

La mejora genética vegetal como
herramienta para encarar los retos de
sostenibilidad que se plantean como
consecuencia de los cambios ambientales
para la producción de forraje

Ponencia en el Congreso de la SEEP

Lugo, 26 de abril de 2016

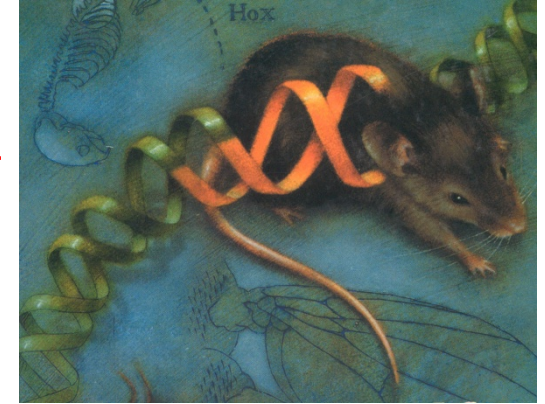
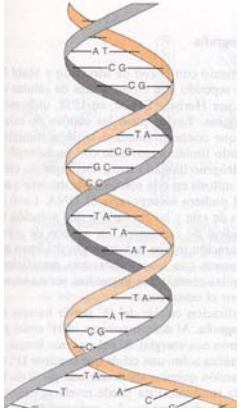
J. Moreno-González

Evolución de la biodiversidad en el planeta tierra



- ⌘ La tierra se originó hace 4500-5000 M años
- ⌘ La vida apareció hace 3500-3800 M años
- ⌘ Proceso dinámico de diversificación de la BIO
- ⌘ Primeras plantas terrestres hace 450 M años
- ⌘ Acumulación de una gran biodiversidad capaz de aprovechar los recursos energéticos y adaptarse a las condiciones cambiantes de la naturaleza

Condiciones asociadas al desarrollo de vida



1. Abundancia de C, H, O, N y P en la naturaleza
2. Formación de cuatro nucleótidos con bases A, G, C, T, estructurados en la cadena de doble hélice, que porta la herencia genética. Las 4 *bp* son los elementos básicos de ADN
3. Sistemas de regulación para la formación y reproducción del ADN lo que permite que la cadena sea **suficientemente estable** para todos los organismos y generaciones
4. Diversas funciones de los genes (fragmentos de ADN) depende del tamaño y orden de los *bp*

Causas dinámicas de la biodiversidad

- ✔ **Mutaciones** Adición, sustitución o eliminación de *bp*. Mutaciones *naturales*, *mutagénesis*, *mutator1*, *estrés*. SNP
- ✔ **Alelos**: diferentes formas de los fragmentos ADN. Marcadores moleculares *neutros* SSR, AFLP, RFLP
- ✔ **Fenotipos variantes**. Mutantes o alelos de los genes que se expresan
- ✔ **Condiciones ambientales** son filtros que favorecen la supervivencia de unos mutantes sobre otros

CREACIÓN Y PERDIDA DE LA DIVERSIDAD DE UN SISTEMA

Colonización → Establecimiento → Adaptación a la Comunidad

Baja diversidad Diversidad en aumento (quasi-especies) Diversidad estable (Alelos, mutantes, multi-loci)

Posible pérdida de diversidad

- Actividad humana (rápida)
- Cambios climáticos (mediana)
- Saturación y competencia (lenta)

Reducción variabilidad

Reducción diversidad
Diversidad moribunda

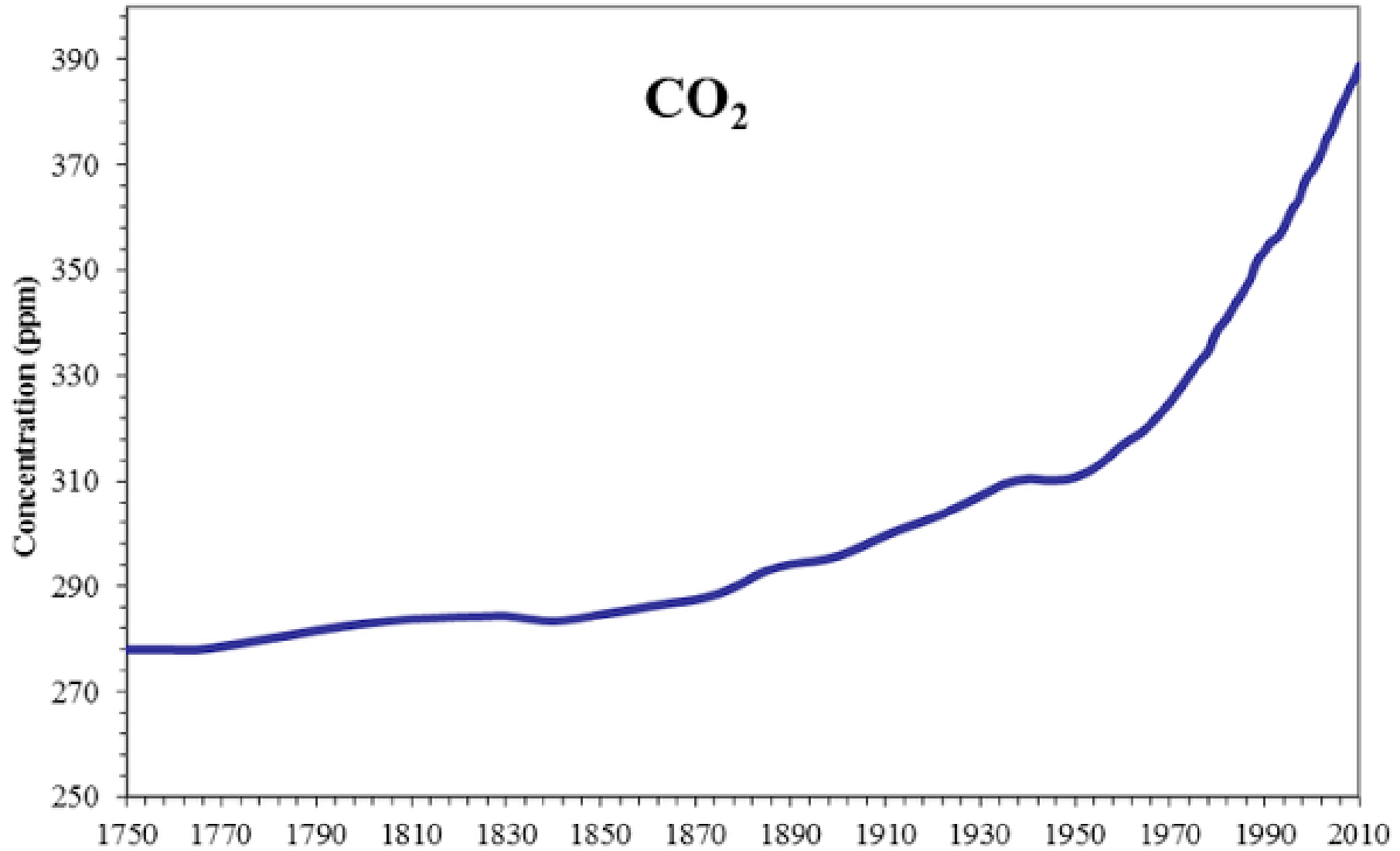
EXTINCIÓN!!

