

# Manejo de los sistemas cerealísticos de ambiente semiárido

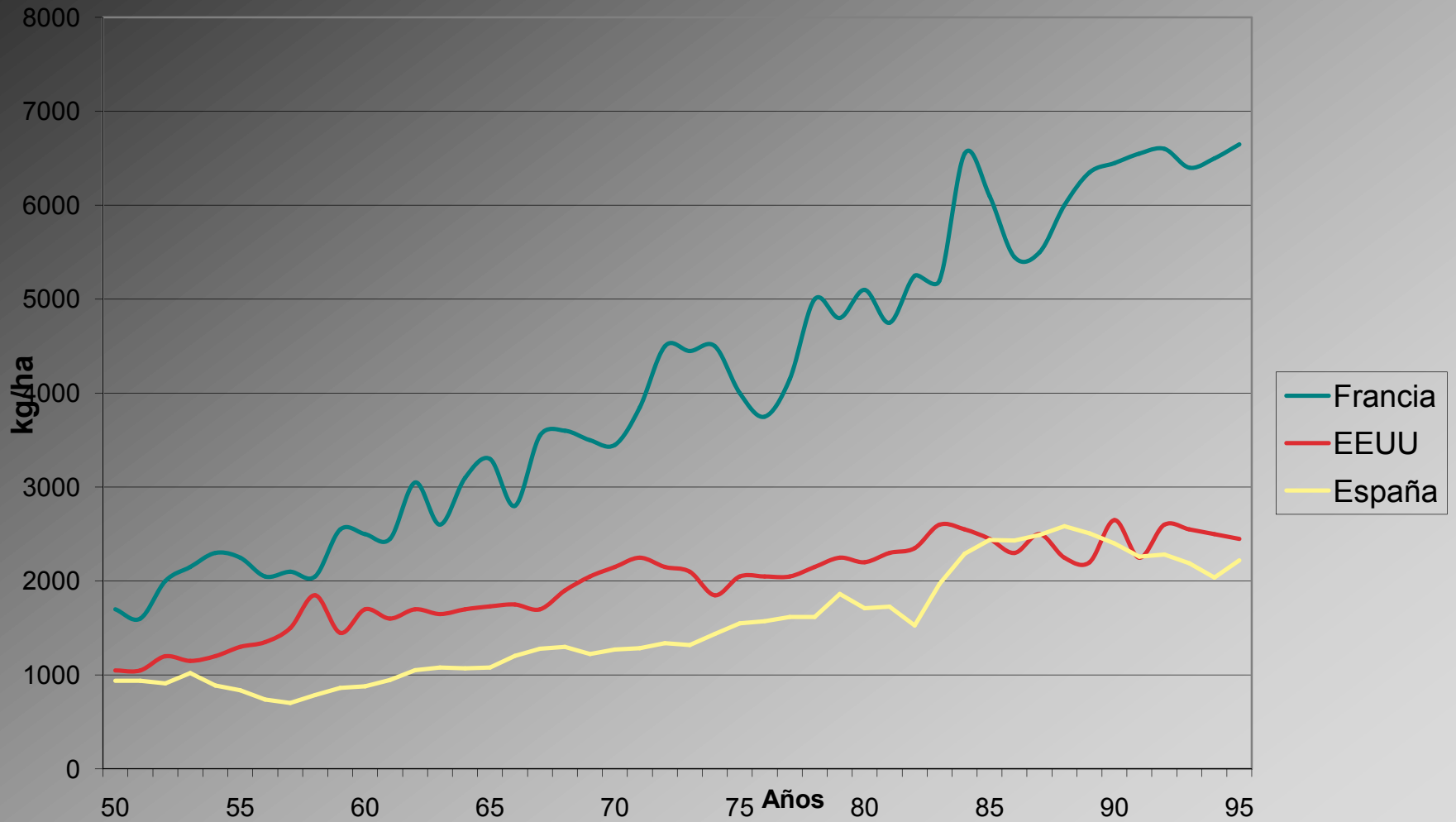
Carlos Lacasta Dutoit  
CSIC- Museo Nacional de Ciencias Naturales  
Finca experimental "La Nigueruela"





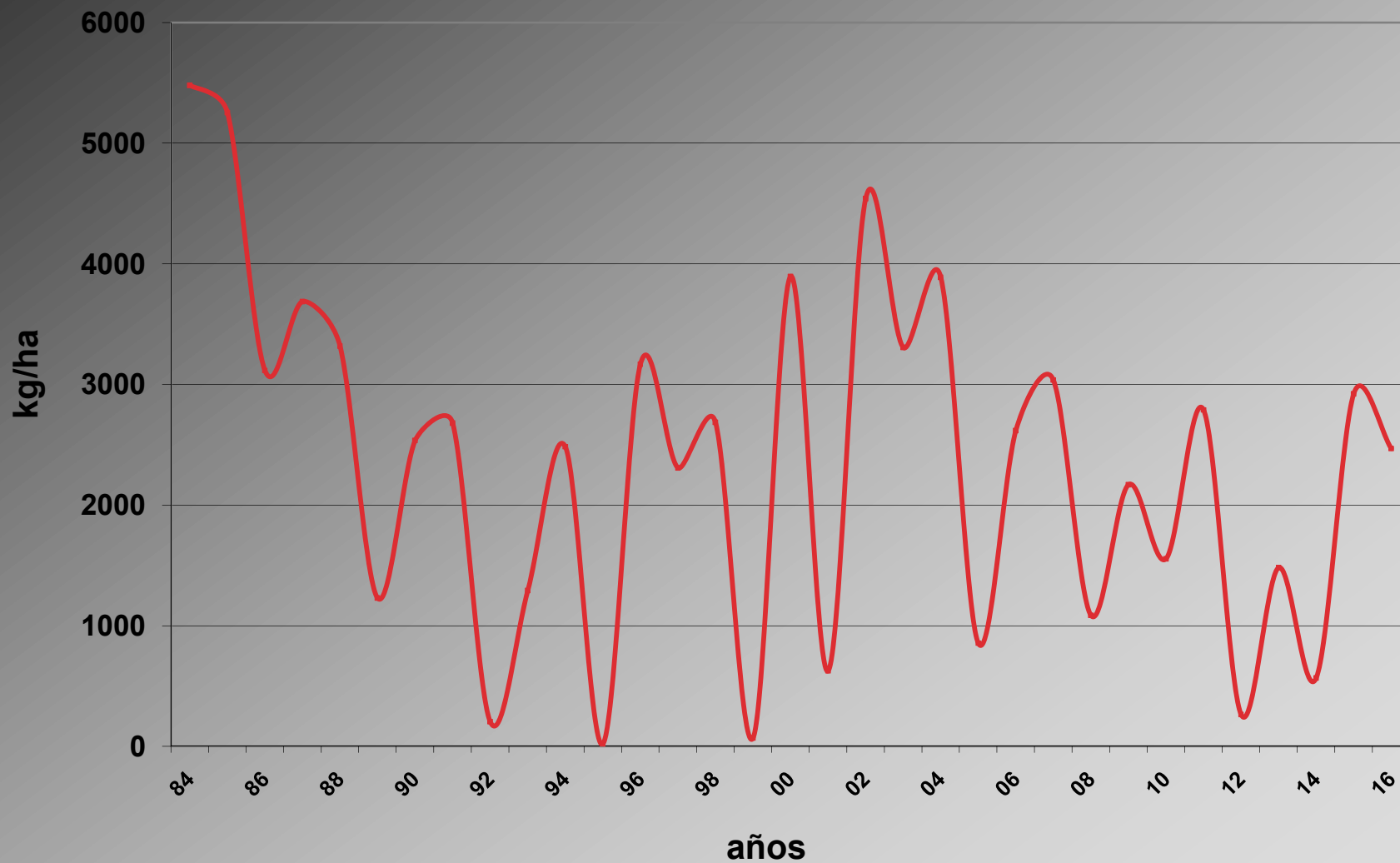
# Techo ambiental

Evolución de la producción de trigo en diferentes lugares



# Producciones en diente de sierra

Cebada en rotación

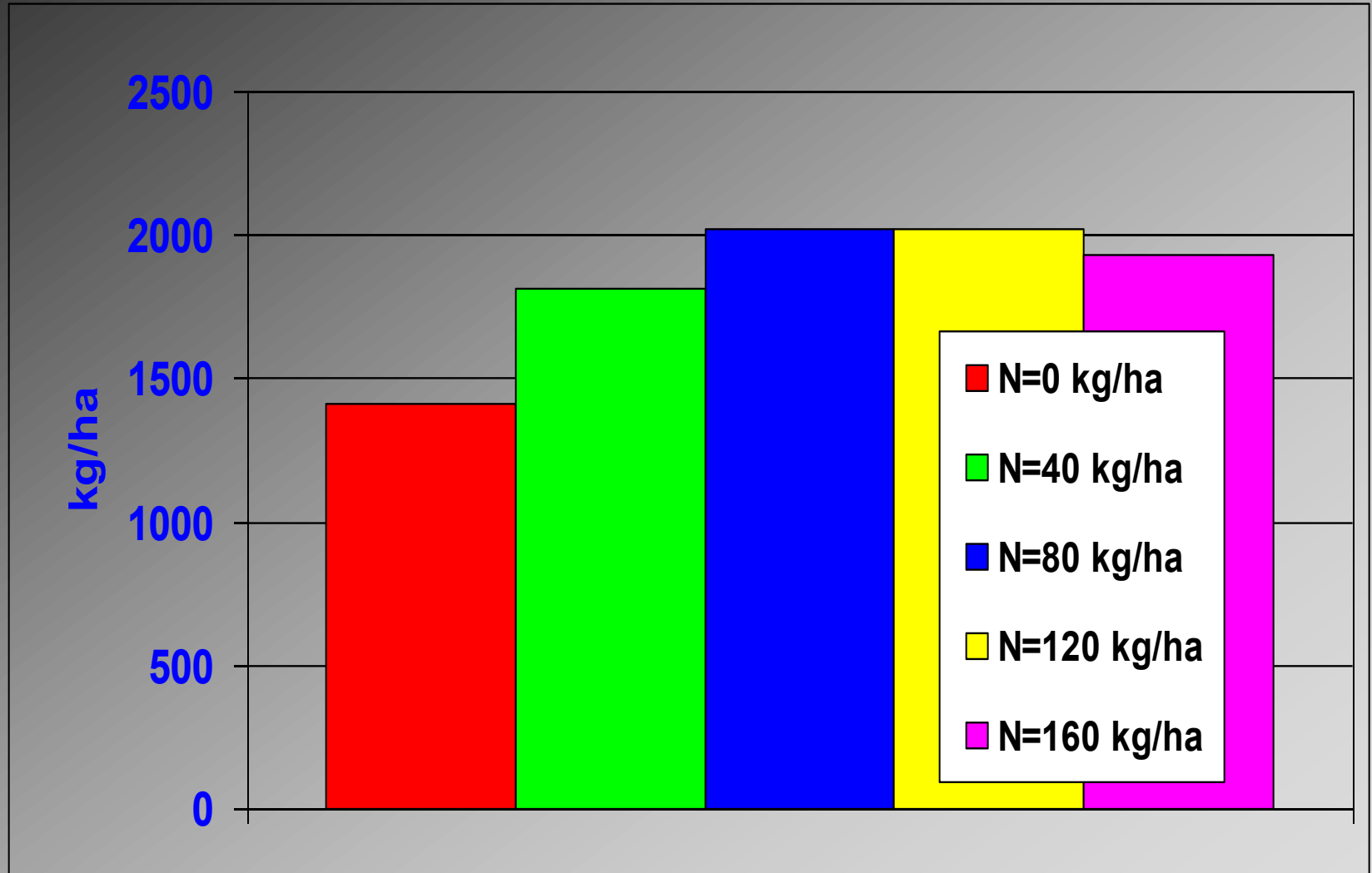


# Definición: Eficiencia

**Es conseguir un objetivo  
con el mínimo de recursos posibles**

**No debe confundirse con eficacia  
que es la capacidad de lograr el efecto que se desea**

# Producción de trigo en una rotación sorgo-trigo-cebada con diferentes cantidades de fertilización nitrogenada (media de 31 años)



# Cálculo de la eficiencia económica

40 kg de N = 154 kg de abono nitrogenado del 26%

154 kg de abono nitrogenado del 26% a 0,35 €/kg = **53,90 €**

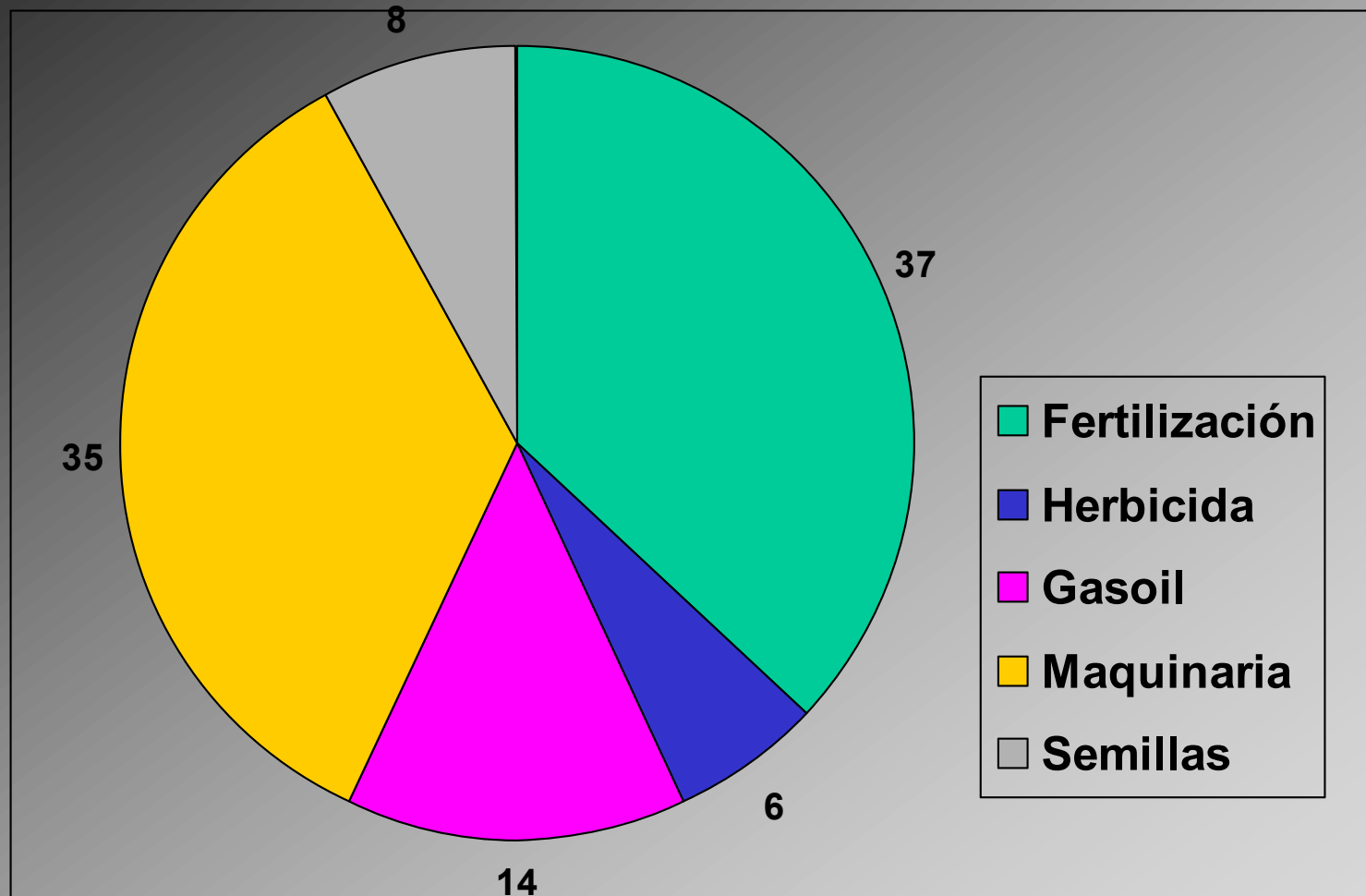
La diferencia de rendimiento medio de los 31 años entre abonar con 40 a 80 kg de nitrógeno ha sido de **203** kg/ha y de **381** entre no abonar nada y aplicar 40 kg de nitrógeno

El precio de la cebada actualmente es de 0,14 €/kg

El aumento de rendimiento de abonar con 80 kg de N en vez de 40 kg de N, ha supuesto un aumento de ingresos de  $0,14 \text{ €/kg} \times 203 = \mathbf{28,42 \text{ €}}$ , en otras palabras se ha perdido  $53,90 - 28,42 = \mathbf{25,48 \text{ €}}$ . El precio de la cebada para compensar los costes debería ser de 0,27 €/kg (44 pts)

El aumento de rendimiento de abonar con 40 kg de N en vez de no abonar con N, ha supuesto un aumento de ingresos de  $0,14 \text{ €/kg} \times 381 = \mathbf{53,34 \text{ €}}$ , en otras palabras se ha perdido  $53,90 - 53,34 = \mathbf{0,56 \text{ €}}$

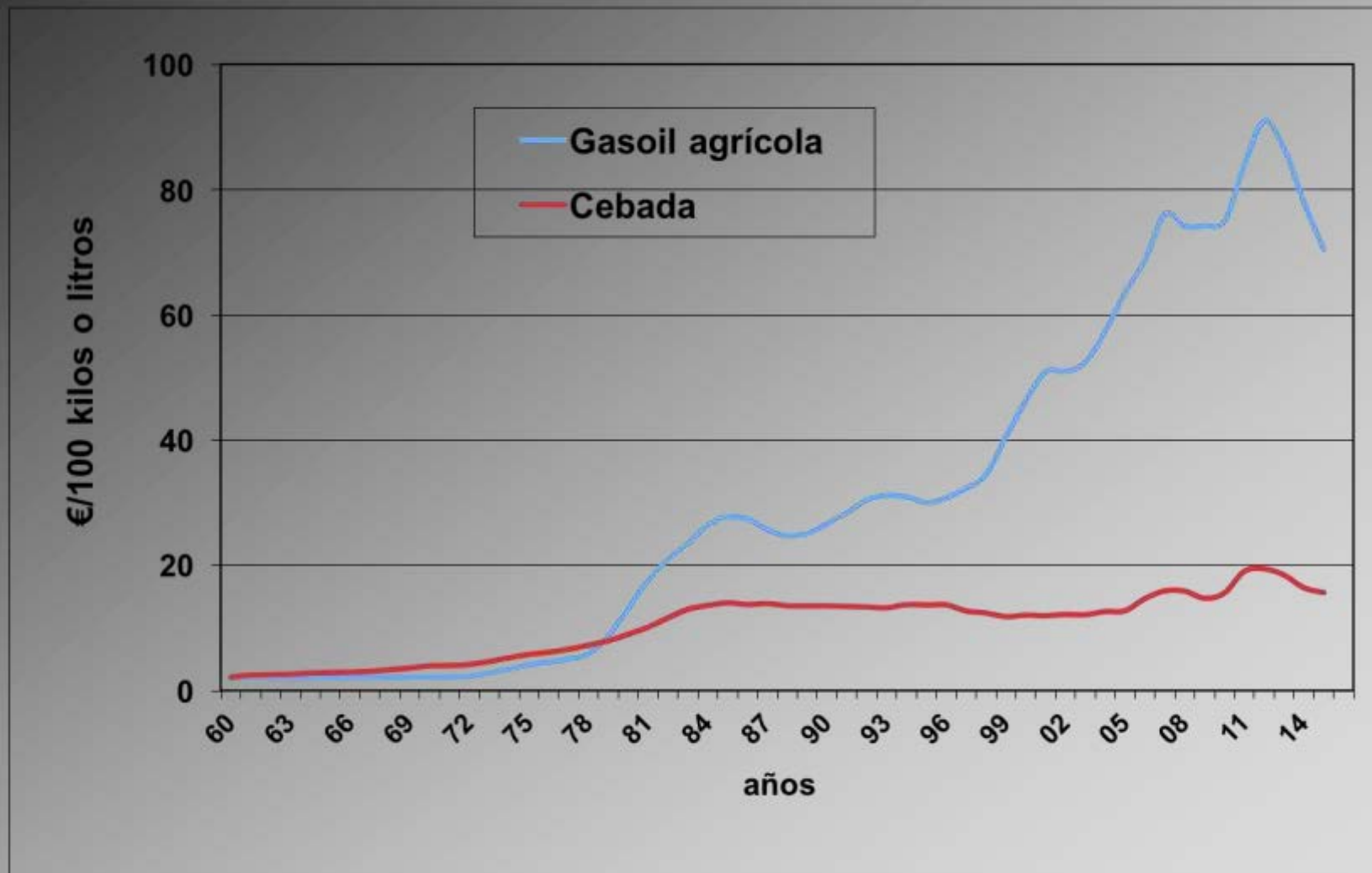
# Distribución del gasto económico en los agrosistemas de cereales



