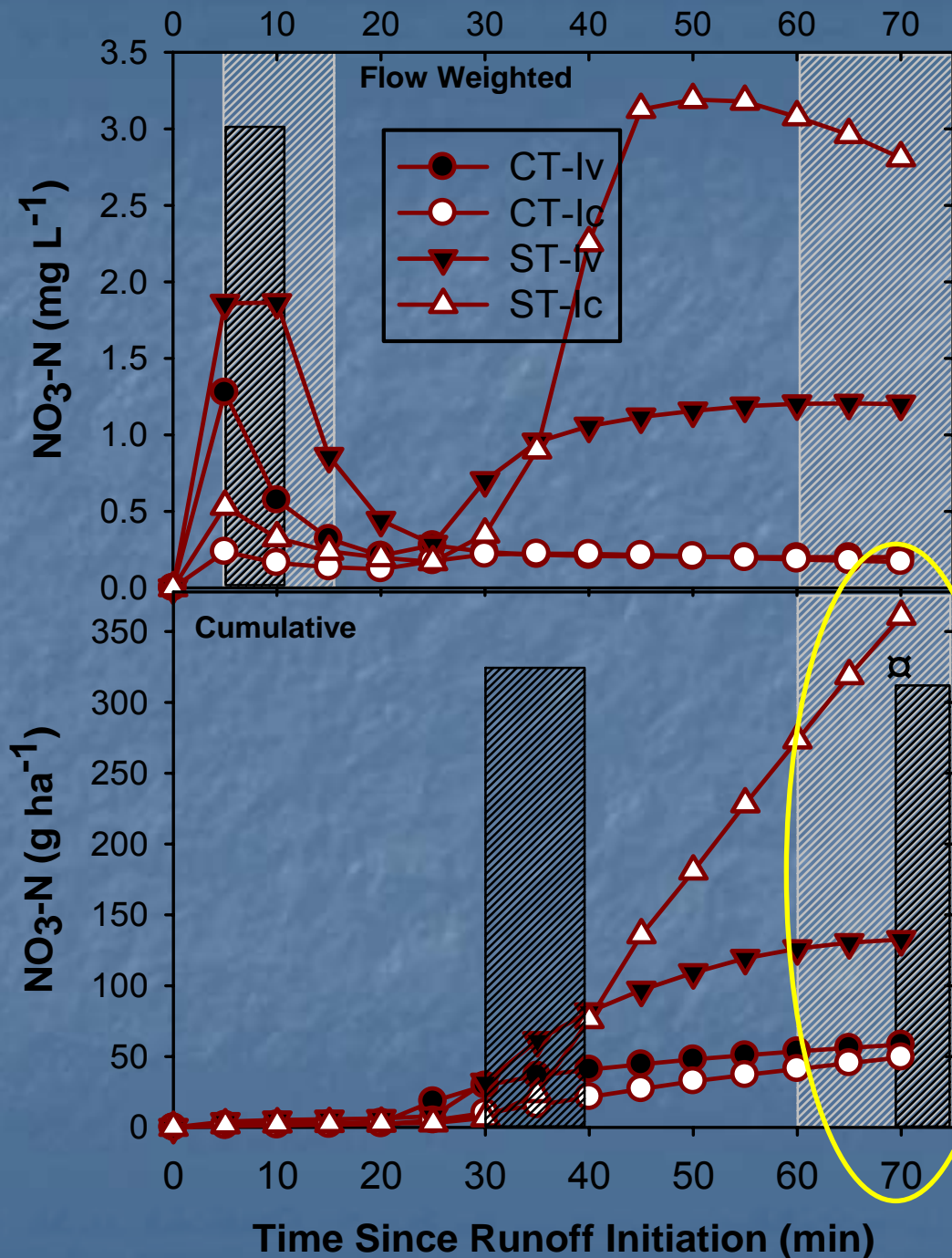
*( $p < 0.05$ )*

Gris – Labranza

Negro - Intensidad



- No presentaron diferencias a los 70 minutos entre intensidad de lluvia constante y variable
- La tasa del tratamiento "constante" se despegó a los 35 min