Evolución?

Efectos de la actividad humana

- Deforestación masiva
- Desarrollo industrial y urbano, con contaminación de suelos, agua y aire por metales pesados
- Lluvia ácida debido al SO_2
- Efecto invernadero debido al CO_2 y CH_4
- Efecto del incremento de la temperatura en el nivel del mar, corrientes oceánicas y vegetación

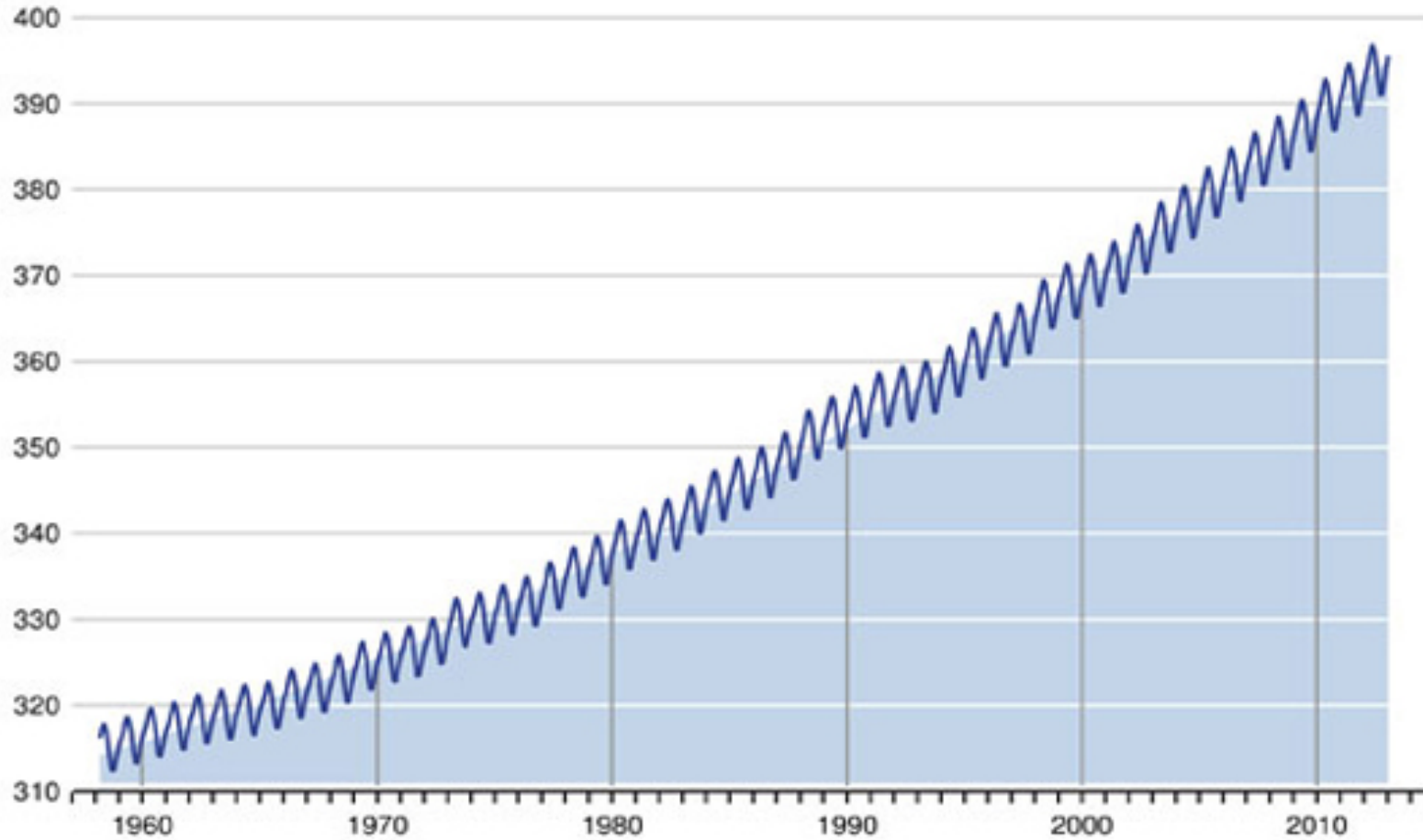
Evolución CO₂ 1750-2010. Fuente Agencia Europea de Medio Ambiente