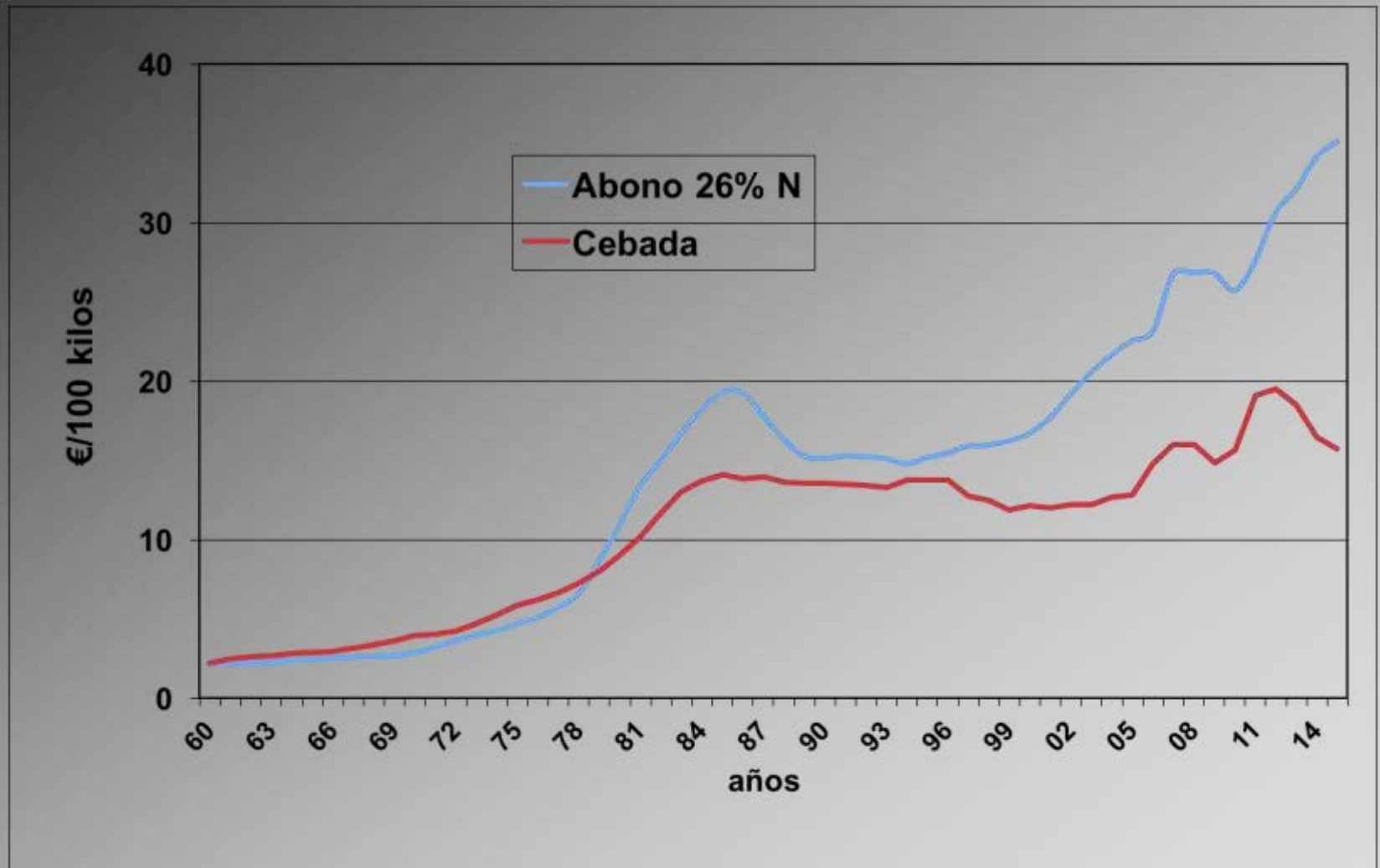
Los costes en agroquímicos son de 43% y en las labores un 49%.



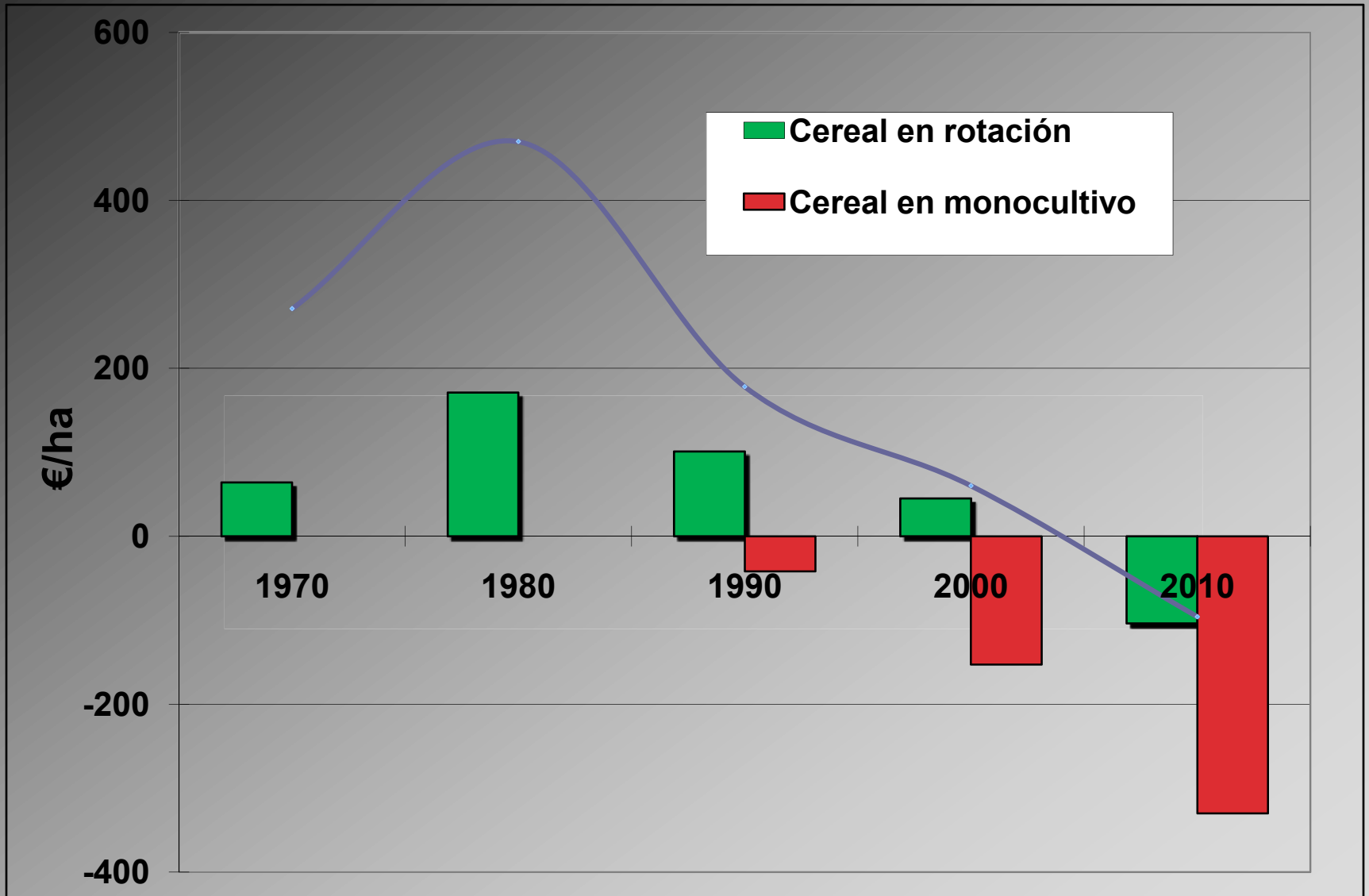
# Evolución de los precios de gasoil y de grano de cebada (medias móviles de 3 años)



# Evolución de los precios de un abono nitrogenado y de grano de cebada (medias móviles de 3 años)

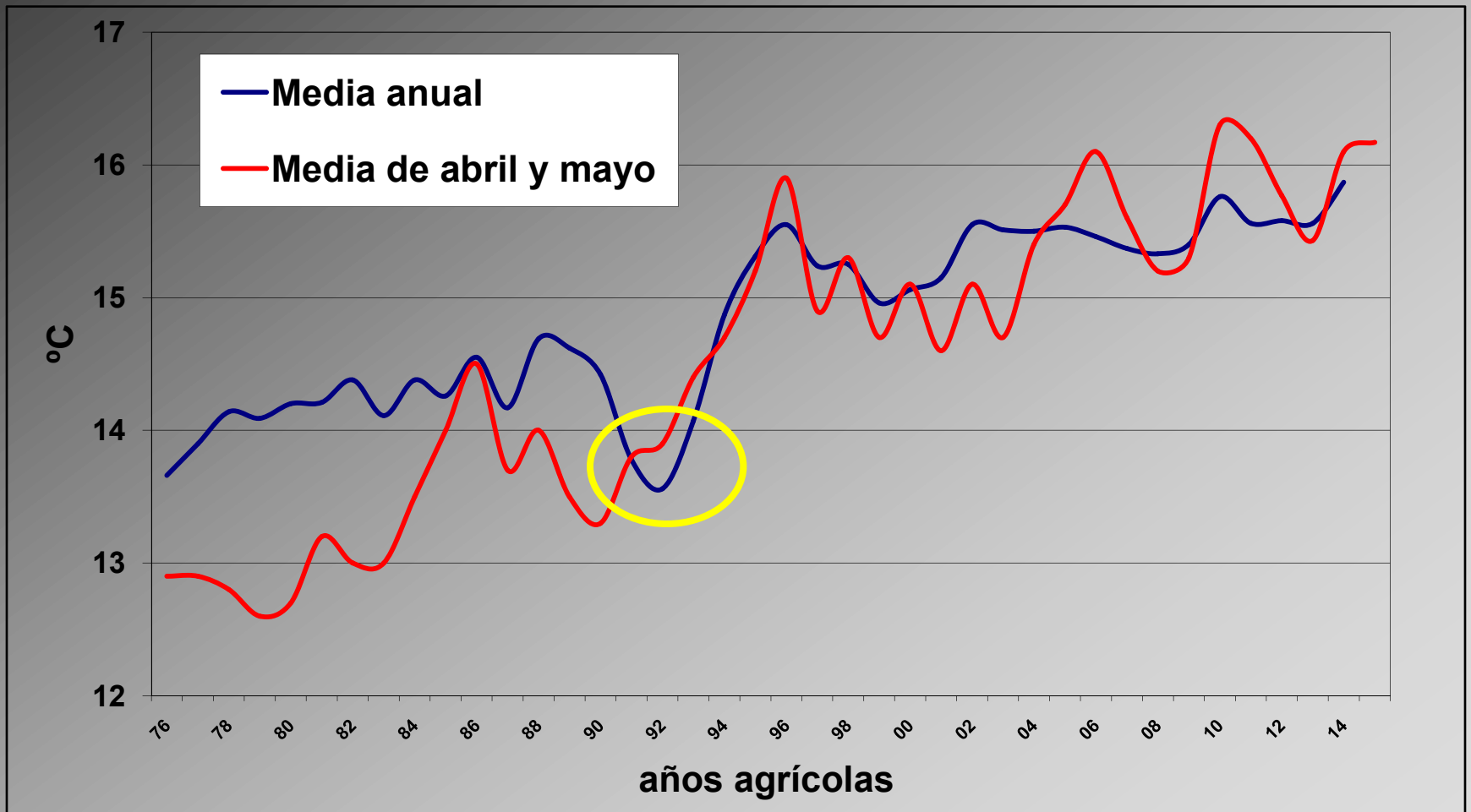


# Balance económico de un cultivo de cebada por décadas y hectárea en dos manejos, rotación y monocultivo



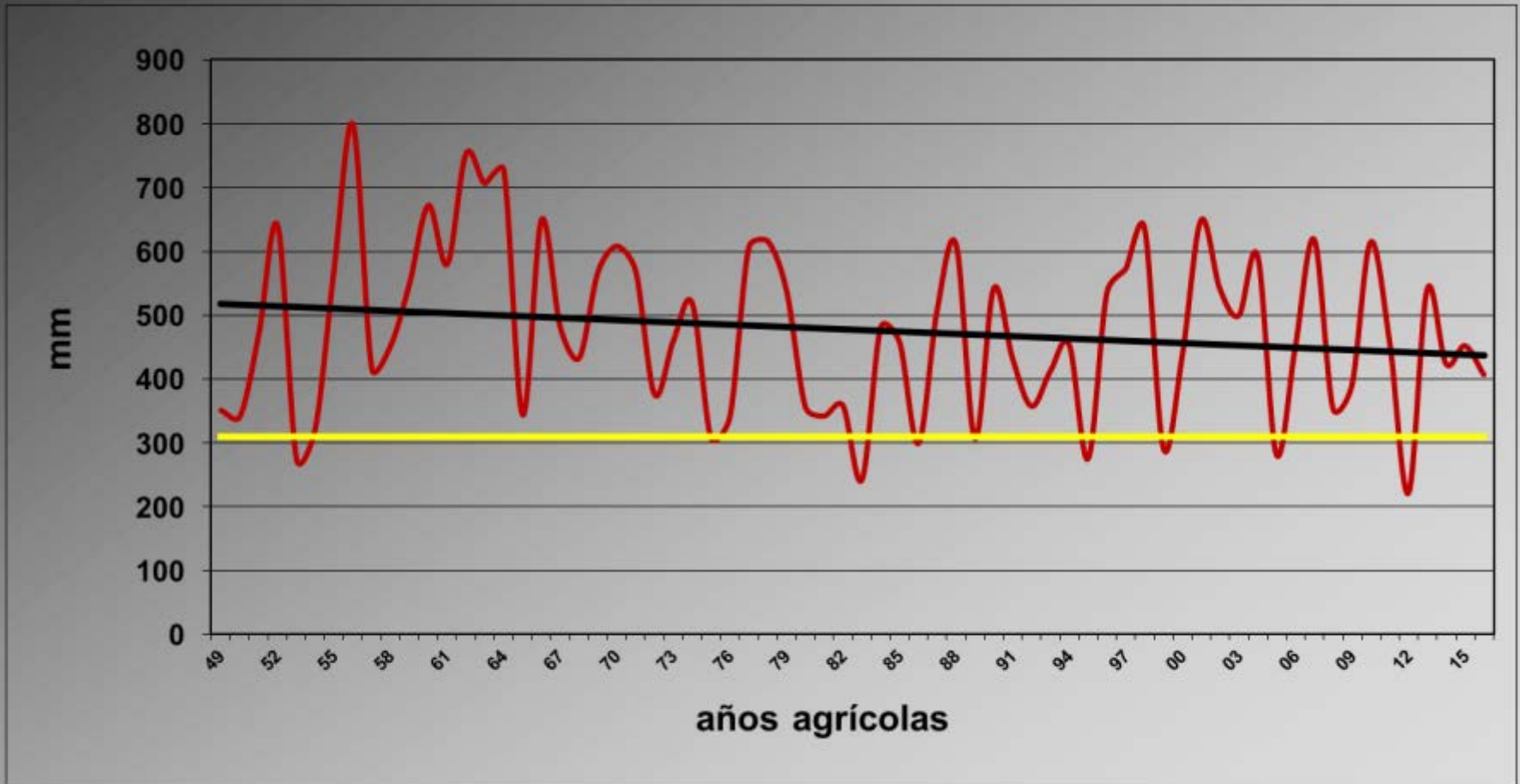
# Cambio climático

Evolución de las temperaturas medias anuales y de los meses de primavera de 41 años (medias móviles de tres años). Donde se observa el aumento de la temperatura en los últimos años.