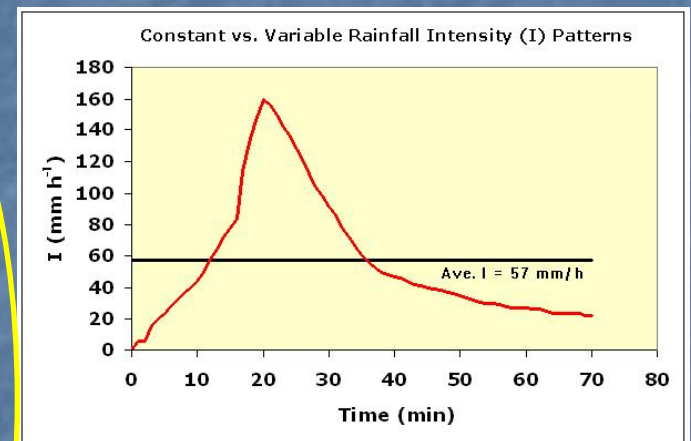


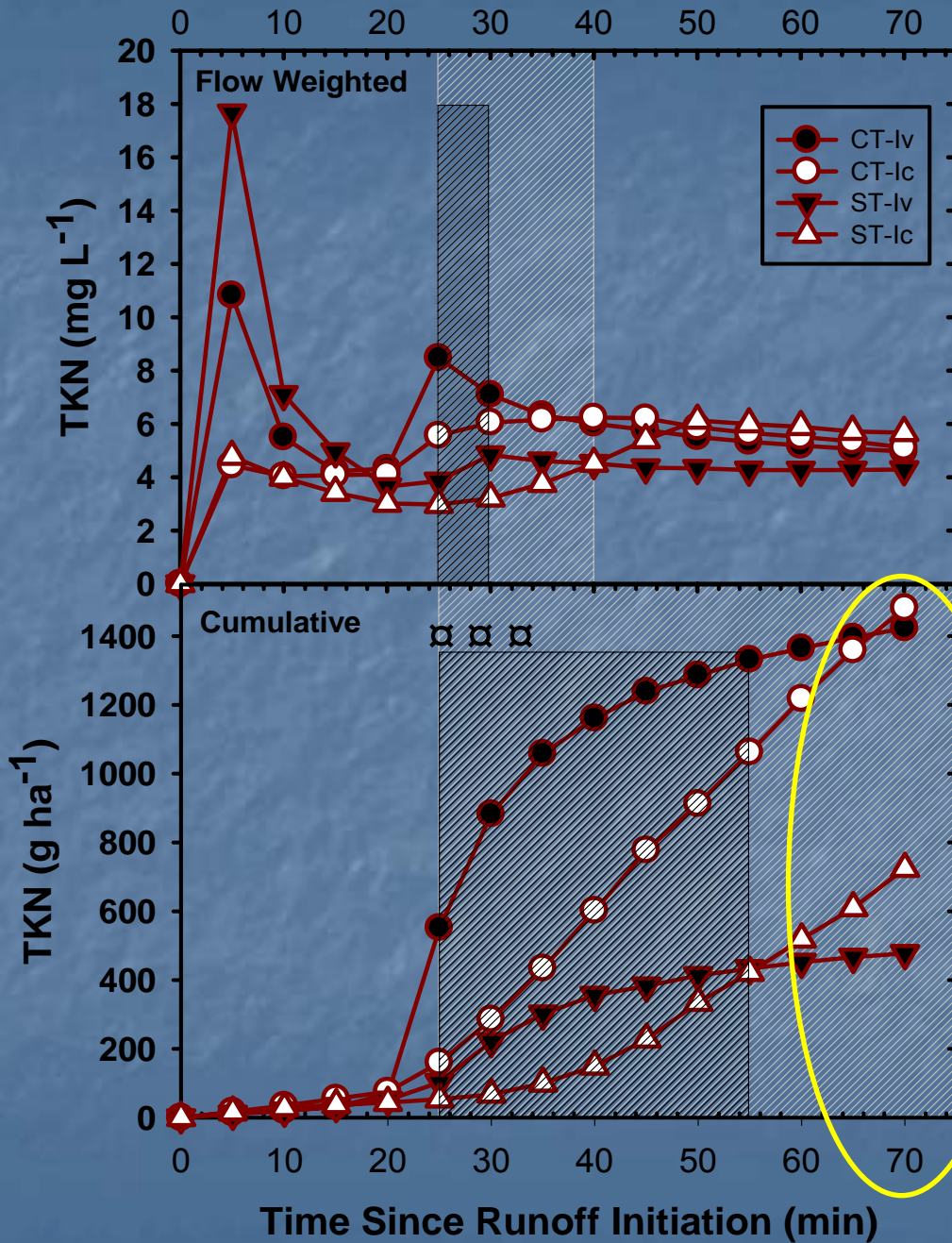
## Significancia

*(p < 0.05)*

Gris – Labranza

Negro - Intensidad



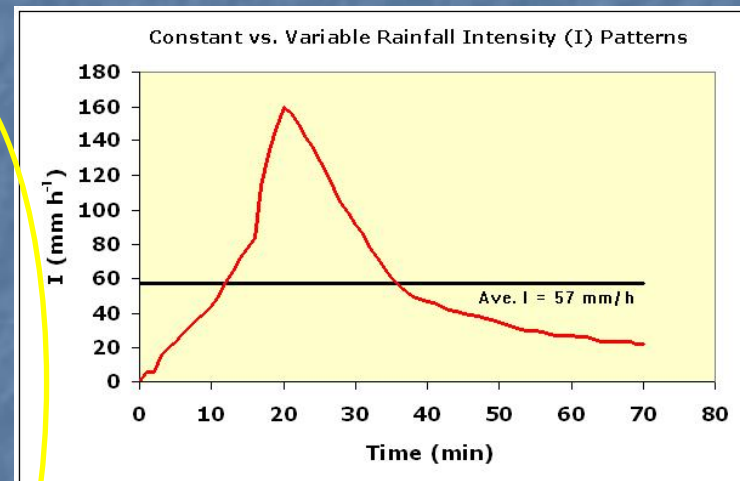


## Significancia

*(p < 0.05)*

Gris – Labranza

Negro - Intensidad



# Media Total de Pérdidas

Tratamiento	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	TKN	DRP	TKP
Labranza- Intensidad	----- g ha <sup>-1</sup> -----				
CT-Iv	133 a	58 c	1423 a	1 c	459 a
CT-Ic	105 a	49 c	1481 a	3 c	527 a
ST-Iv	68 a	133 b	478 b	37 b	136 b
ST-IC	291 a	361 a	724 b	69 a	174 b

CT = convencional

ST = labranza en franjas

Iv = intensidad variable

Ic = intensidad constante

# Conclusiones

---

---

---

- El efecto de la intensidad de lluvia sobre la pérdida de nutrientes en escorrentía tuvo resultados contrastantes dependiendo de la fracción del nutriente.