Evolución CO2 Atmósfera 1960-2013. Fuente: Agencia Europea Medio Ambiente

Monthly Carbon Dioxide Concentration

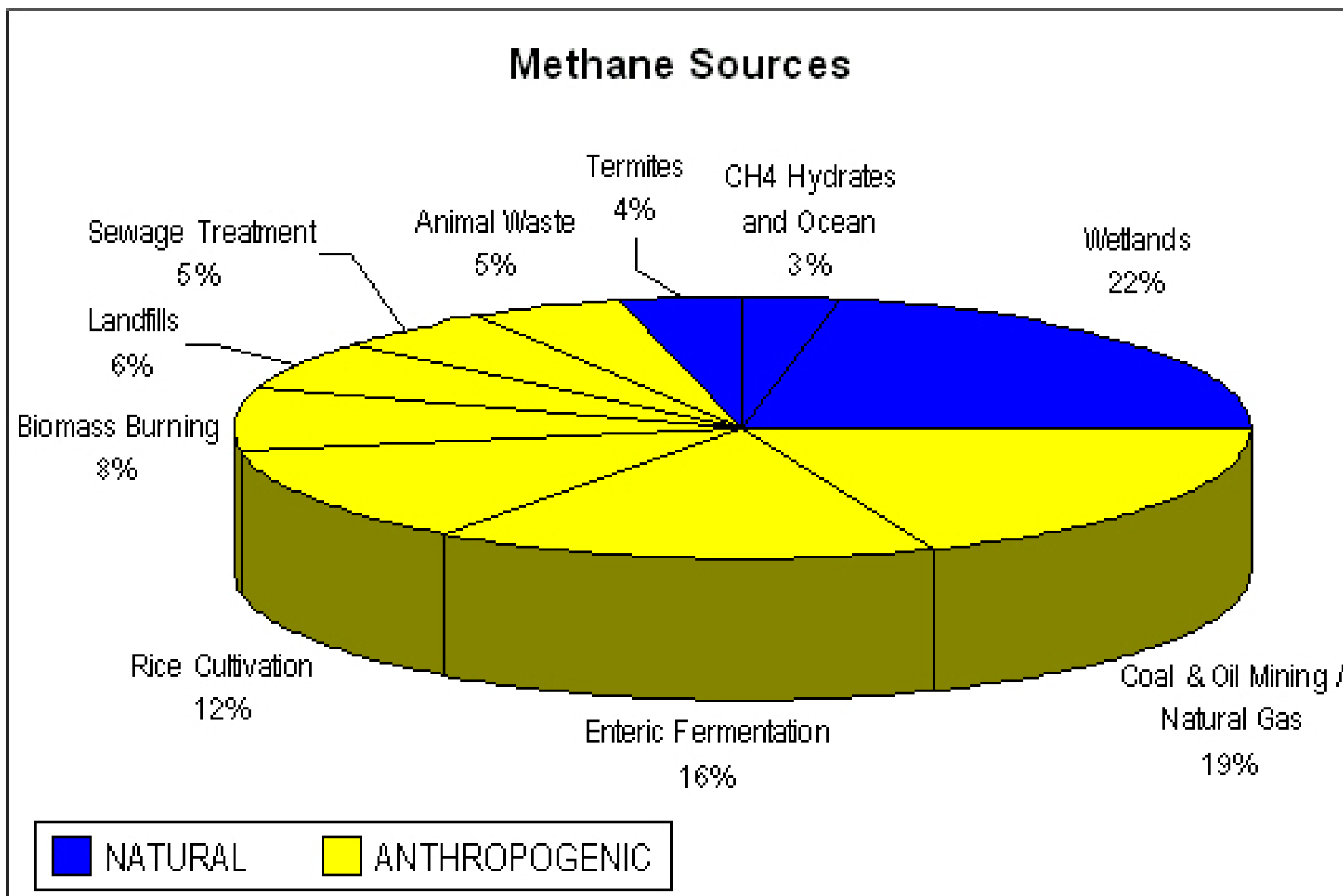
parts per million



Balance del Metano

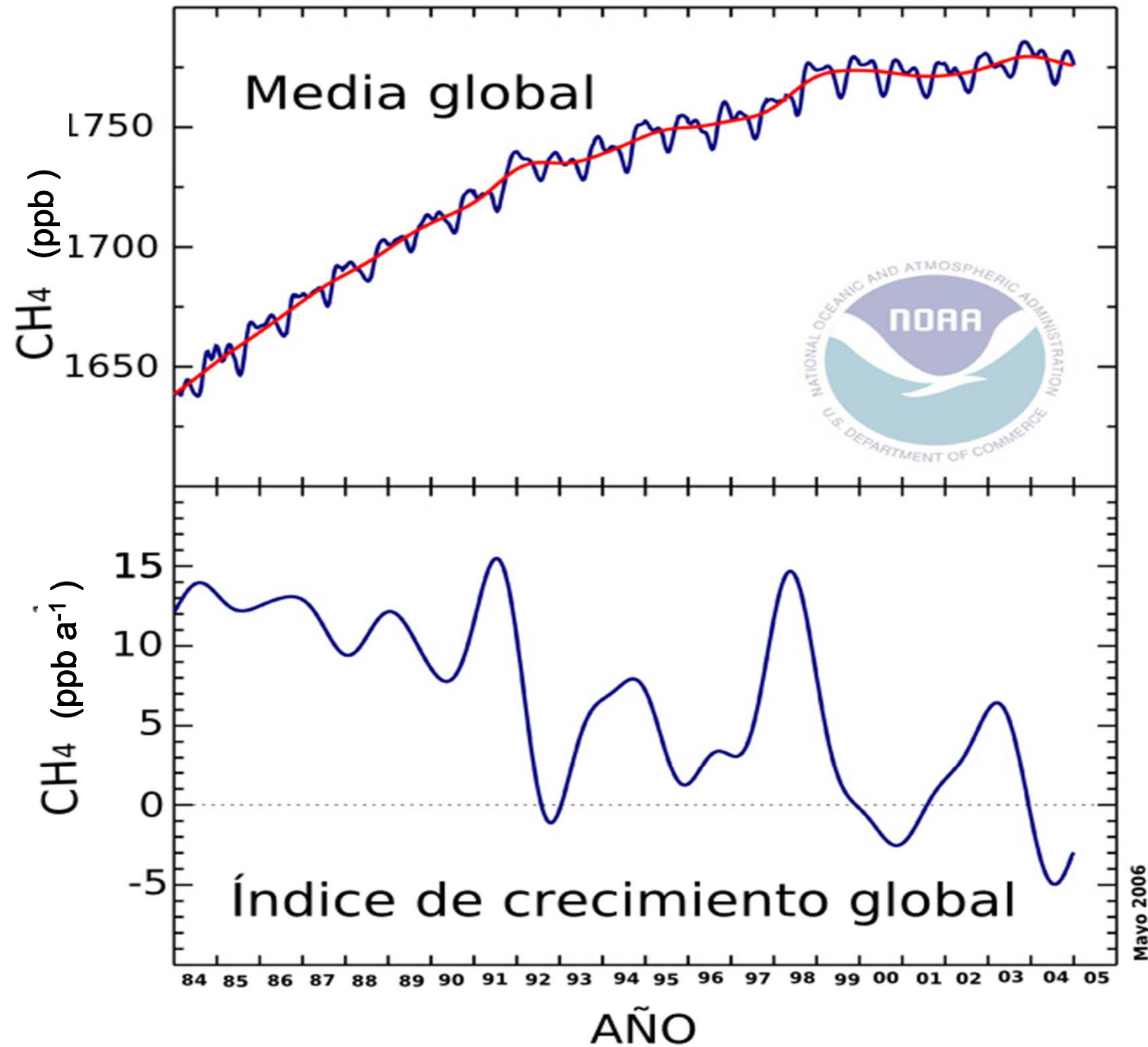
Origin	CH ₄ Emission		
	Mass (Tg/a)	Type (%/a)	Total (%/a)
Natural Emissions			
Wetlands (incl. Rice agriculture)	225	83	37
Termites	20	7	3
Ocean	15	6	3
Hydrates	10	4	2
Natural Total	270	100	45
Anthropogenic Emissions			
Energy	110	33	18
Landfills	40	12	7
Ruminants (Livestock)	115	35	19
Waste treatment	25	8	4
Biomass burning	40	12	7
Anthropogenic Total	330	100	55
Sinks			
Soils	-30	-5	-5
Tropospheric OH	-510	-88	-85
Stratospheric loss	-40	-7	-7
Sink Total	-580	-100	-97
Emissions + Sinks			
Imbalance (trend)	+20	~2.78 Tg/(nmol/mol)	+7.19 (nmol/mol)/a