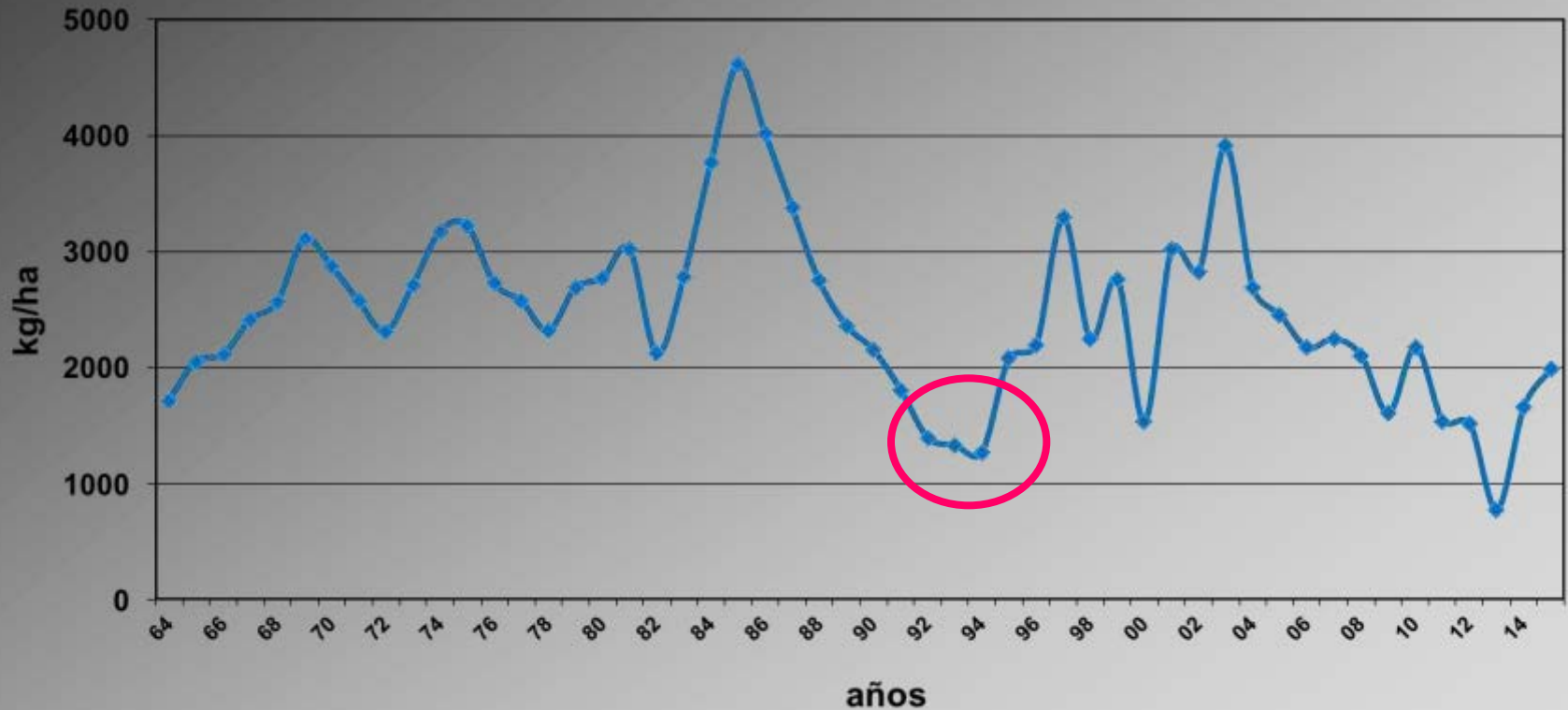
# Cambio climático

**Evolución de las precipitaciones (año agrícola) a lo largo de los últimos 67 años ( 1949-2016). Donde se observa el aumento de años secos en los últimos años.**



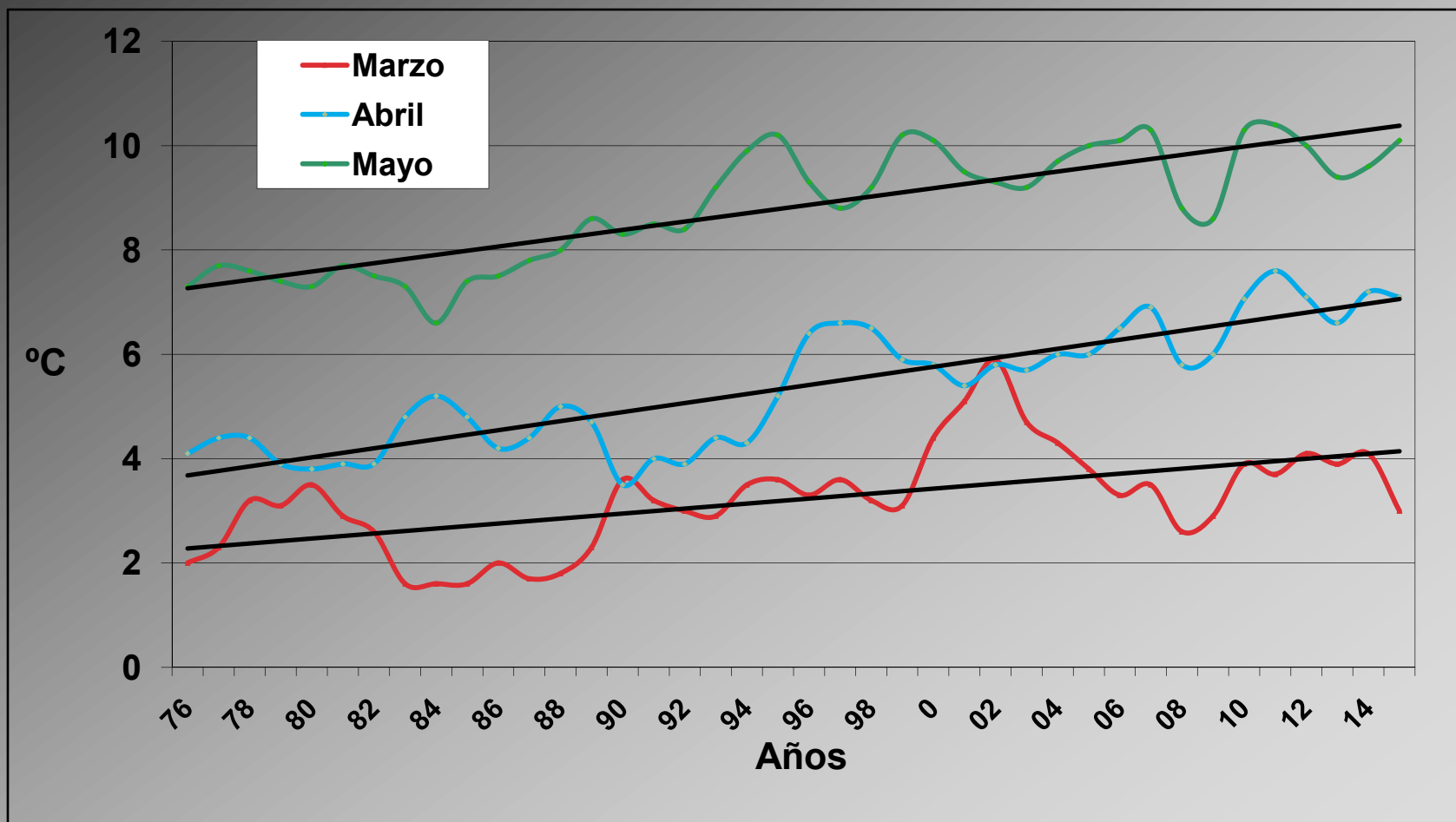
# Cambio climático

**Evolución de las producciones de cereal en rotación de 52 años (medias móviles de tres años), donde se observa una disminución y una menor estabilidad en las producciones en los últimos años.**



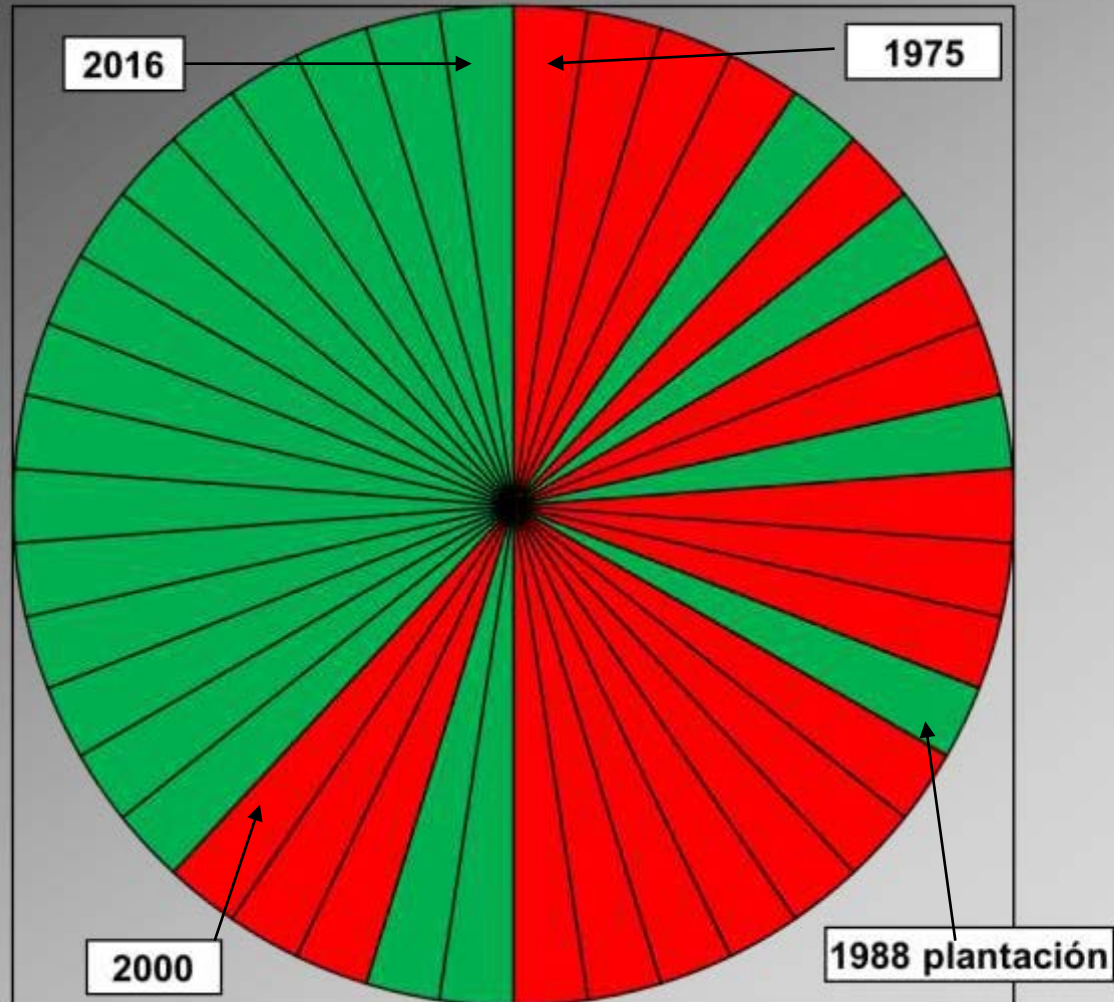
# Cambio climático

Evolución de las temperaturas medias de las mínimas de los meses de primavera (medias móviles de tres años) de los últimos 41 años, donde se observa el aumento de las temperaturas desde mediados de la década de los 90. Los meses de abril y mayo la temperatura ha aumentado en 3°C.