- La masa perdida de DRP-P y N-NO<sub>3</sub> fue superior para intensidades constantes bajo labranza en franjas.
- El sistema de labranza en franja perdió más fracciones solubles que la labranza convencional, pero solamente el 33% del total de N y el 11% del total de P perdido en el flujo sobre el suelo en el sistema de labranza convencional.

# Soluciones de Manejo?

---

---

---

- Disminuir la salida de agua
  - Labranza reducida
  - Cultivos de cobertura
- Conocer su suelo y el perfil de su paisaje. Si su suelo es susceptible al movimiento de agua rápido, aplicar lo justo en el momento y donde sea necesario hacerlo.
- Tenga en cuenta la mineralización de N del suelo cuando calcule las necesidades de nutrientes



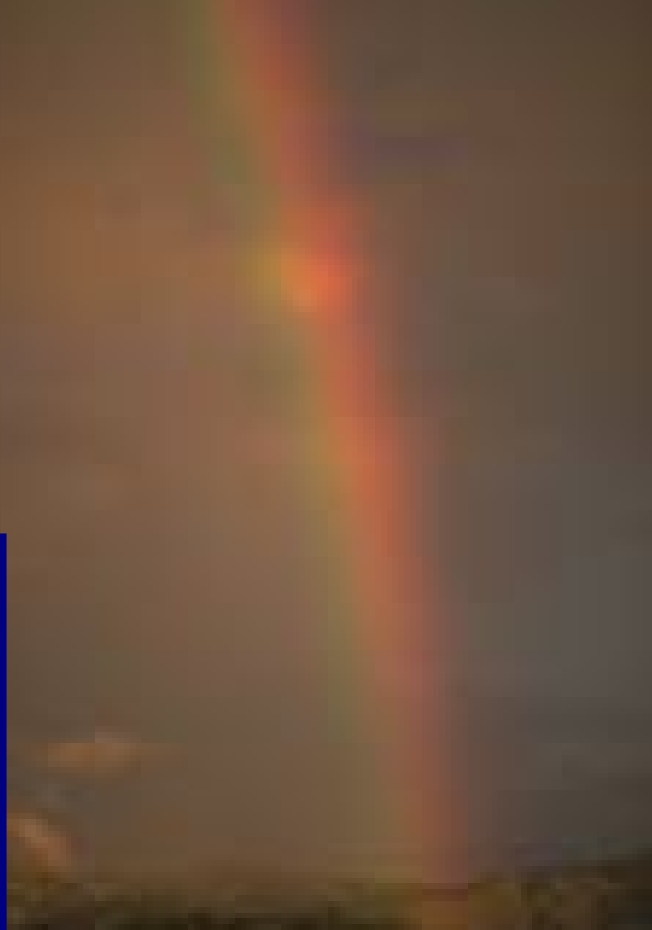
# Soluciones de Manejo?