Fuentes del Metano



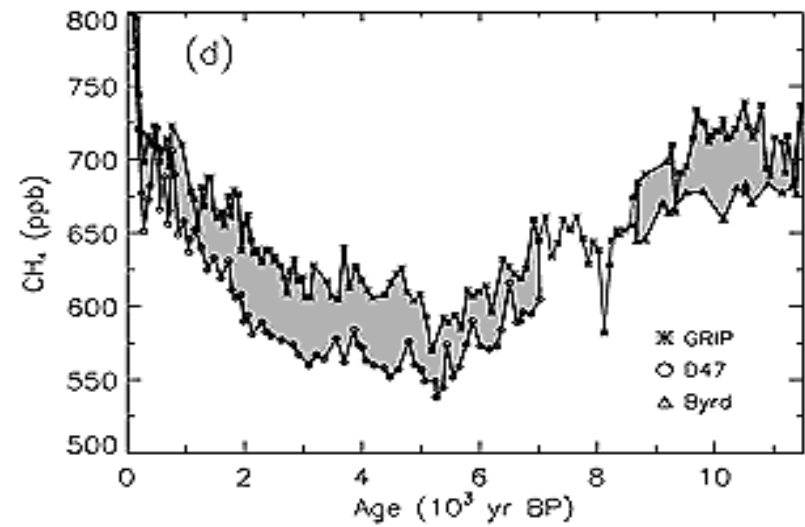
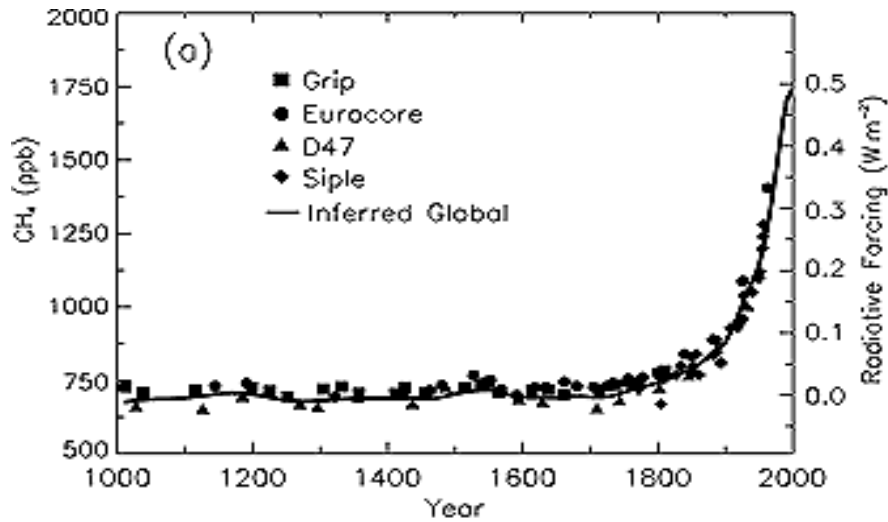
Medida del metano

Ciclo del carbono NOAA ESRL GMD

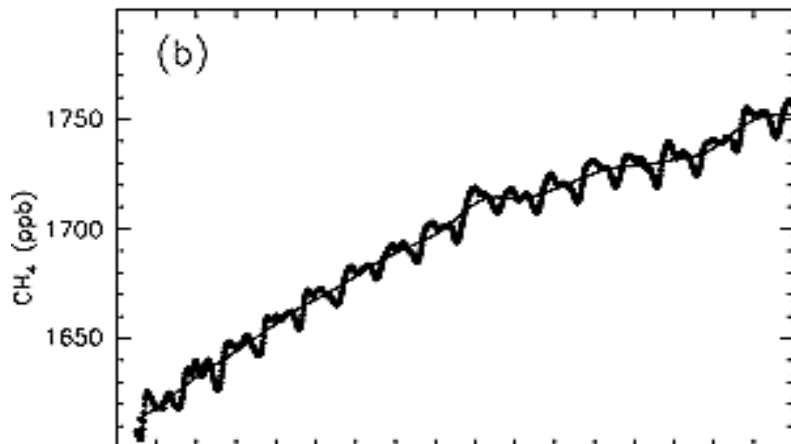


Evolución metano

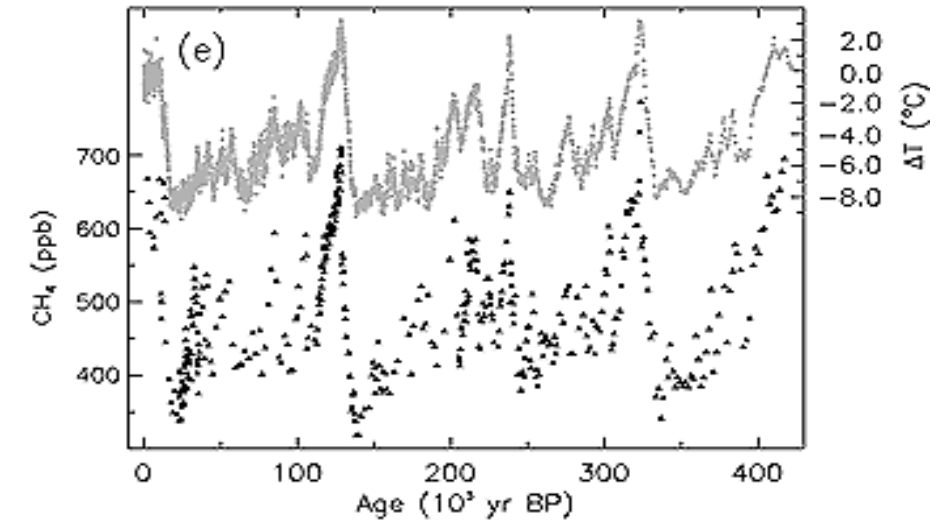
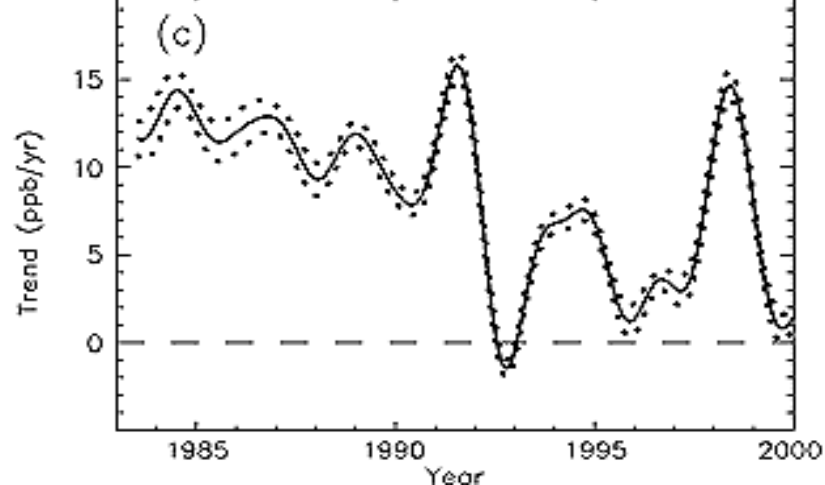
Evolución
en 1000
años