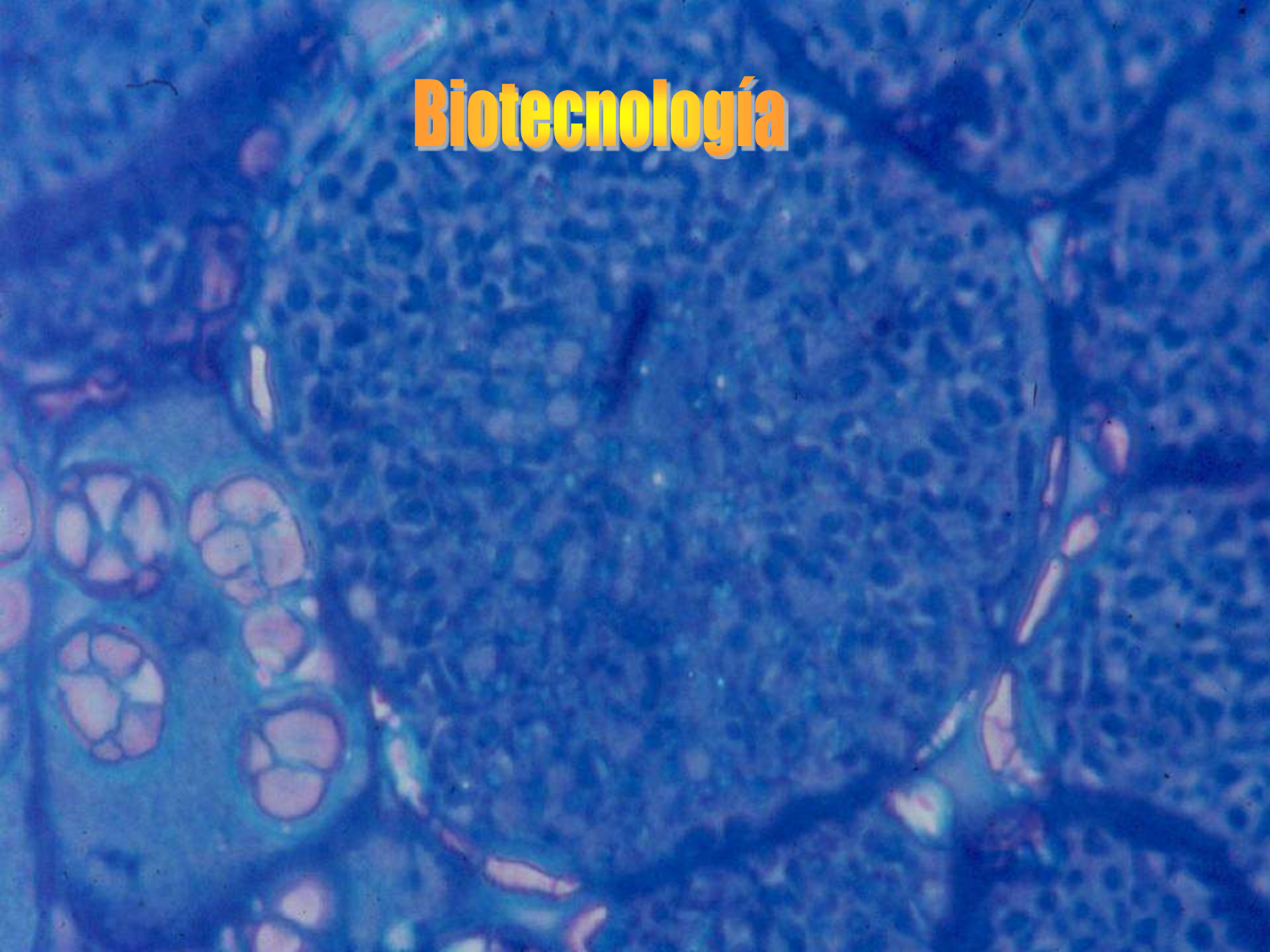
# Cambio climático

Años con heladas (rojo) que afectaron al cultivo del pistachero

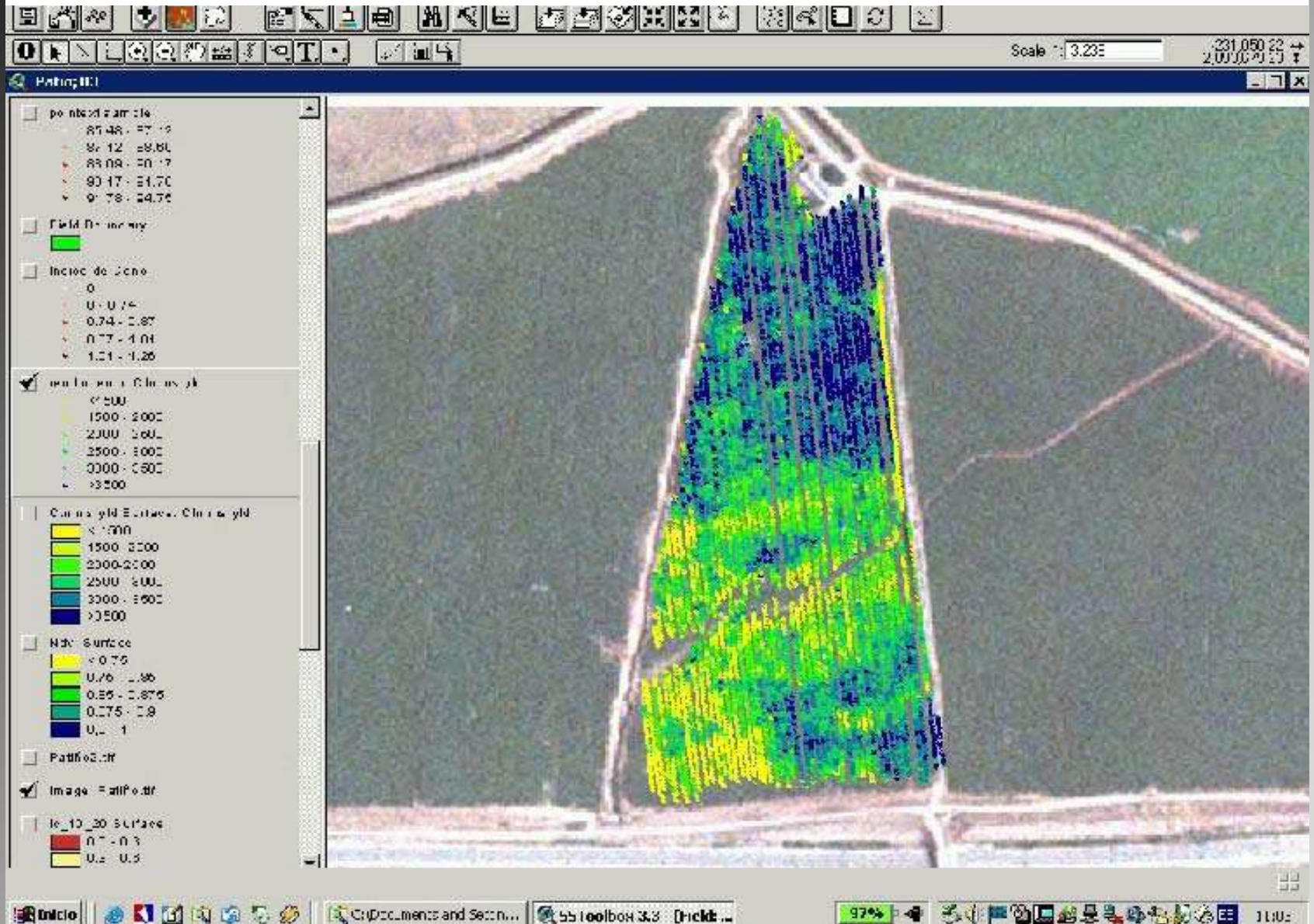




# Biotecnología



# Mapas de producción







# Método reduccionista



# Degradación de los sistemas agrarios



# Contaminación=Eutrofización



**Ridolfia segetum**



**Hirschfeldia incana**

**Bromus diandrus**



# Método holístico





# El manejo modifica el ambiente



**Rotaciones**



**Tipo de siembra**



**Uso de agroquímicos**



**Cantidad de nutrientes del suelo**

# El manejo modifica el ambiente



# El manejo modifica el ambiente



**Trabajar la tierra  
sin tempero**



**Quema  
de  
residuos**



**Control de plagas  
sin agroquímicos**



**Aumento de  
especies cinegéticas**

# El manejo modifica el ambiente





**El manejo del suelo  
modifica el ambiente**

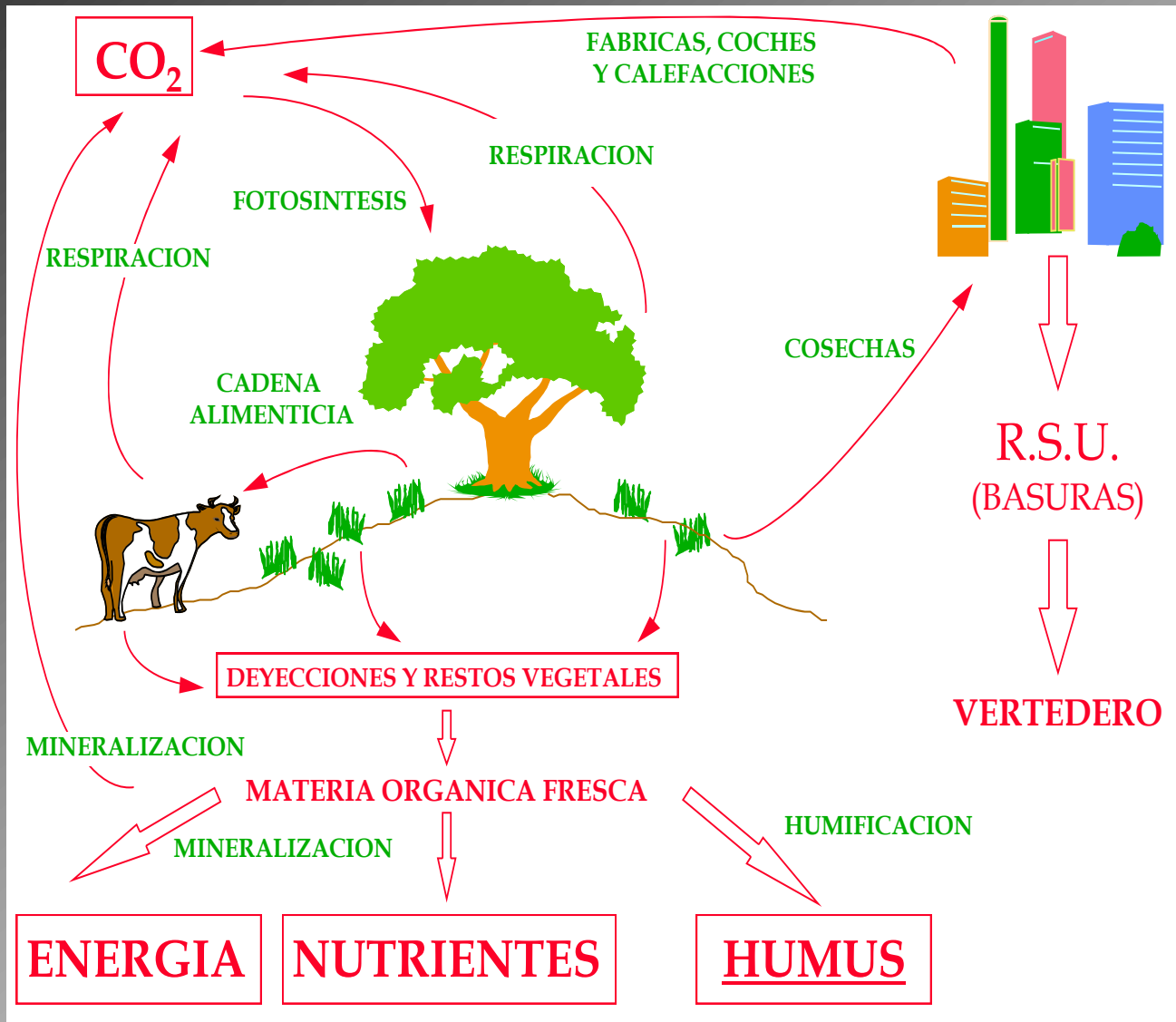




**El manejo del suelo  
modifica el ambiente**



# Ciclo del carbono



# La gestión de los residuos vegetales



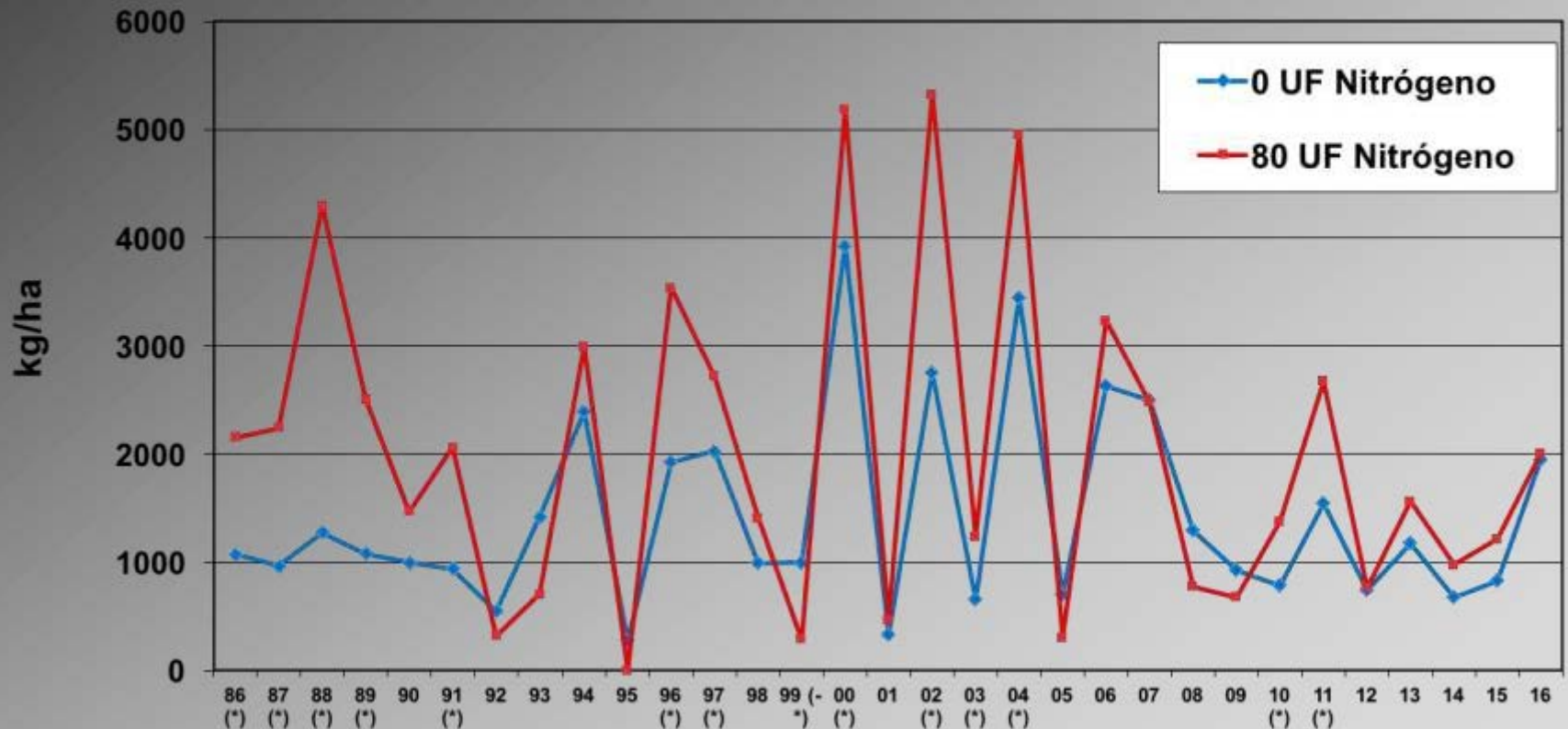


# Midiendo la respiración del suelo en diferentes momentos



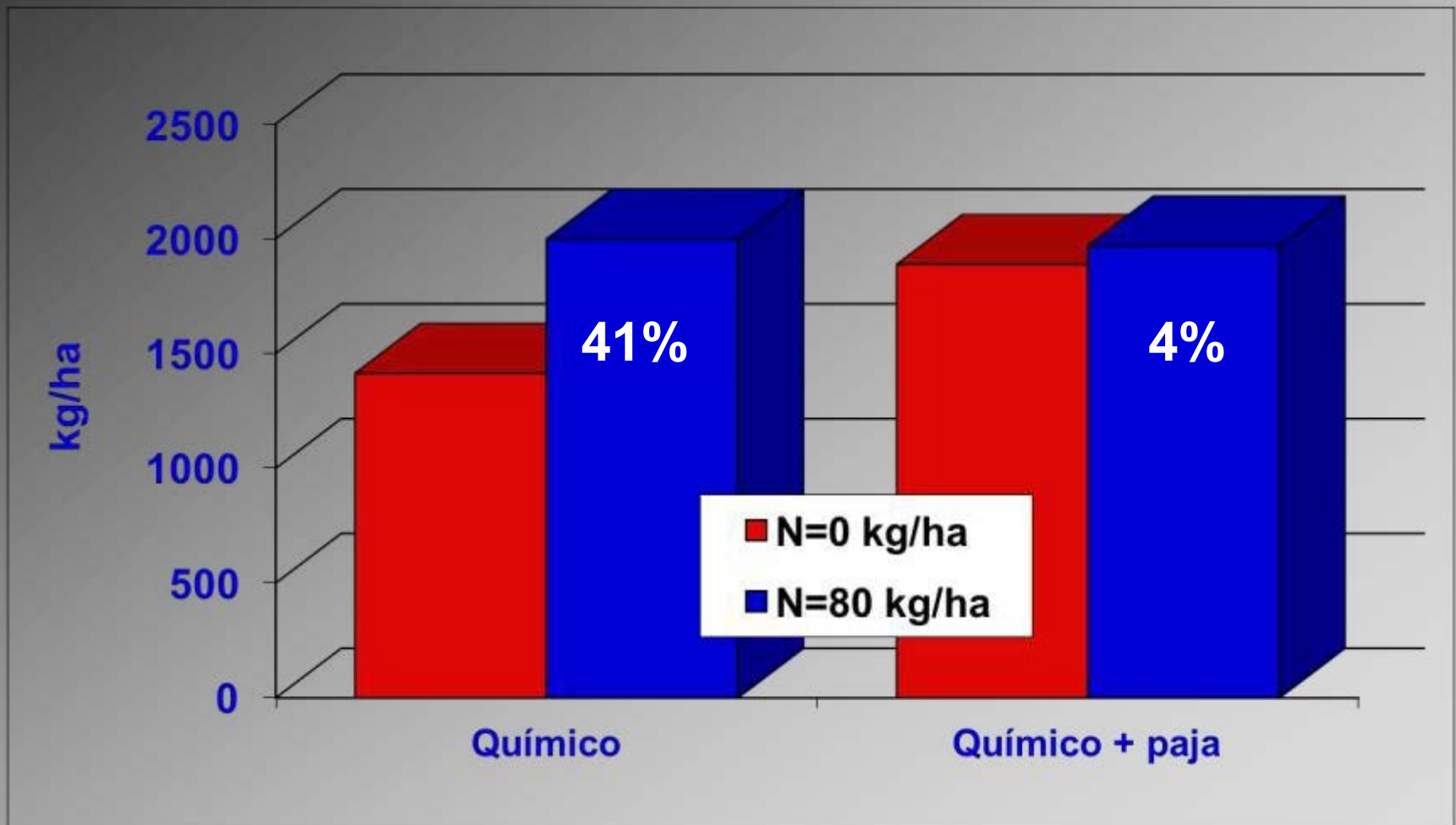
# Nitrógeno

## Evolución de las producciones de trigo con y sin fertilización nitrogenada





# Producción de trigo en una rotación sorgo-trigo-cebada con diferentes fertilizaciones nitrogenadas y manejos (media de 31 años)





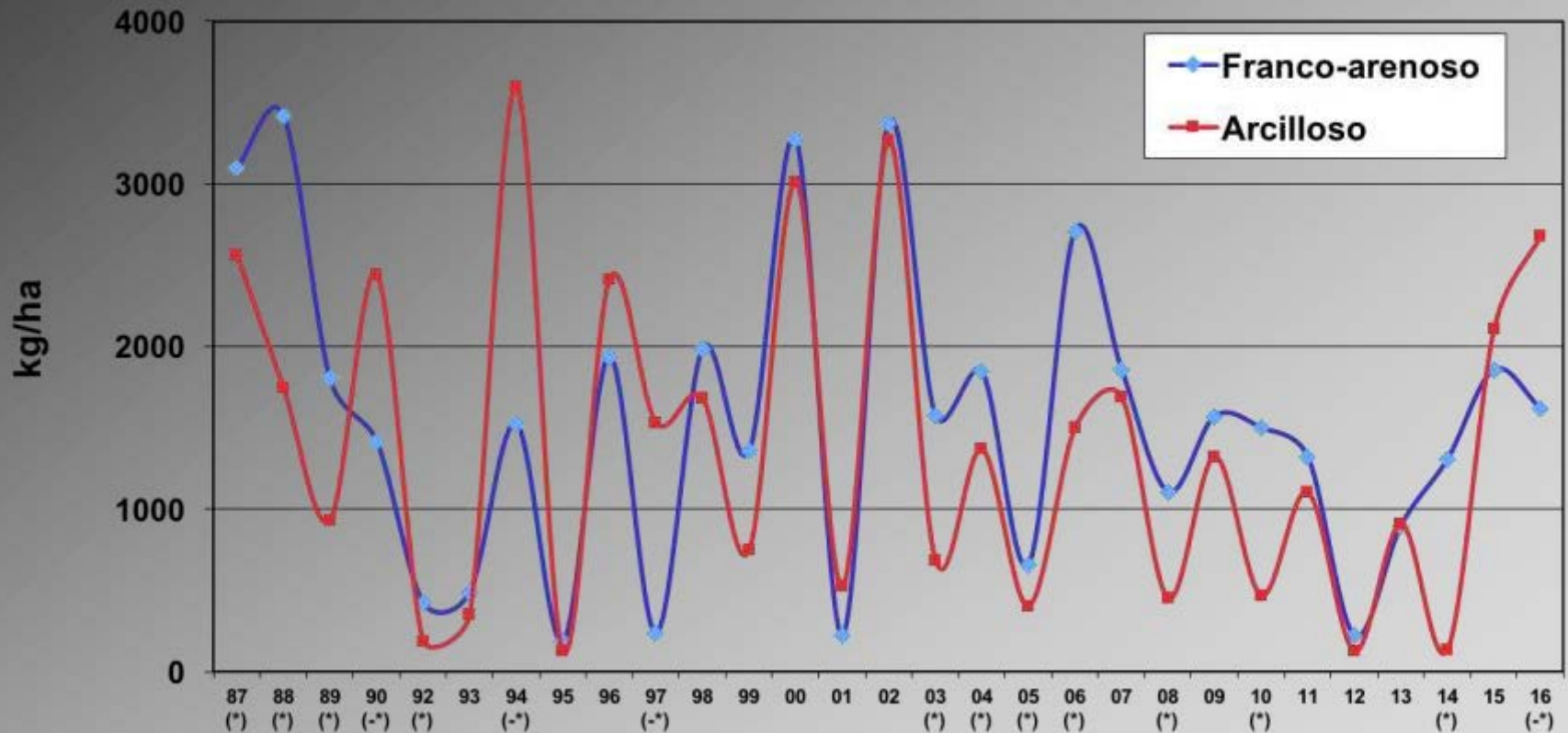
# Suelos



# Suelos

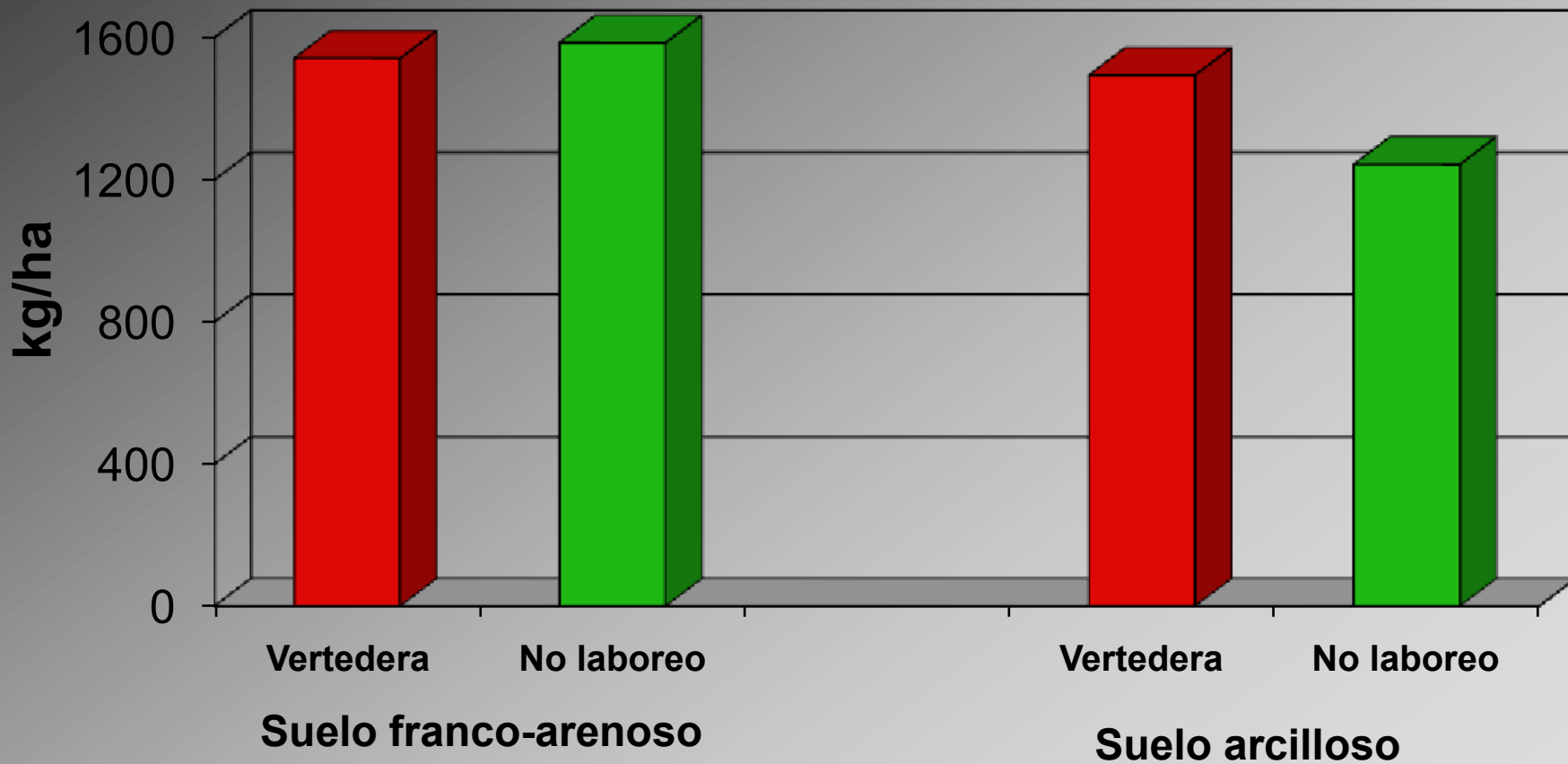
El suelo determina las diferencias anuales