- Aplique N solamente cuando y donde sea necesario
- Mantener el nitrato donde el cultivo necesita (zona radicular)
- Rotaciones y cultivos de cobertura

# Resumen



- Las pérdidas de N y P a partir de diferentes sistemas de manejo deben determinarse mejor:
- Ajustando la estrategia de manejo de los nutrientes para mejorar la eficiencia de uso de los nutrientes
  - Económico
  - Ambiental
- Herramientas de medición para calibrar los riesgos



# Preguntas

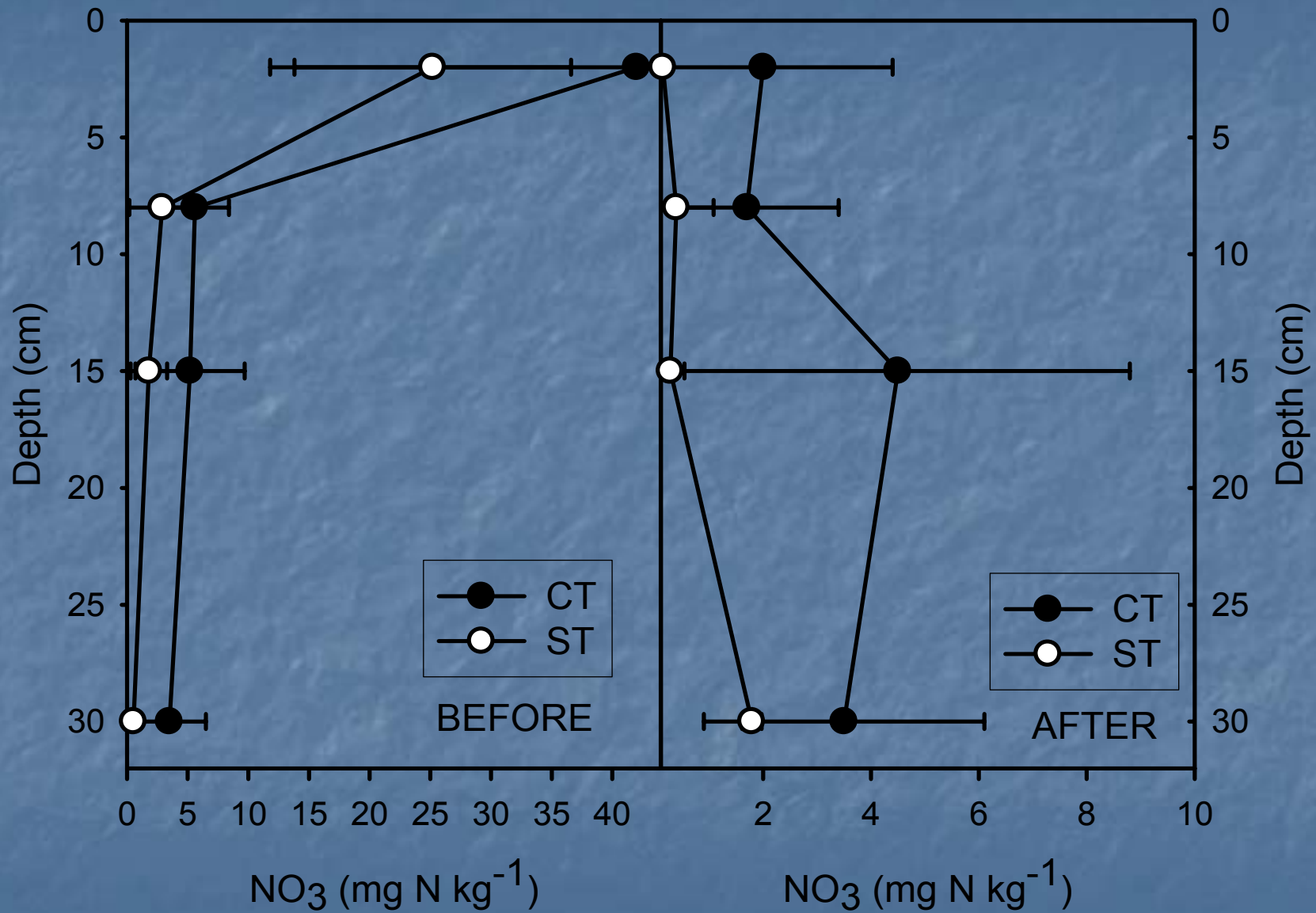
- Es este el caso cuando hay aplicaciones recientes de fertilizantes?
- Es este el caso a nivel de campo?
- Que pasa si se incrementos en el % de residuos?
- Y que si se bandea el fertiliznte?