Evolución
en 20 años

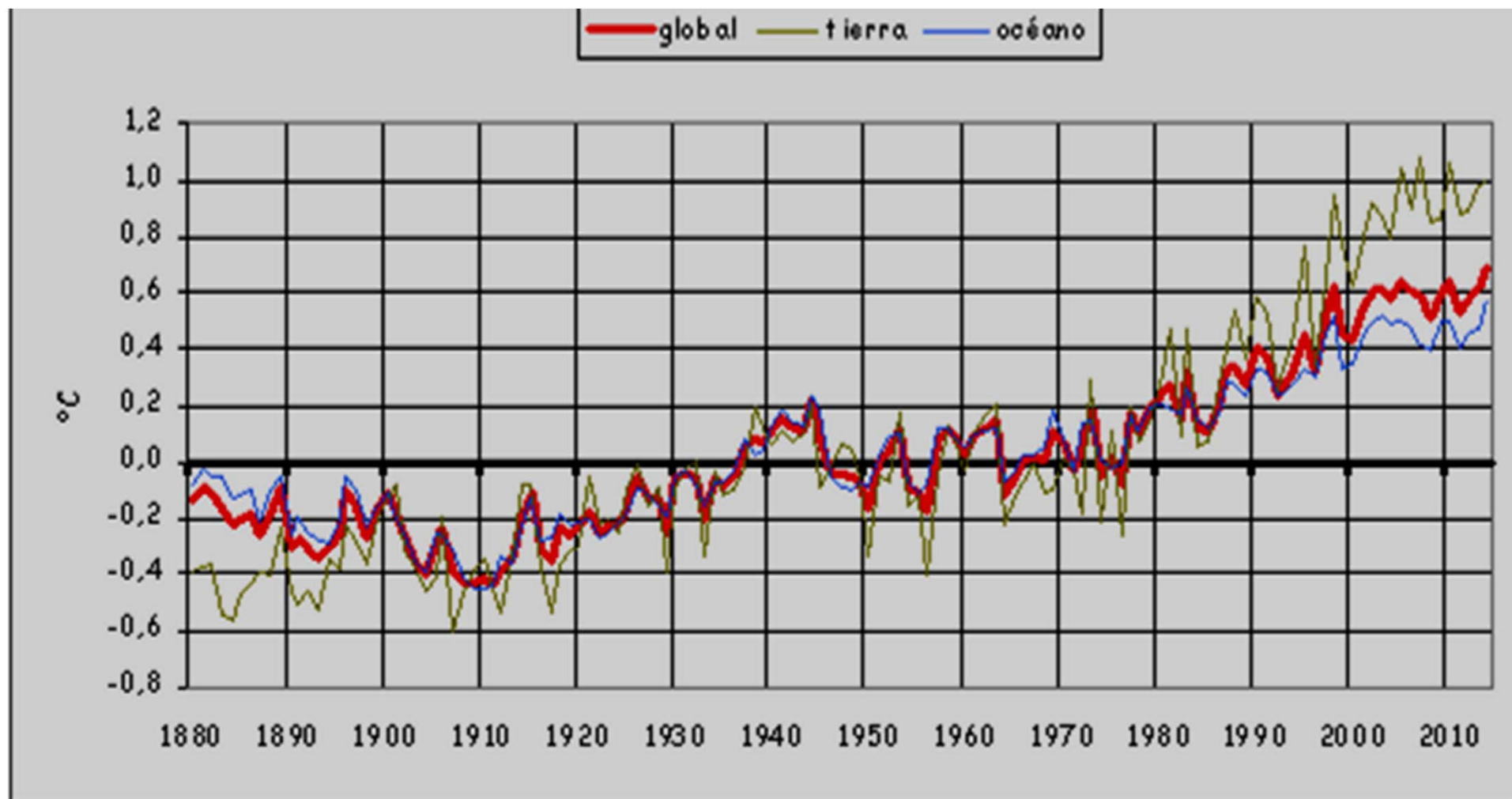


Tasa de
cambio en
20 años



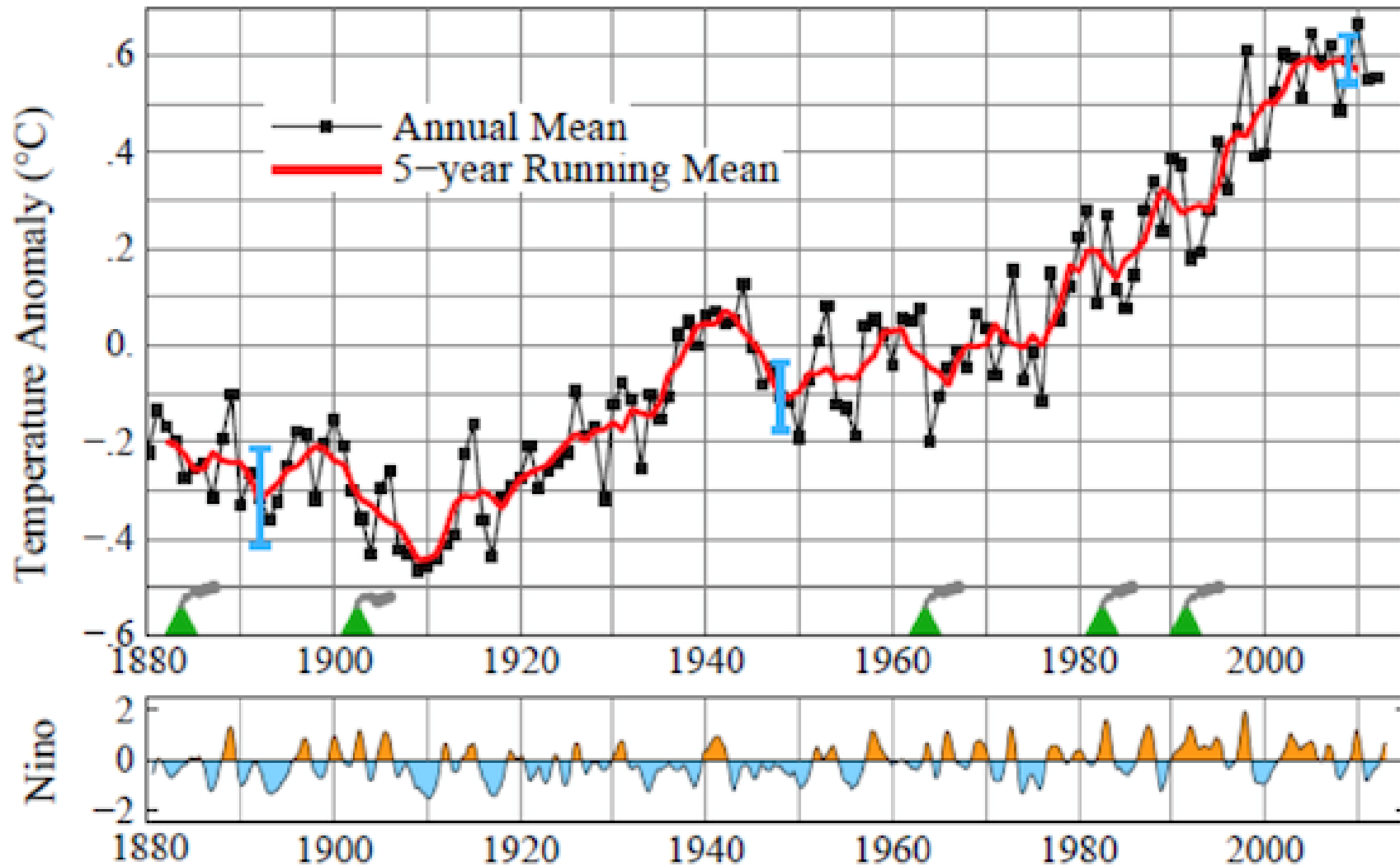
Fuente: **Trace Gases: Current Observations, Trends and Budgets.** *Climate Change 2001.*
United Nations Environment Programme