Evolución de las producciones de cebada en monocultivo y en dos suelos

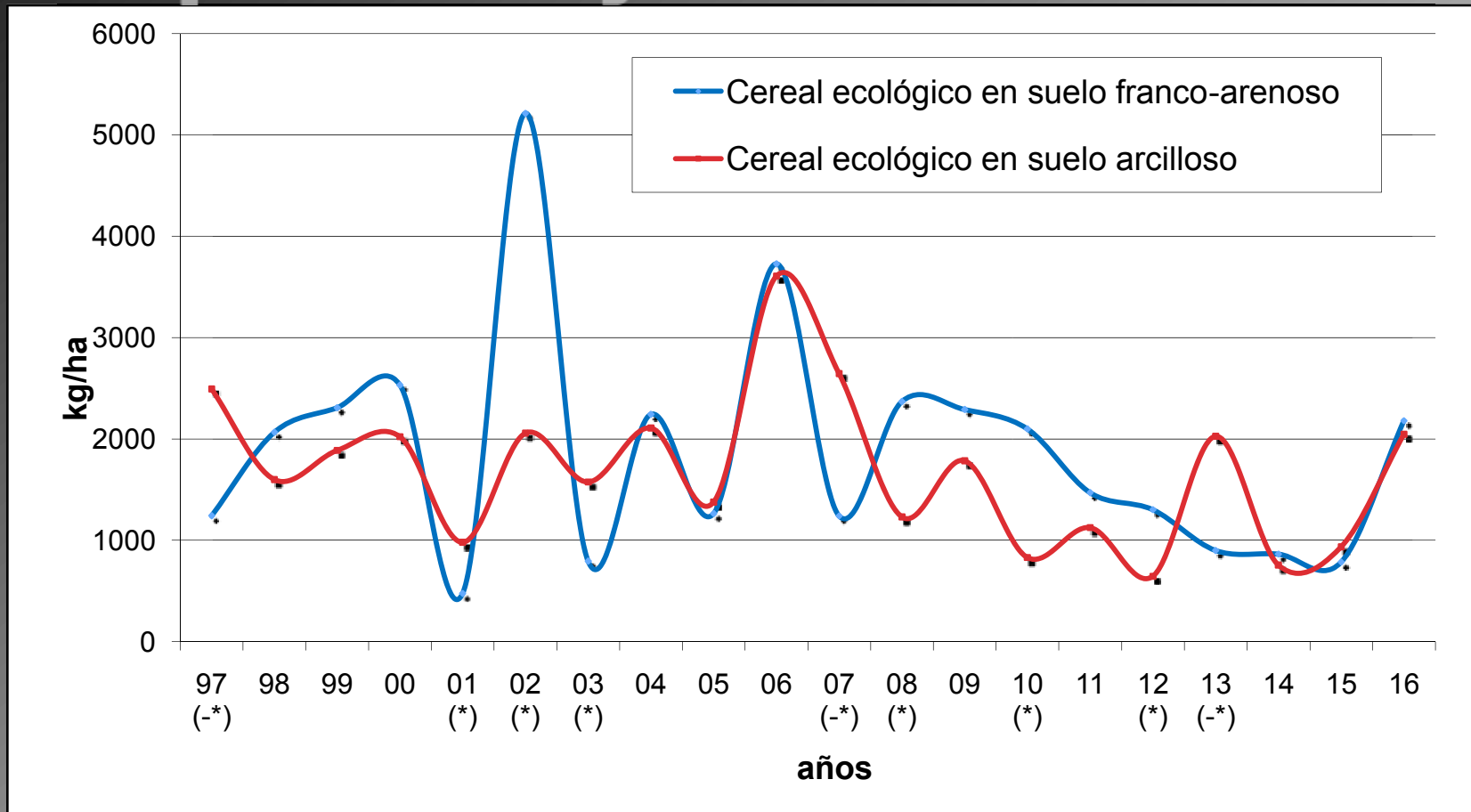


# Suelos: Producción

Producción media de cebada en monocultivo (30 años)



# El tipo de suelo y rendimiento de cereal

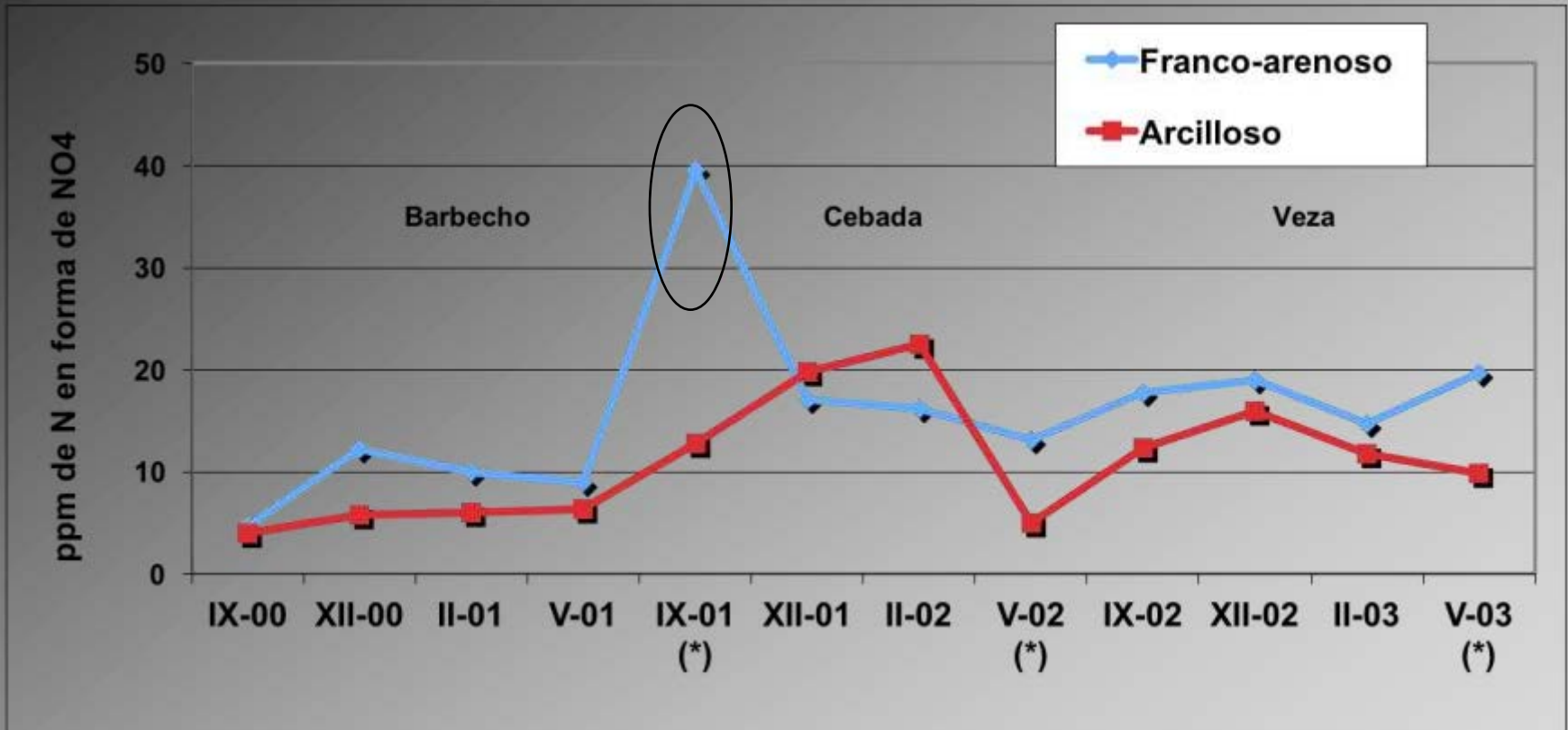


**Evolución de los rendimientos de cereal ecológico en dos suelos sometidos a manejo ecológico, sin aportes de insumos externos, la rotación es de barbecho-cebada-veza enterrada-trigo. Se observa que los suelos ligeros reciclan mejor los nutrientes que los suelos arcillosos, esto se manifiesta con unos rendimientos medios superiores de un 10% (1.869 y 1.687 kg/ha media de 20 años). Cuando los suelos arcillosos producen más está relacionado con las reservas hídricas de invierno y primaveras con déficit.**



# Suelo y fertilización

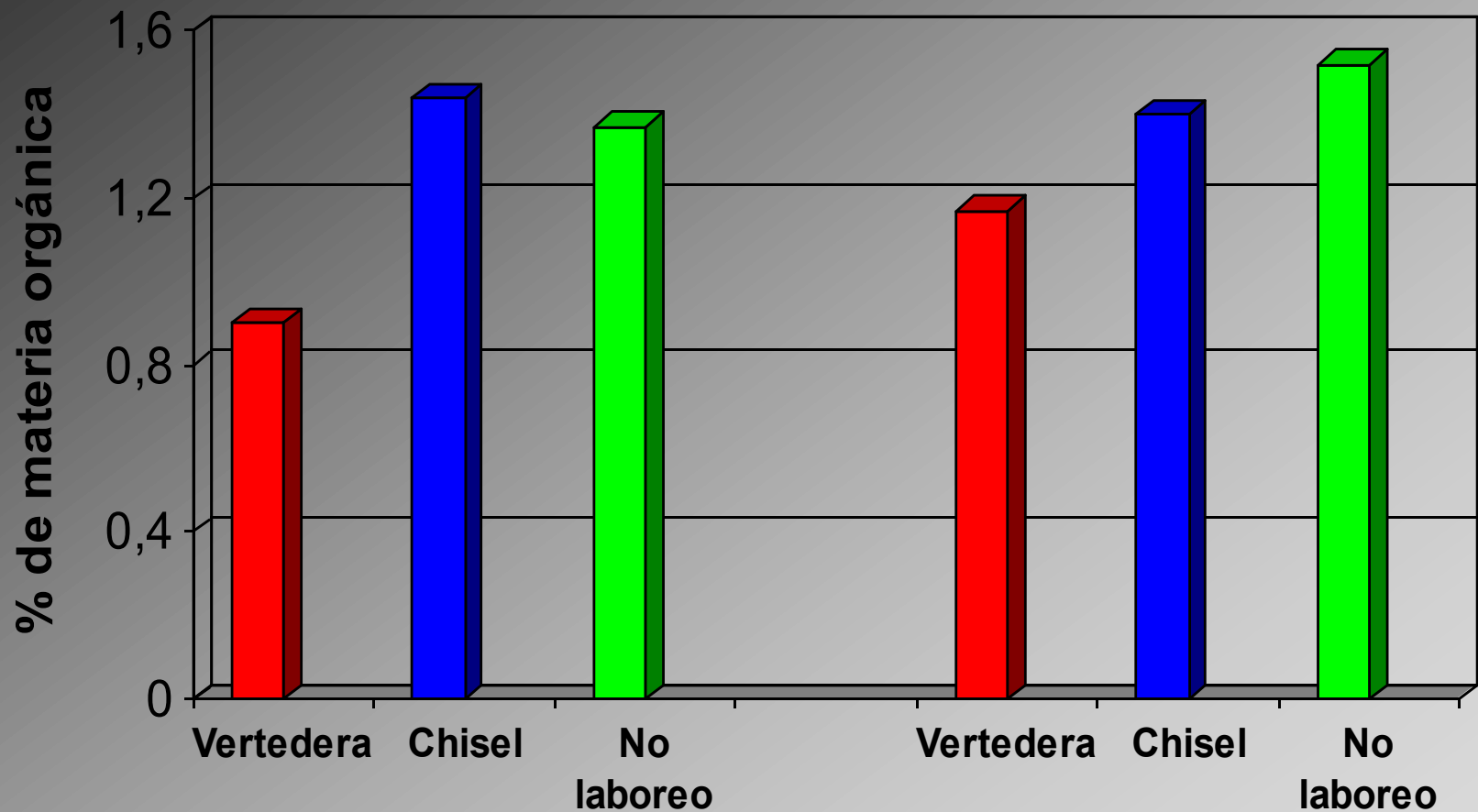
## Evolución del nitrógeno en forma de nitratos que hay en el suelo



(\*) Indica la fecha que hubo diferencias significativas entre manejos

El suelo más arenoso por tener más aire, facilita la mineralización de los residuos y permite que el cultivo disponga de mayor cantidad de nutrientes

# Suelos: Materia orgánica

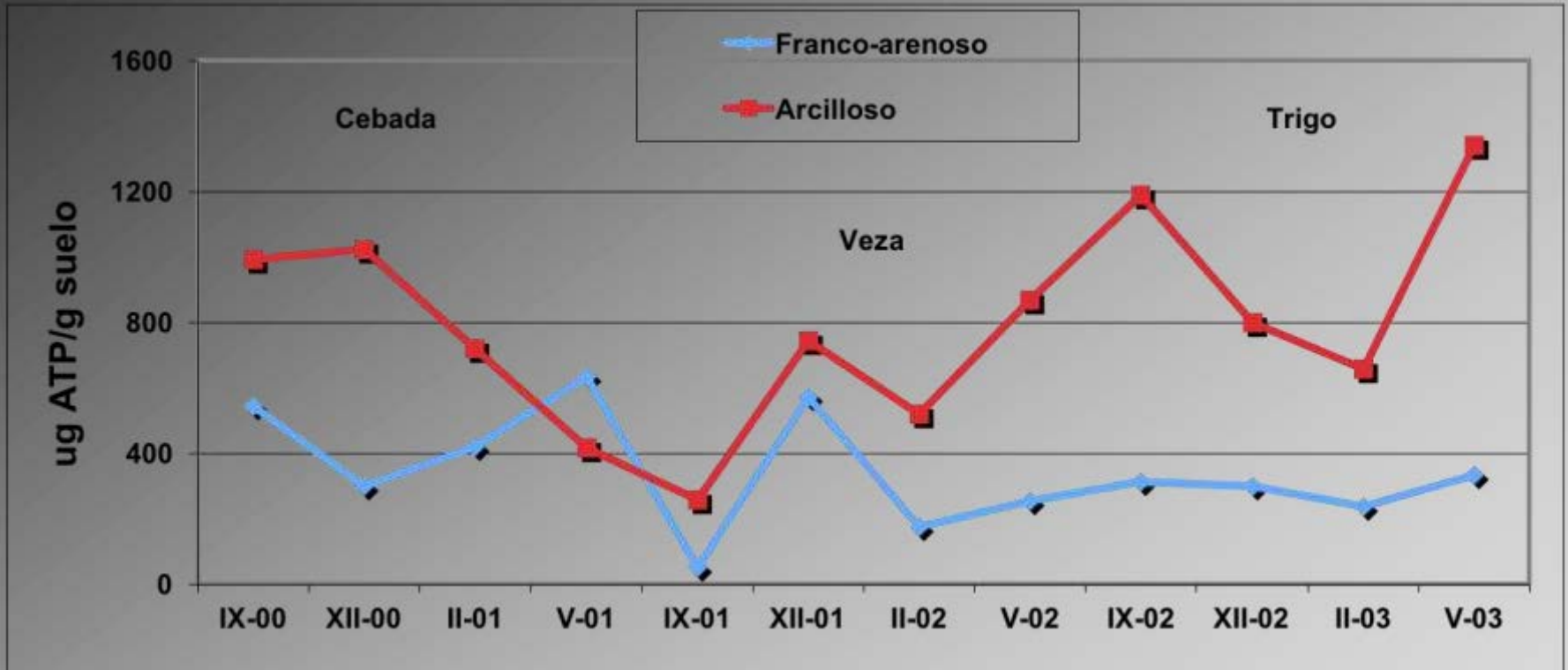


**Suelo franco-arenoso**

**Suelo arcilloso**

# Suelo y fertilización

## Evolución de la biomasa microbiana que hay en el suelo

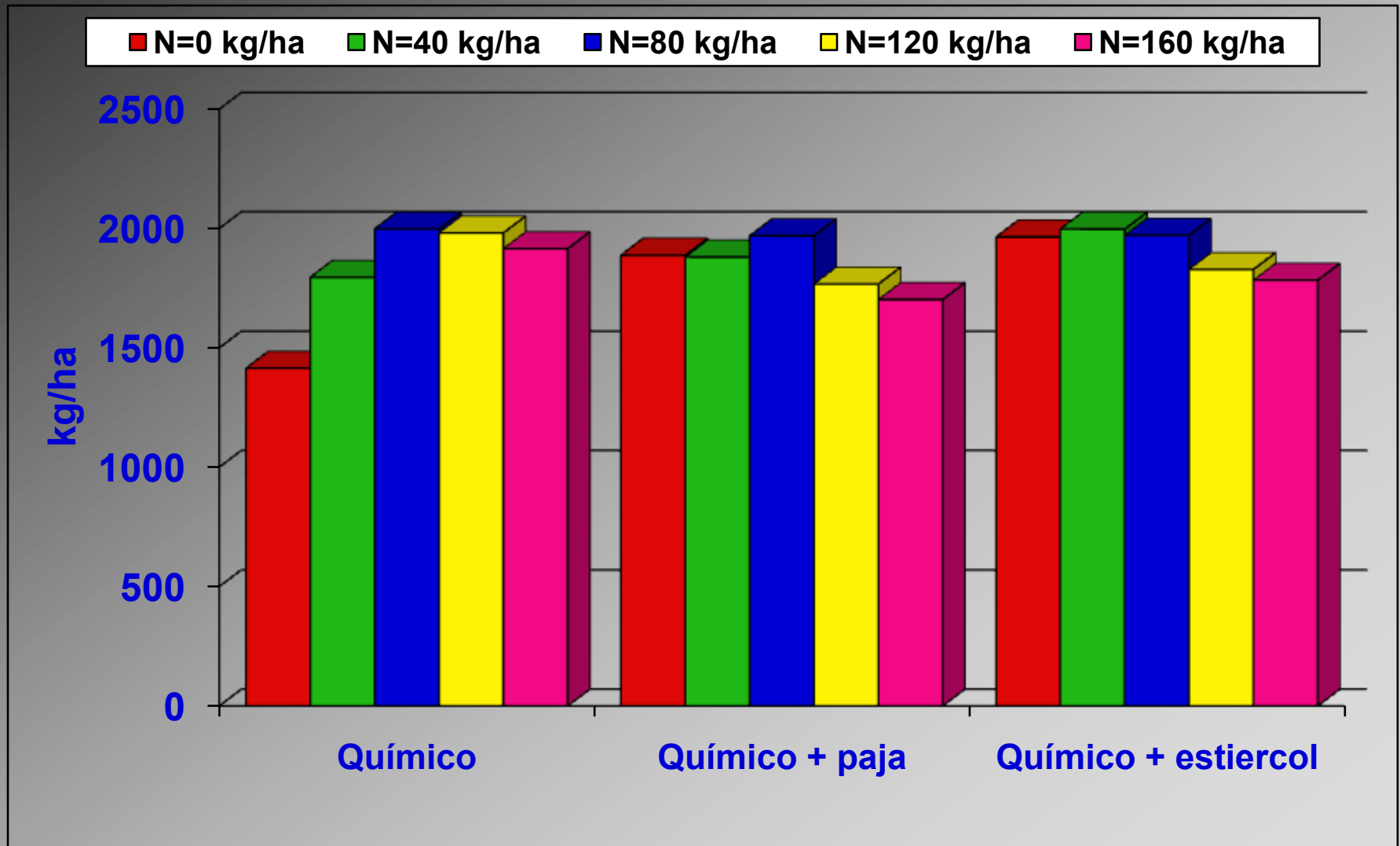


El suelo arcilloso sostiene mayor cantidad de vida y compite por tanto con el desarrollo del cultivo, igual que ocurre con el abono verde