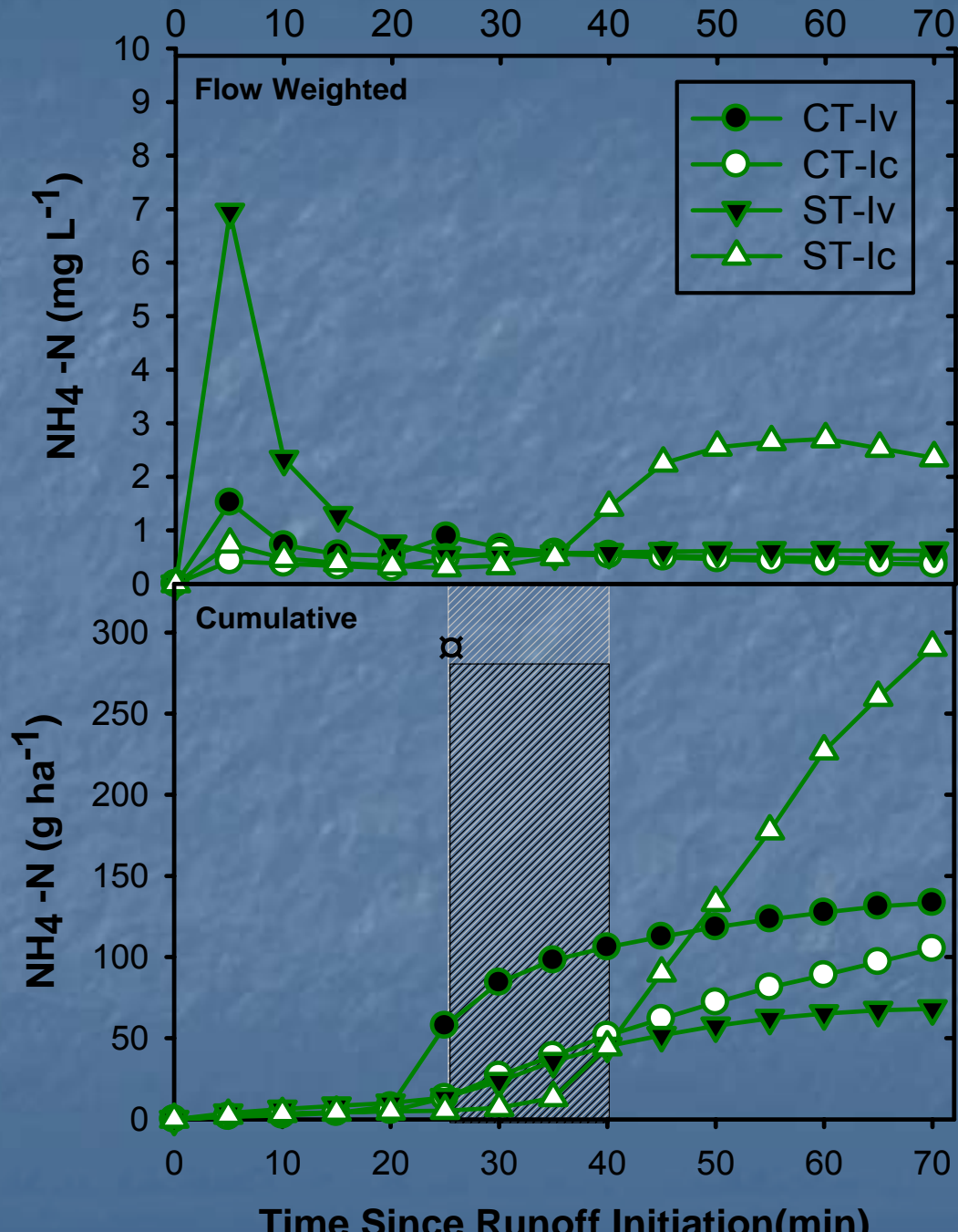


# Objetivo



Cuantificar y comparar los efectos de los patrones de intensidades de precipitaciones constante (Ic) y variable (Iv) sobre las pérdidas por escorrentía de N y P inorgánico en un suelo Tifton arenoso franco (Plinthic Kandiudults) cultivado con algodón (*Gossypium hirsutum* L.) y manejado bajo labranza convencional (CT) o sistema de labranza en franjas (ST).





## Significancia

*(p < 0.05)*

Gris – Labranza

Negro - Intensidad