Evolución temperatura global desde 1880 a 2013. NOAA



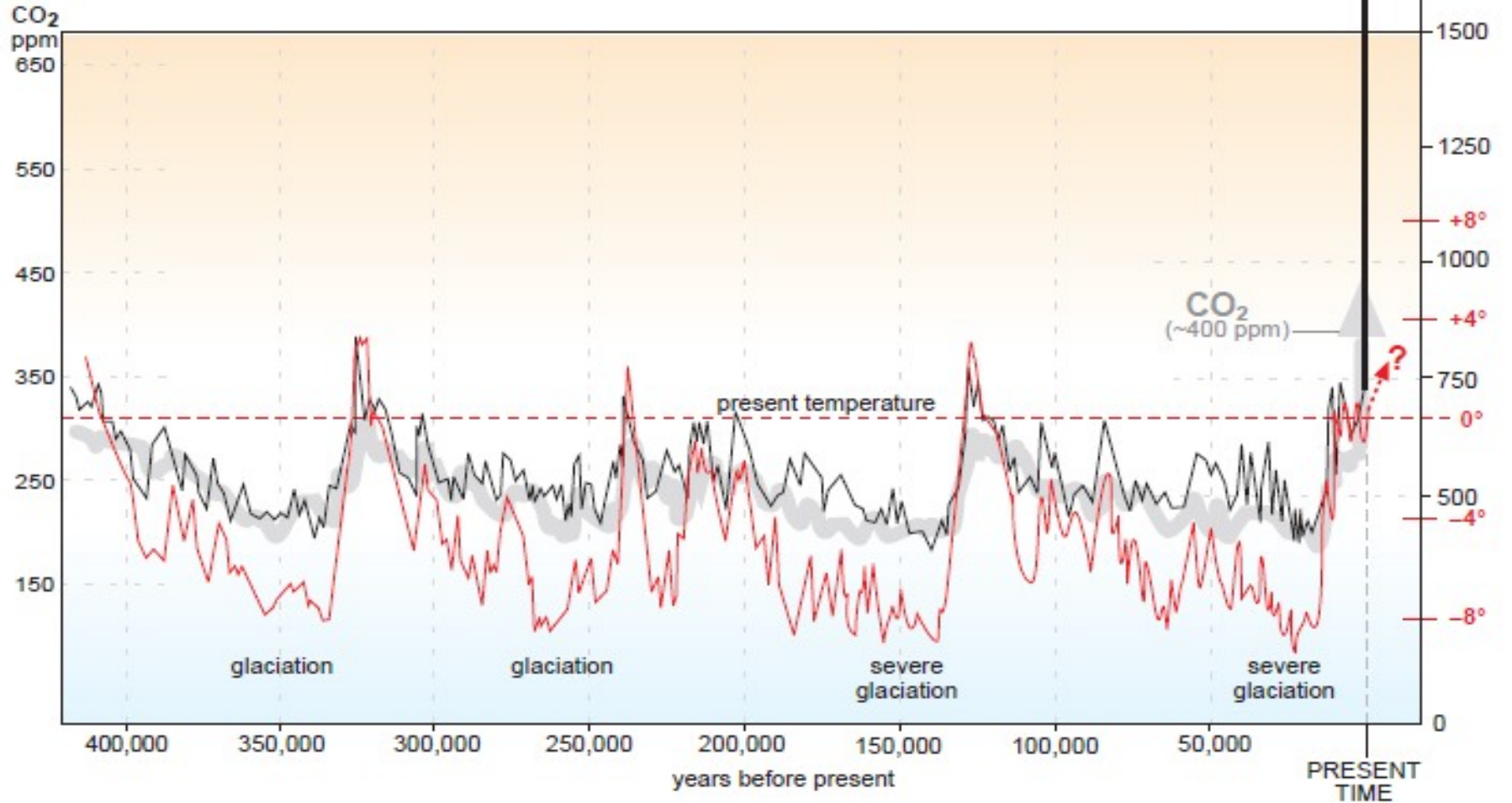
Efecto El Niño. NOAA

Global Land-Ocean Temperature



Evolución CO₂, CH₄ y temperatura en los últimos 400.000 años

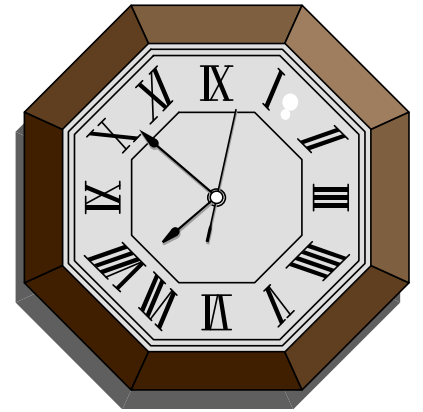
ATMOSPHERIC CH₄:CO₂:°C
420,000 years BP – present time



- temperature variation from present shown in °C
- methane (CH₄) parts per billion (ppb by volume)
- carbon dioxide (CO₂) parts per million (ppm/v)

Based on Antarctic and Greenland ice-core data, and atmospheric data from Cape Grim, Tasmania. Vostok ice core data: Petit et al, Nature (No.399, 1999) Law Dome ice core data: Etheridge et al., Journal of Geophysical Research (1996) Cape Grim Station data: CSIRO Atmospheric Research and Bureau of Meteorology °C between 160,000 and 420,000 years BP from IPCC.

Comparación temporal de la actividad humana en la escala reducida de un año



- Origen de la tierra: 0 horas desde el inicio
- Aparición de vida: finales de marzo
- Primeras plantas: Finales de noviembre
- Irrupción del hombre (350.000 años): última hora del año
- Descubrimiento de la agricultura (10.000 años): último minuto
- Actividad nociva humana: último segundo

Estudios sugeridos para paliar la influencia de los cambios climáticos en la producción forrajera

- La mejora genética de plantas convencional y la mejora genética ayudada por marcadores moleculares