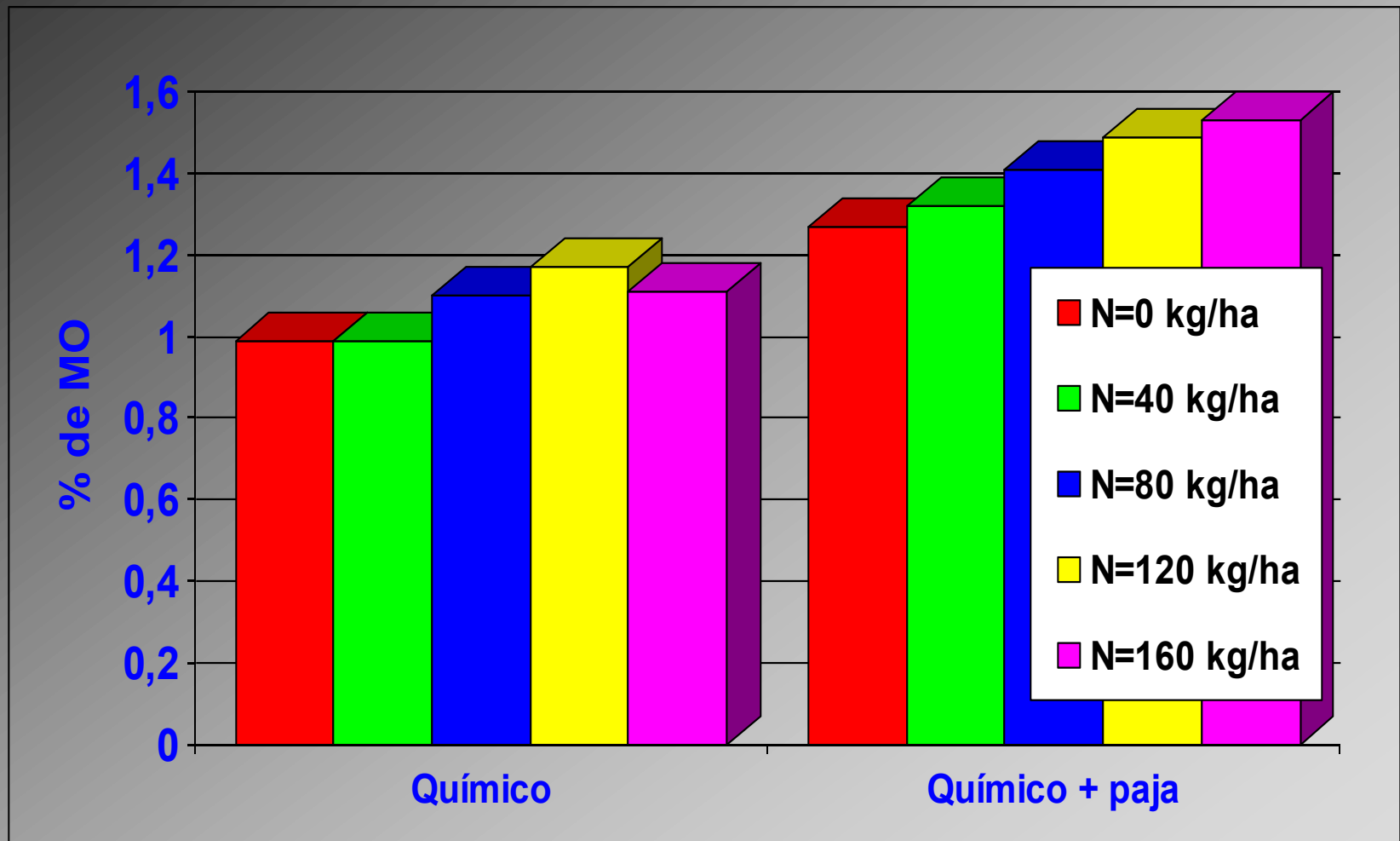
# Fertilidad



# Producción de trigo en una rotación sorgo-trigo-cebada con diferentes fertilizaciones y manejos (media de 31 años)



# Evolución de la materia orgánica en diferentes fertilizaciones y manejos

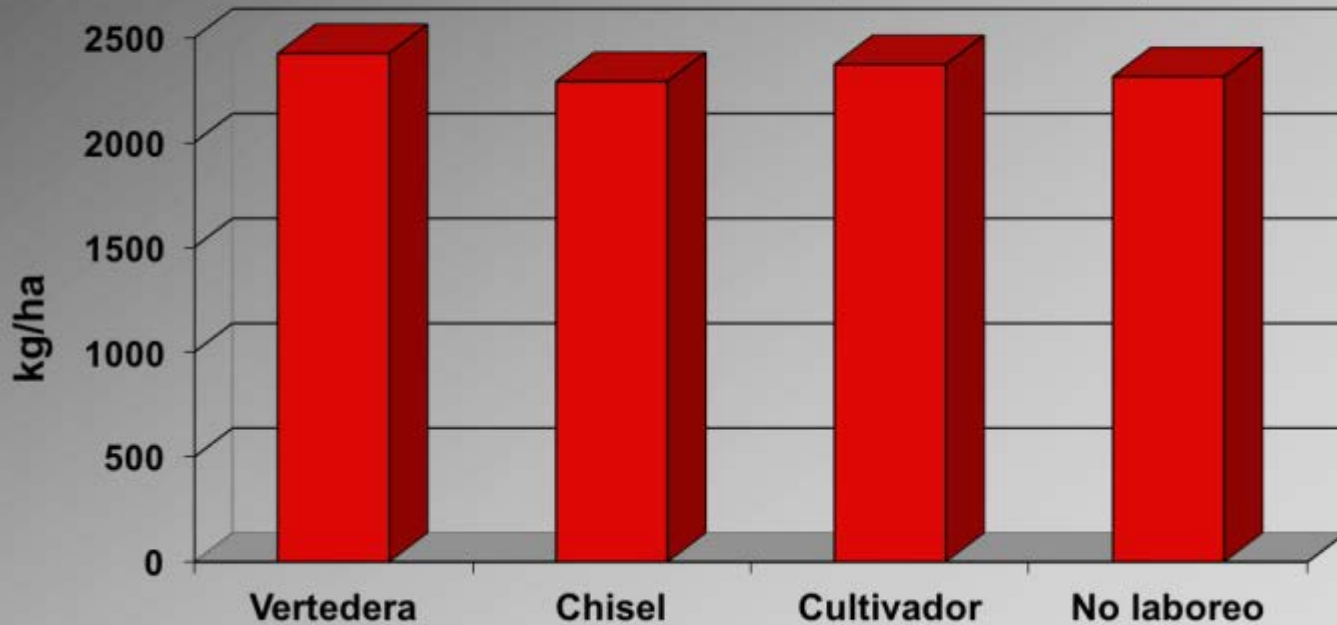




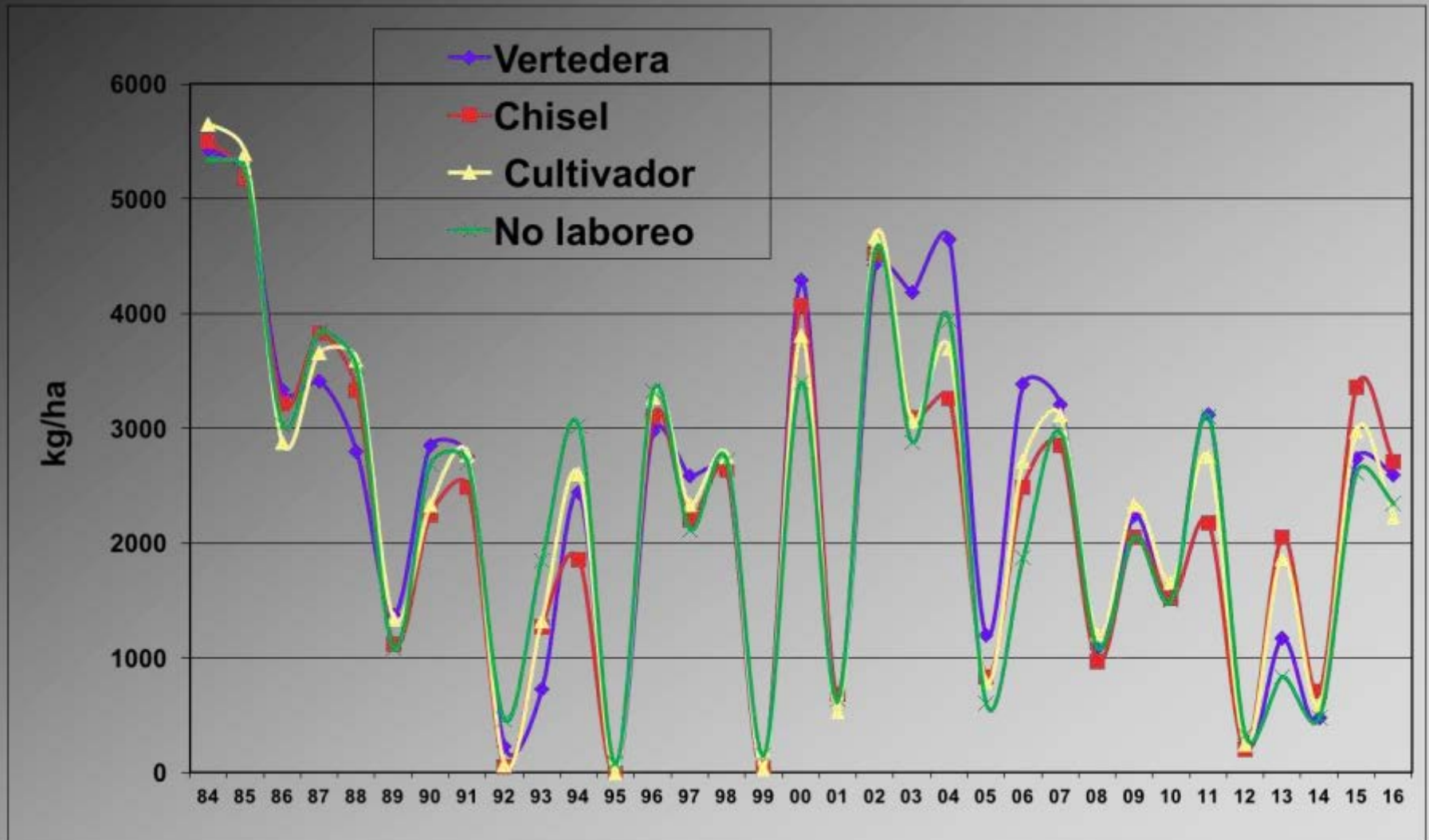
# Labores

Más labor no es igual a mayor producción

Efecto de las labores en la producción de cebada en rotación con otros cultivos (media 33 años)



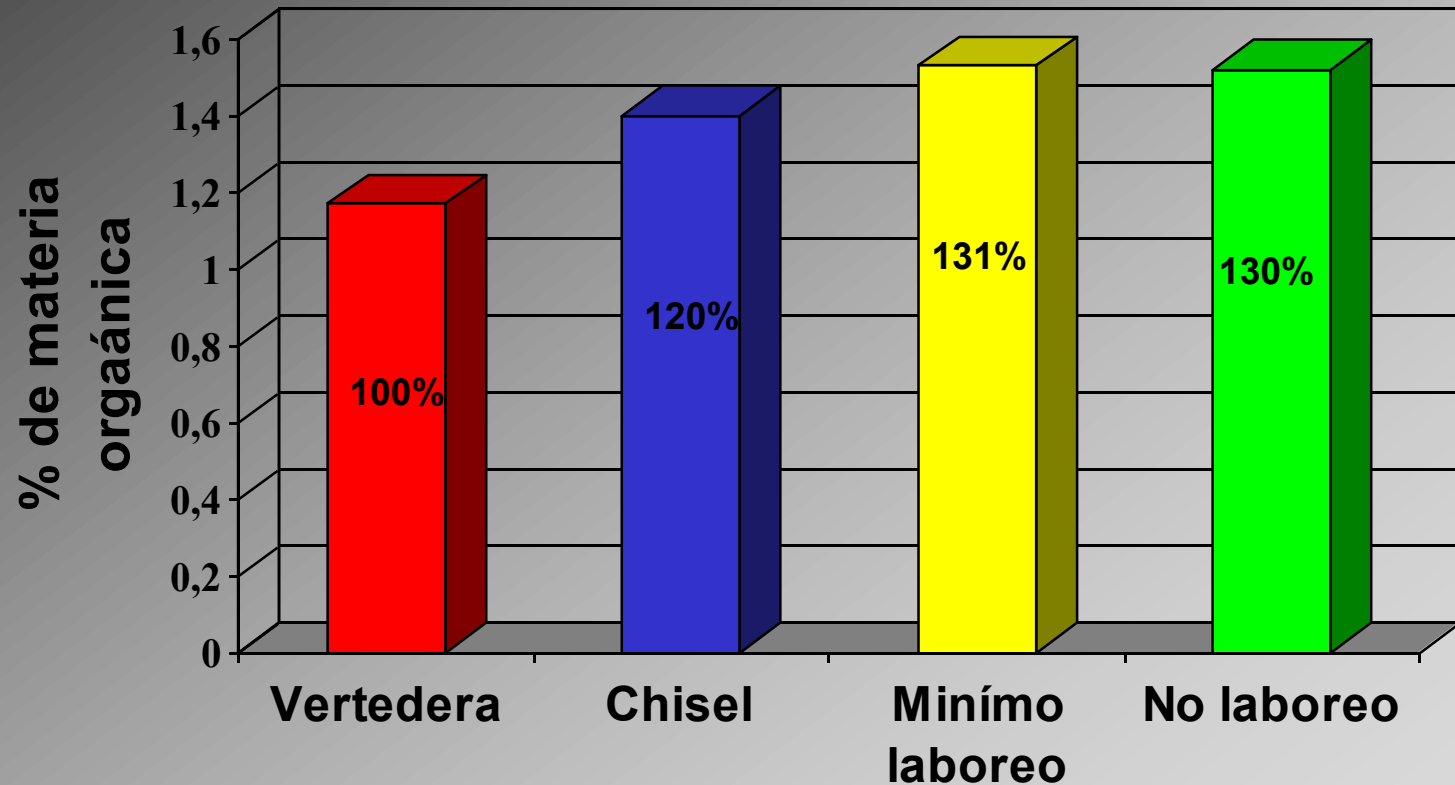
# Rendimiento de cereal con diferentes laboreos





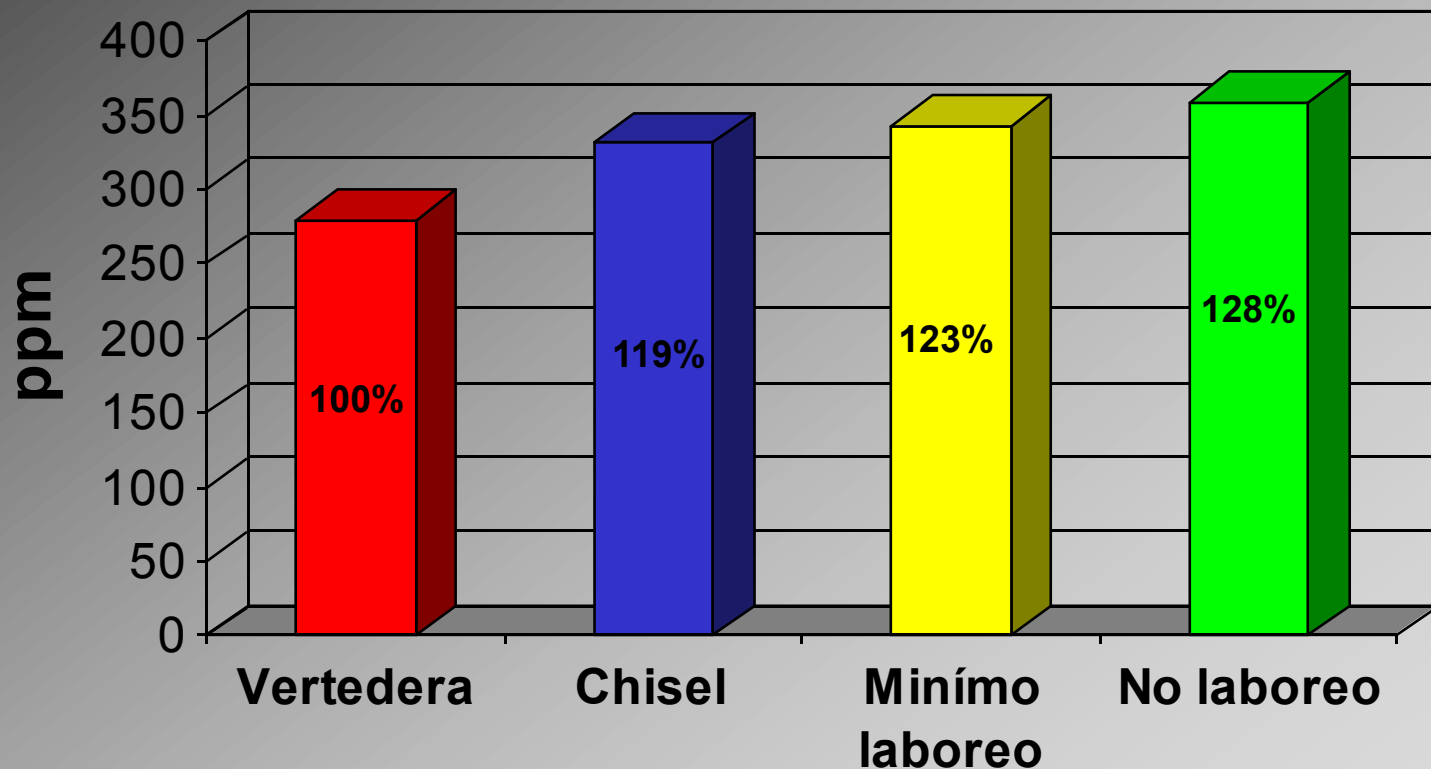
# Vertedera = degradación

La materia orgánica media de 30 años en rotación de cultivos



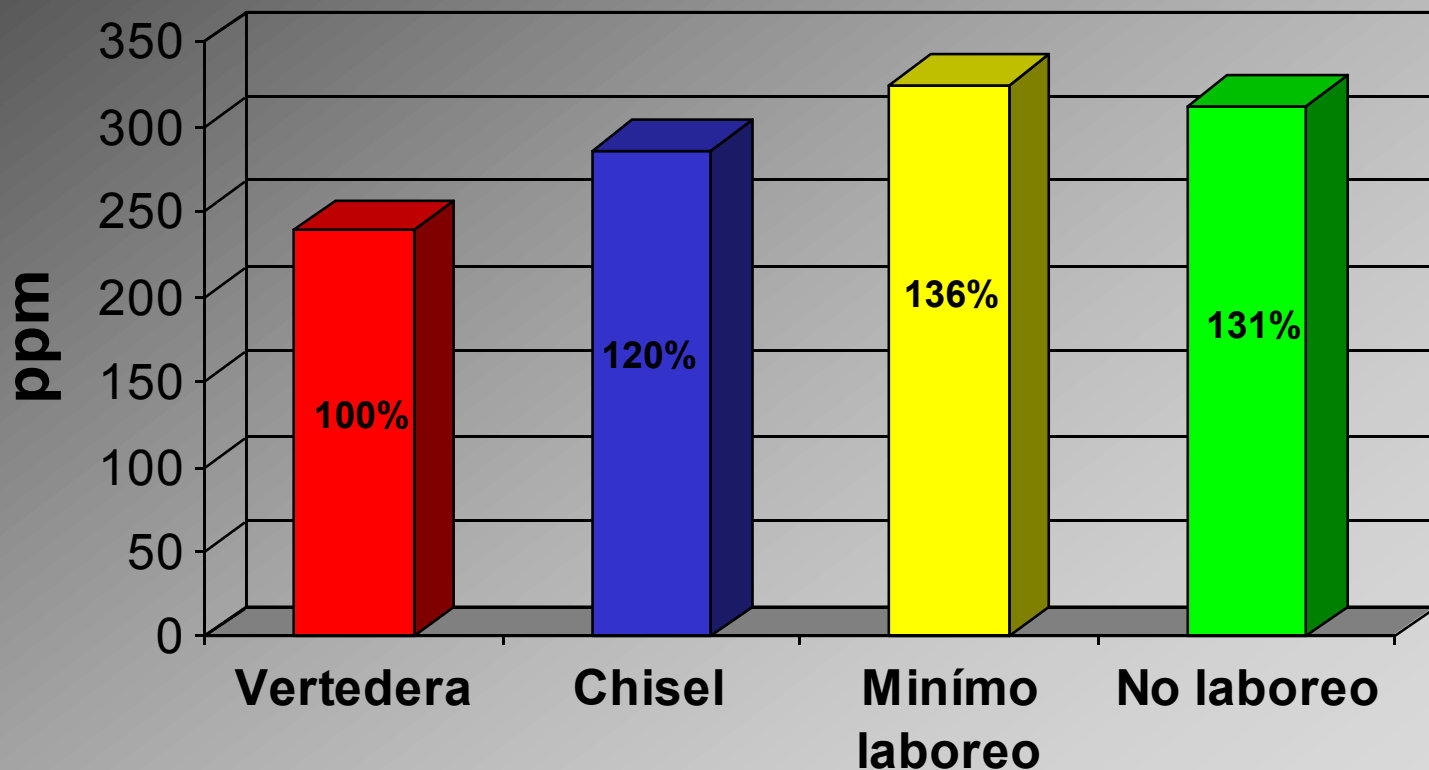
# Vertedera = degradación

El potasio media de 30 años en rotación de cultivos



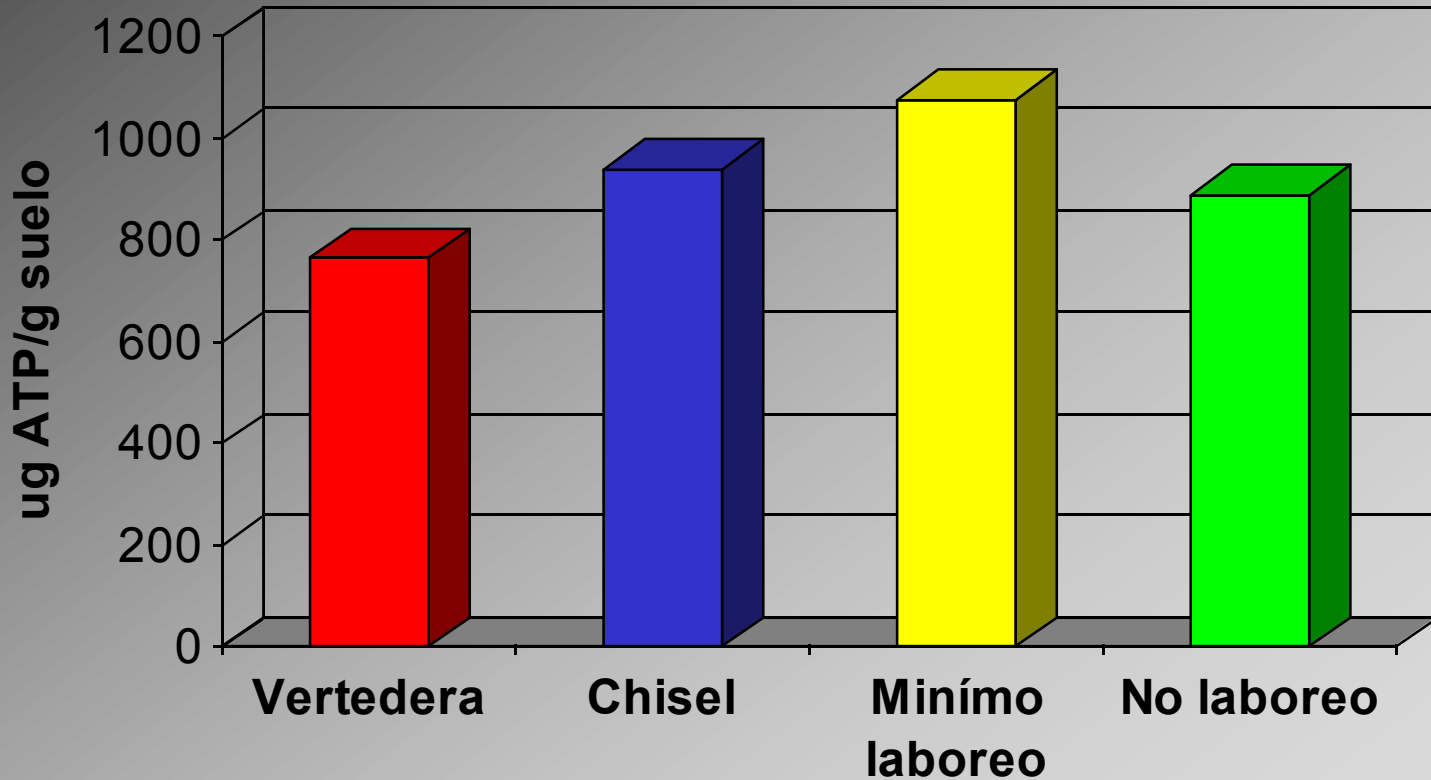
# Vertedera = degradación

El fósforo ( $P_2O_5$ ) media de 30 años en rotación de cultivos



# Vertedera = degradación

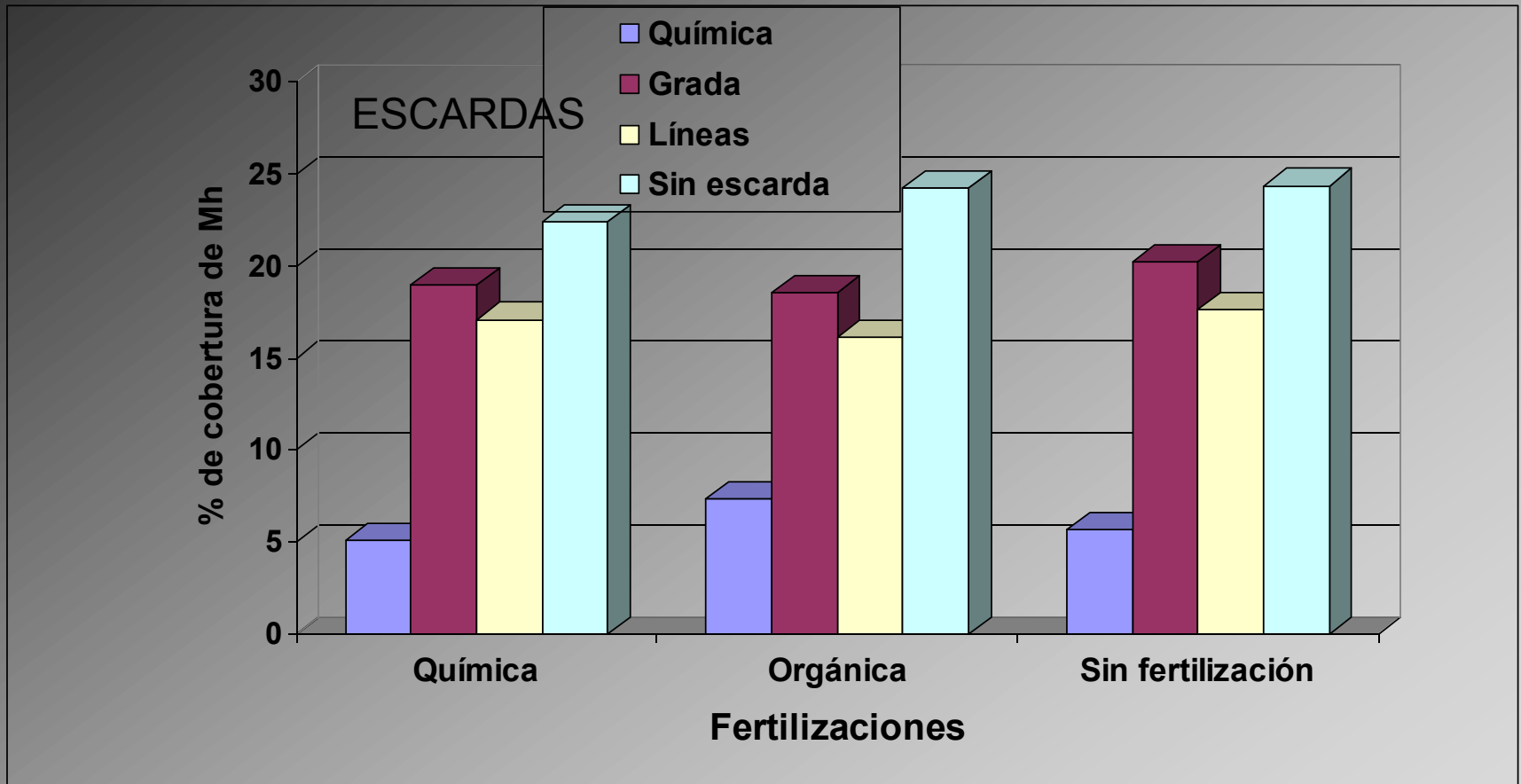
Evolución de la biomasa microbiana después de 20 años



# Las hierbas

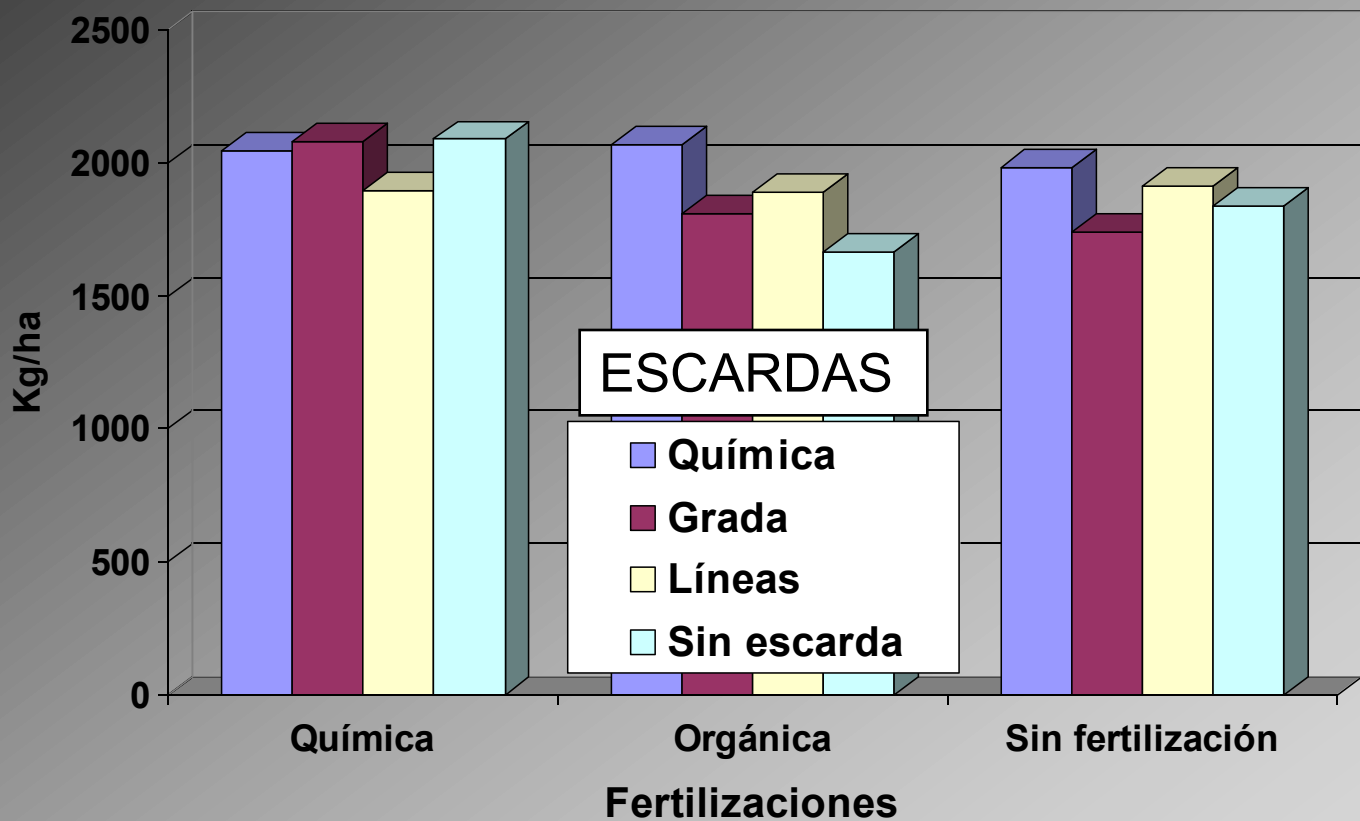


# Efecto del tipo de fertilización y escarda sobre el recubrimiento en % de flora arvense (media 20 años)



**El control de la hierba es independiente de la fertilización, es la misma imagen en todas los tipos de fertilización. La escarda química es la más eficiente y el testigo sin escarda la peor, como era de suponer**

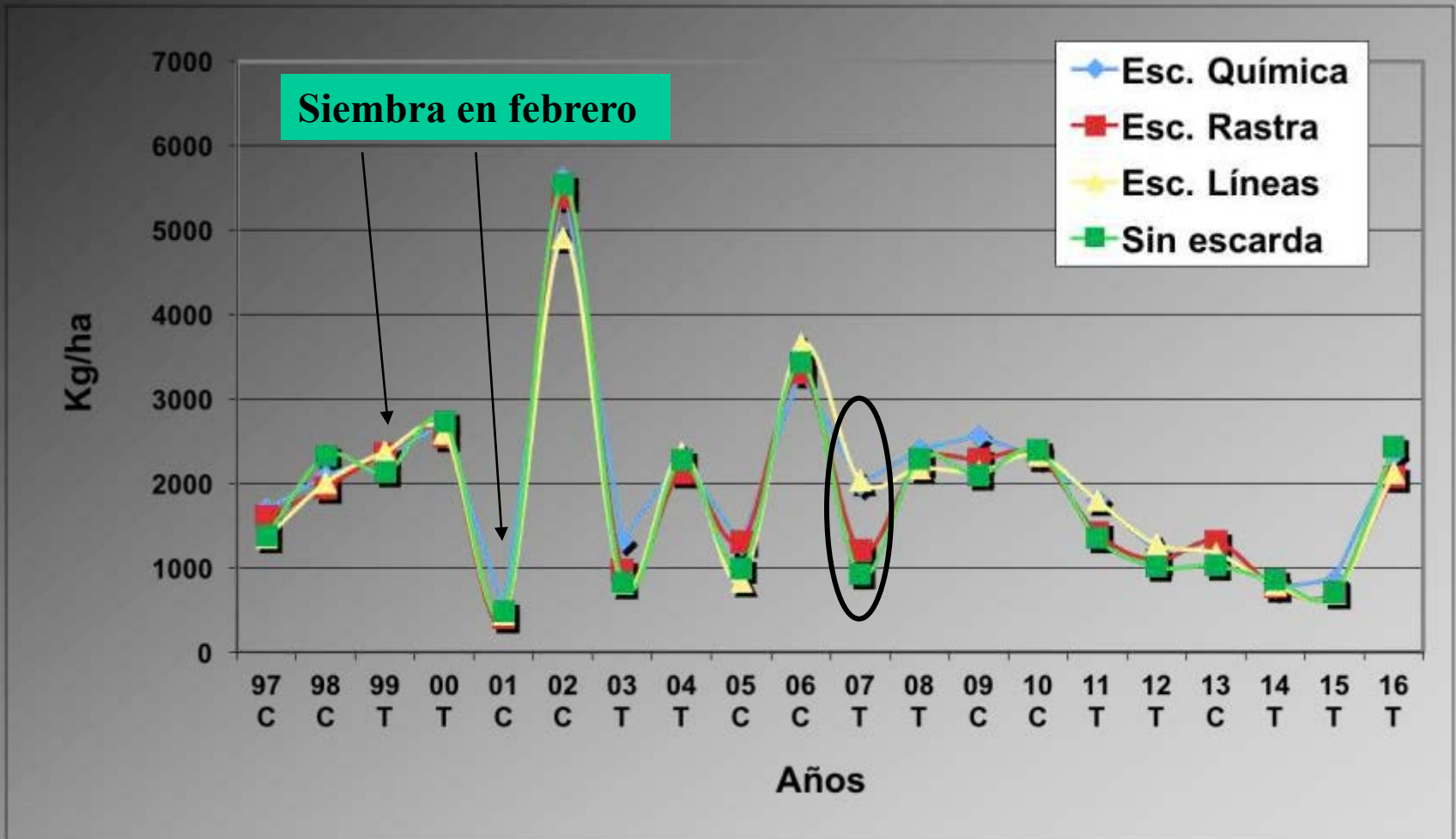
# Efecto del tipo de fertilización y escarda sobre la producción del cereal (media 20 años)



Los resultados medios obtenidos en la serie de 20 años indican que la fertilización no influye sobre el desarrollo de las hierbas en el cultivo de cereal, aunque sí sobre el cultivo (producción) al aumentar su capacidad competitiva frente a las mismas.

La producción de cereal con los métodos de escarda química y en líneas agrupada es independiente del tipo de fertilización

# Evolución de las producciones con diferentes escardas

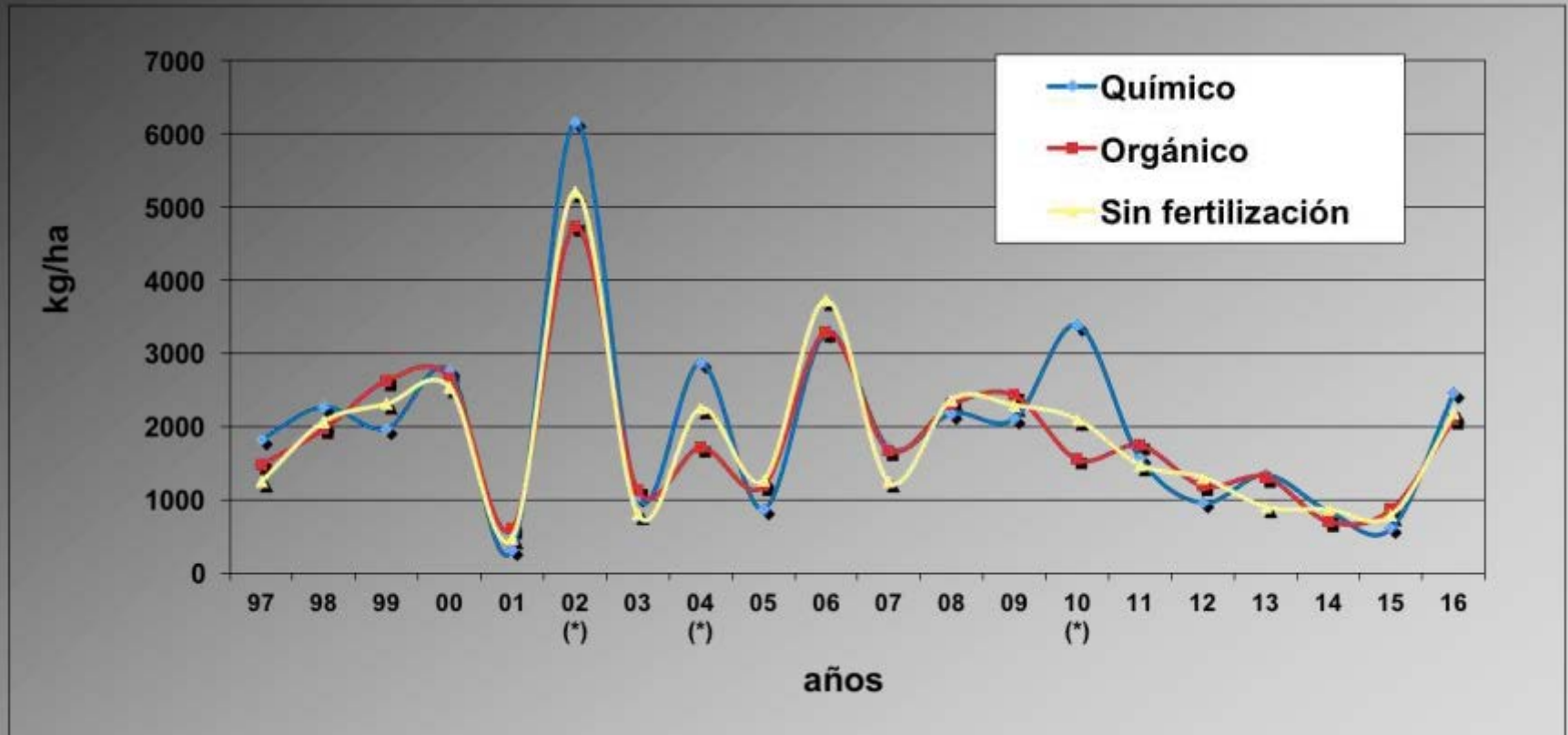


La escarda tiene poca importancia en la evolución de los rendimientos del cereal y solo el año 2007 se noto el efecto de la competencia de la hierba. Se nota el efecto cambio climático en los últimos años



# Suelo y fertilización

## Evolución de los rendimientos de cereal con diferentes fertilizaciones en un suelo franco-arenoso



En los suelos más arenosos la fertilización tanto orgánica como química exógena, tiene muy poca incidencia en los rendimientos del cereal, siempre que este sea abonado con los residuos de cosecha o con un abonado verde de veza.