- El uso de la poliploidía
- El uso de la hibridación inter-genérica e inter-específica
- El desarrollo de variedades sintéticas
- El desarrollo de híbridos intra-específicos que muestren heterosis
- La búsqueda y desarrollo de plantas C4 para forraje en contraposición a plantas C3
- La utilización de recursos fitogenéticos autóctonos

Domesticación de plantas

Hay aproximadamente:

- 250.000 especies vegetales
- 5.000 de interés económico
- 300 especies cultivadas para alimentos
- 90 % de las calorías proceden de 15 cultivos
- 60 % de las calorías del trigo, arroz y maíz



Mejora genética de plantas

- Ha tenido gran éxito en obtener variedades más productivas y resistentes a plagas enfermedades, así como elevar el contenido de sustancias nutritivas.
- El experimento más espectacular es el de la Universidad de Illinois para alto y bajo contenido de aceite y proteína en el grano con más de 100 generaciones (1899-).
- El contenido de aceite cambió de 4,6 % a 22,4 % para IHO, y a 0,5 % para ILO
- El de proteína cambió de 10,9 % a 30,5 % para IHP y a 4,2 % para ILP después de 100 generaciones.
- Un cultivo de cereal con alto contenido en almidón se puede convertir en proteaginoso ó oleaginoso aplicando métodos de selección adecuados

100 generations of selection for oil and protein in corn

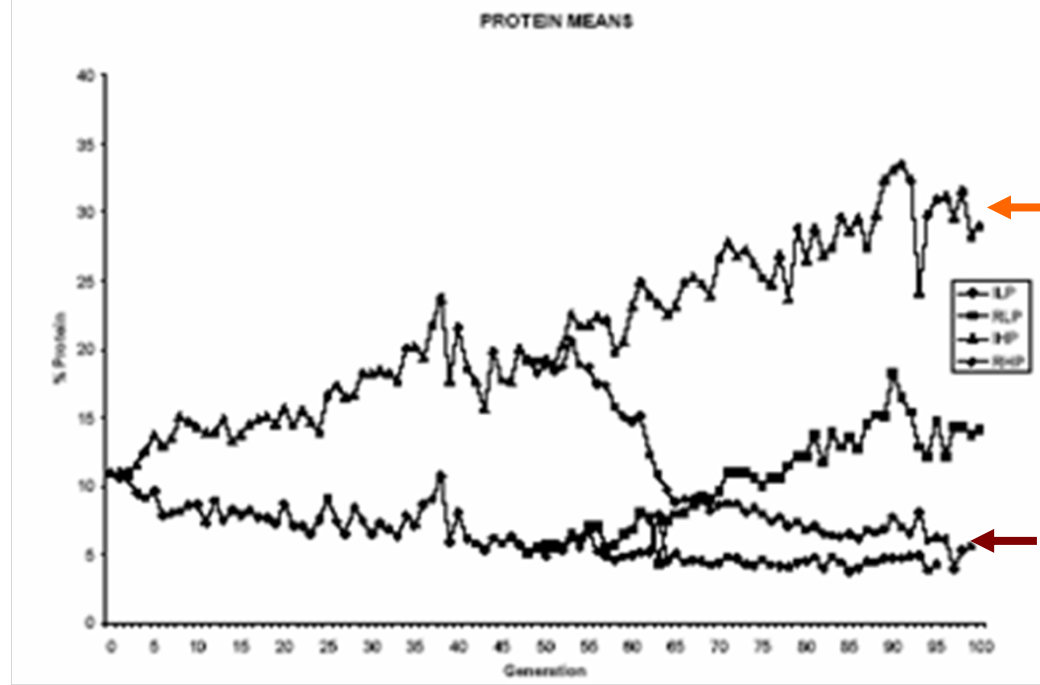
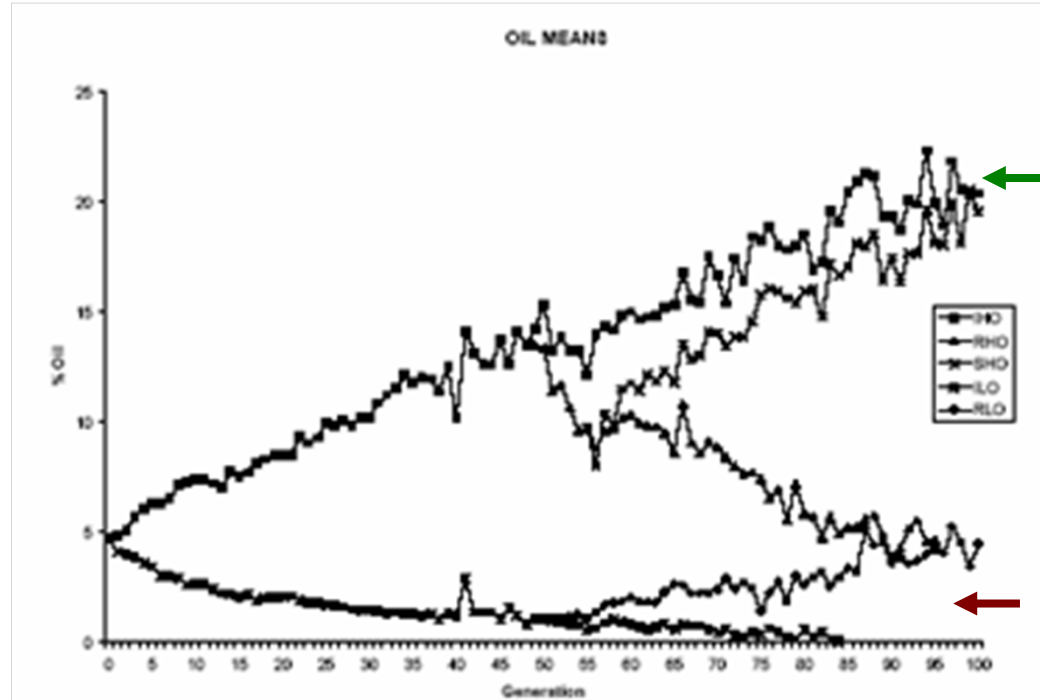