**La mejor estrategia  
para gestionar la fertilización  
y las malas hierbas  
LAS ROTACIONES**



# Conceptos generales de la fertilización



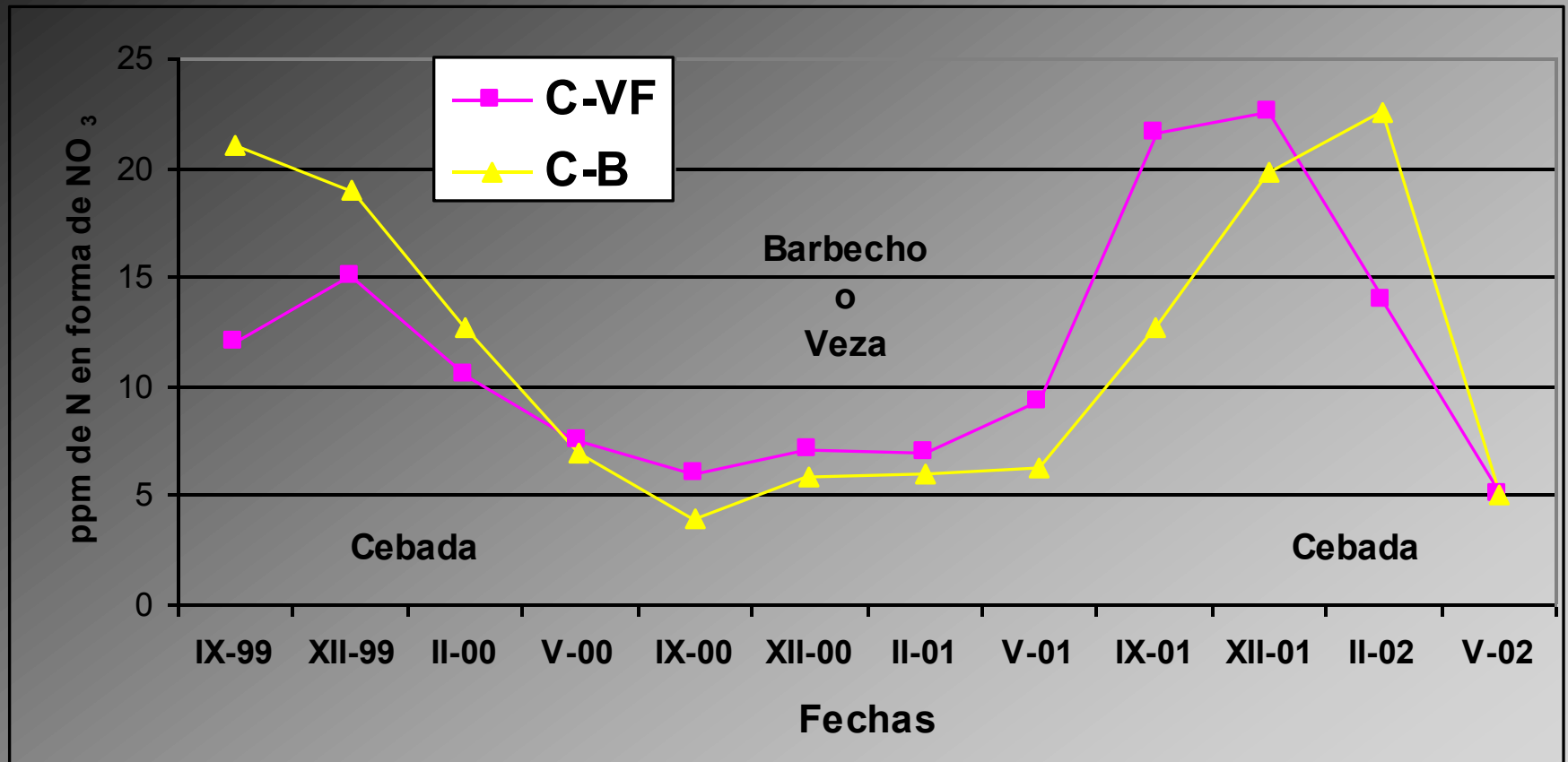
**A partir de la demostración a finales del siglo pasado de que las leguminosas intervienen en la fijación de nitrógeno, se generaliza su uso en rotación con cereales hasta nuestros días**

# Leguminosas y fertilización nitrogenada



**En la planta de la izquierda se produce fijación de nitrógeno atmosférico, hay nódulos y muchas raíces, porque en el suelo no hay nitrógeno (Agricultura ecológica). La planta de la derecha se desarrolla en un medio con nitrógeno (Agricultura convencional), y no se produce fijación de nitrógeno atmosférico, ausencia de nódulos**

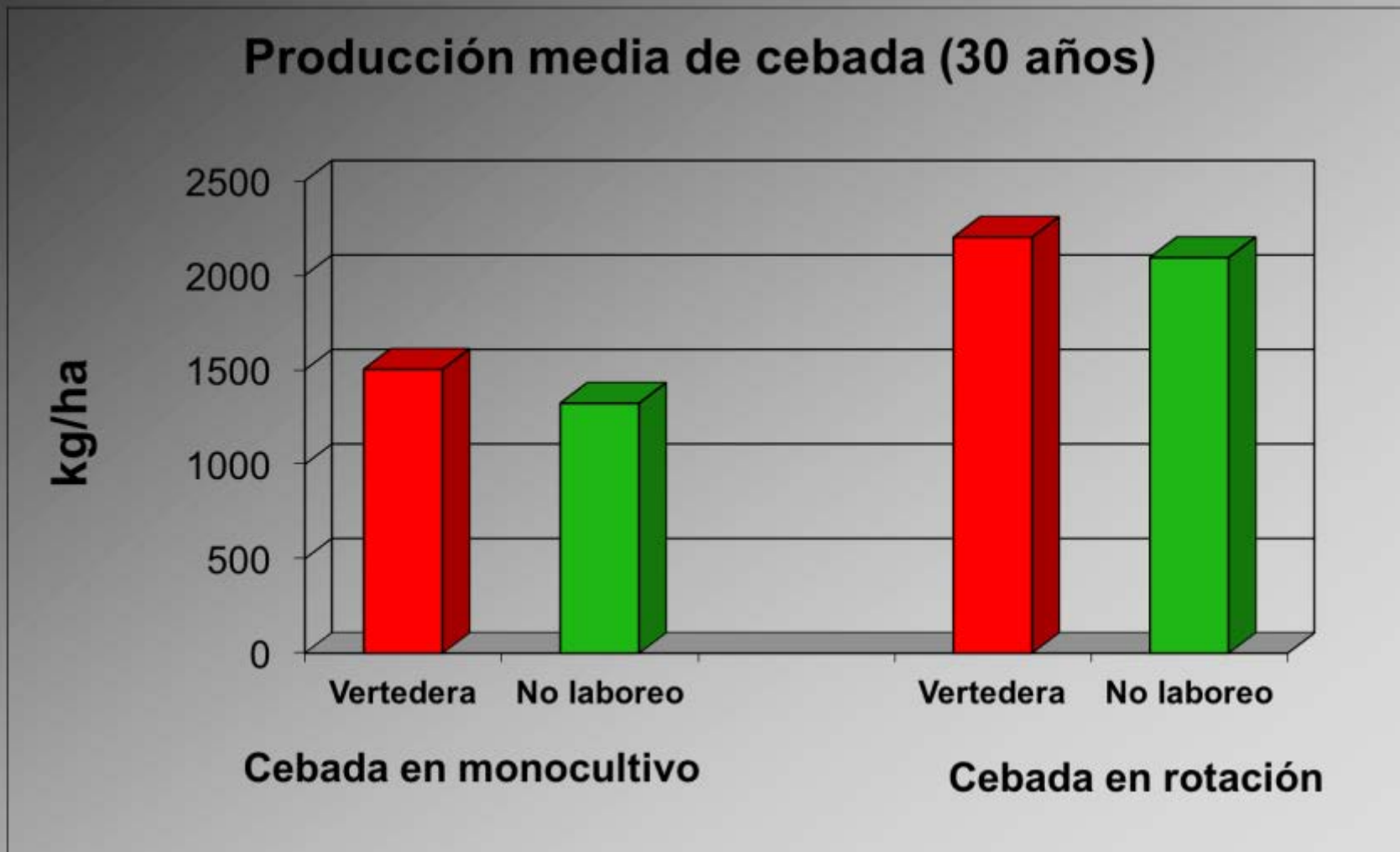
# Las rotaciones y la fertilización



Evolución del nitrógeno mineral del suelo en dos rotaciones ecológicas, cebada-veza forraje y cebada-barbecho, donde se observa: La mineralización de la materia orgánica al final del barbecho (otoño), y la liberación del nitrógeno acumulado en los nódulos de la leguminosa (otoño). Este nitrógeno es consumido por el cereal

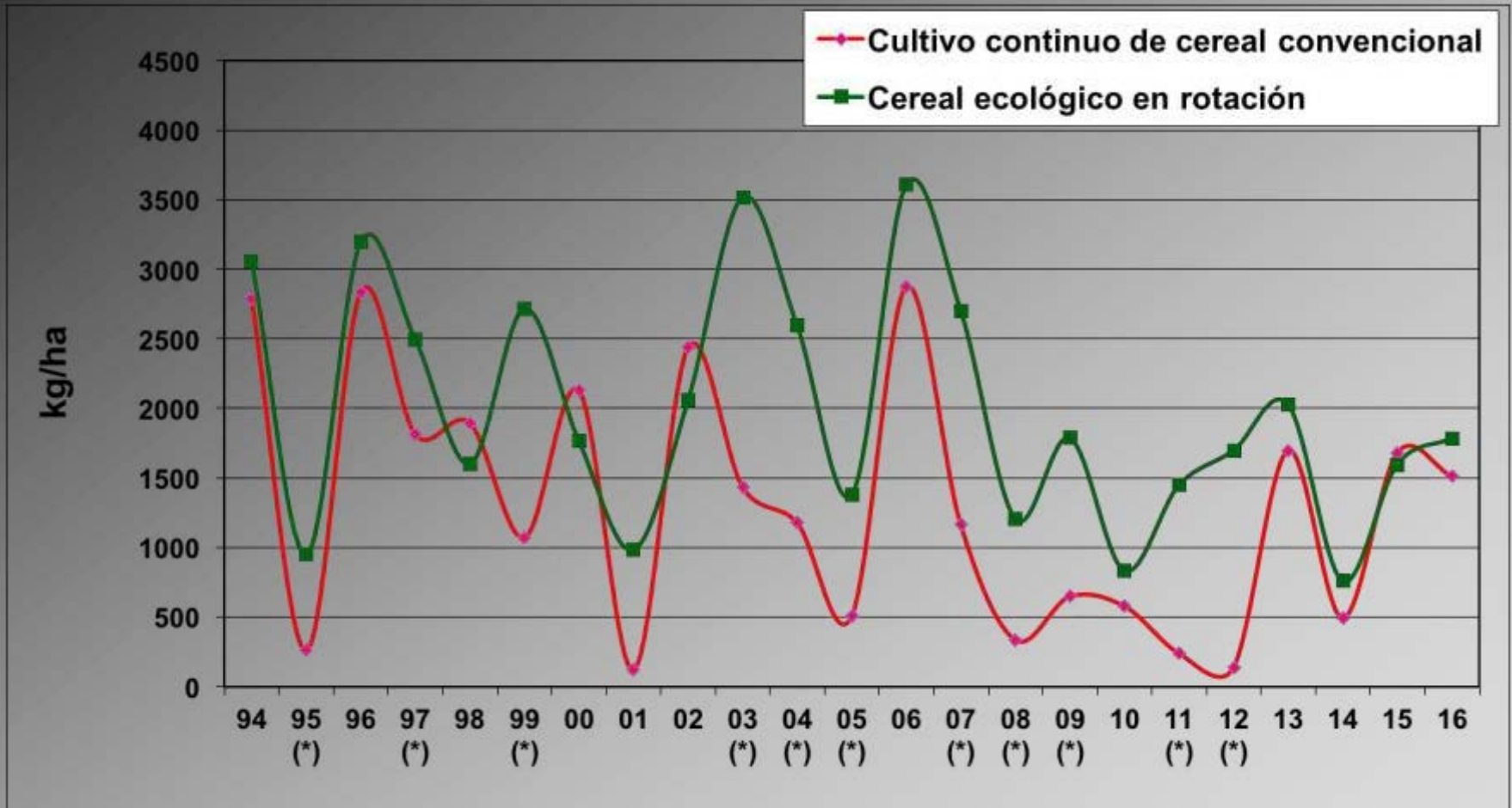
# ROTACIONES

**La cebada en rotación produce un 53% más que la cebada en monocultivo**



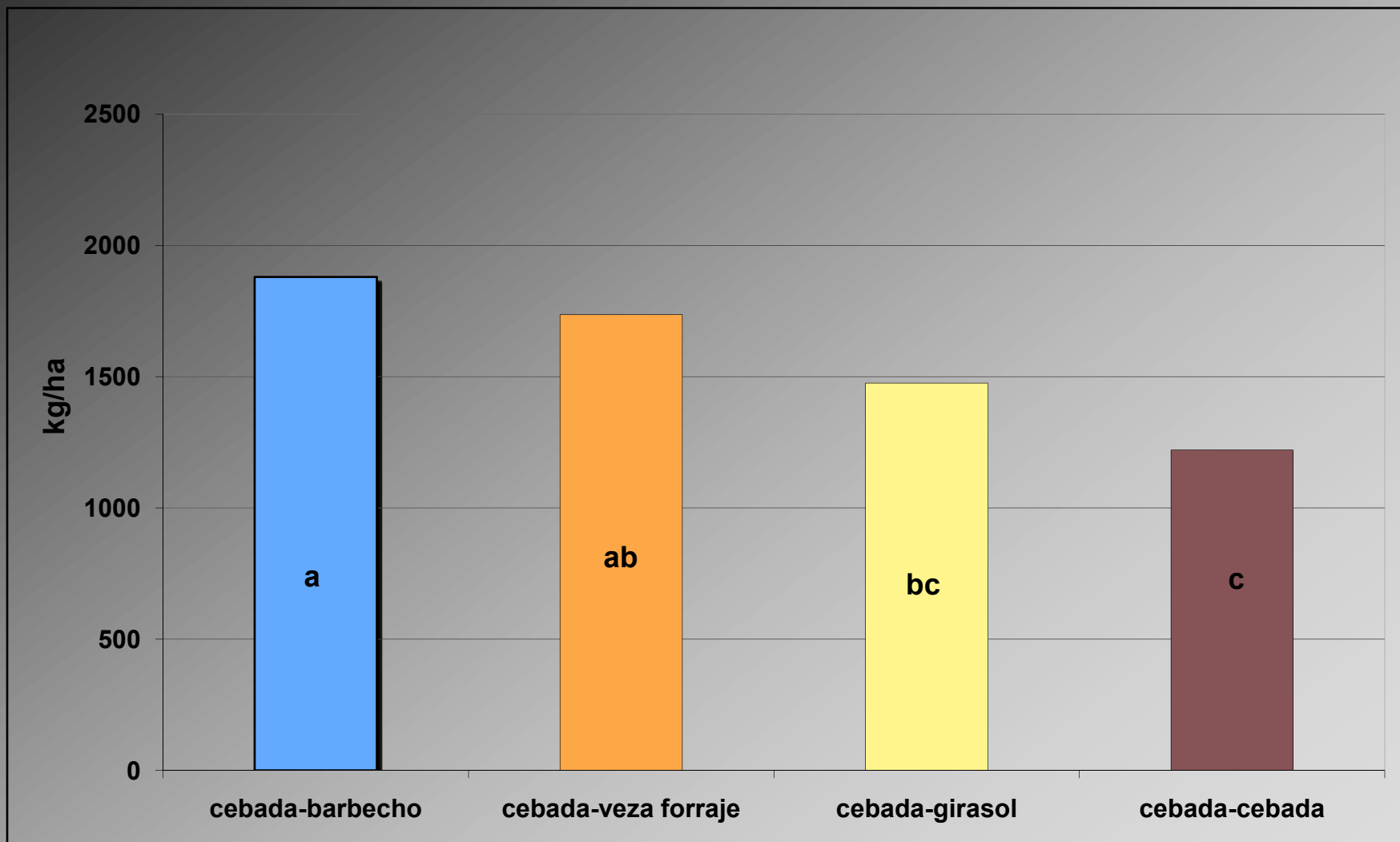
# Agricultura convencional monocultivo

## Agricultura ecológica rotación



(\*) Indica el año que hubo diferencias significativas entre tratamientos

# Cereal ecológico en rotación y cereal convencional en monocultivo con herbicida y fertilización química (media 24 años)





# Biodiversidad = autorregulación



# El conocimiento = mejor estrategia



**La integración de rotaciones, lindes y setos  
= Biodiversidad = autorregulación**



# El futuro de la Agricultura de ambientes semiáridos

Está en diferenciar la producción con respecto a zonas más húmedas donde el paquete tecnológico es eficiente.

Esta diferenciación de la producción pasa por conservar el suelo, no contaminar, aumentar la biodiversidad, disminuir el coste energético y económico y conseguir un producto de calidad con reconocimiento internacional.

En otras palabras, el futuro de la agricultura de ambientes semiáridos está en la Agricultura Ecológica.

A landscape photograph showing a large, dark green tree in the center, surrounded by a field of green and red flowers. The foreground is a dark, tilled field. The sky is clear and blue.

**Gracias por su atención**