Table 15. Gain (for % protein in the protein strains and %oil in the oil strains) in high and low directions, σ_A , and gain in the high and low directions expressed in σ_A units.

Divergence	Gain ^z (%)		σ_A	Gain ^y (Number of σ_A)	
	High	Low		High	Low
%Oil					
IHO/ILO	17.13	4.19	0.8131	21.1	5.2
IHO/RHO	9.70	8.99	1.2025	8.1	7.5
ILO/RLO	3.46	0.34	0.2506	13.8	1.4
SHO/RHO	9.35	5.09	1.2331	7.6	4.1
%Protein					
IHP/ILP	19.60	6.34	0.7094	27.6	9.0
IHP/RHP	12.47	12.23	1.1513	10.8	10.6
ILP/RLP	8.99	0.67	0.5109	17.6	1.3

^z Gain-difference between the mean at 100 generations and the mean at the time of divergence of the strains. High and low refer to direction of selection. ^y Gain expressed as number of σ_A relative to σ_A at the generation when divergence occurred.

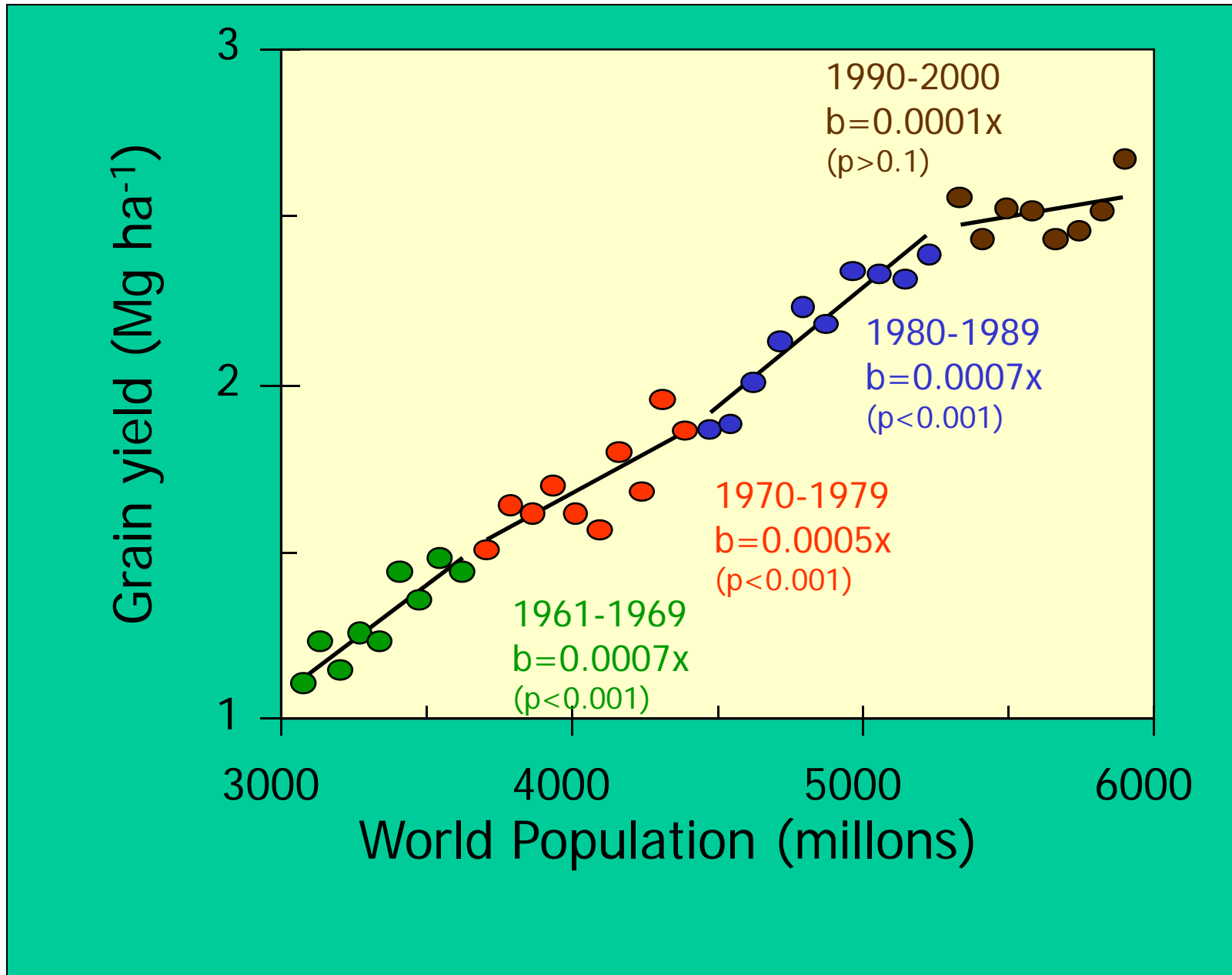
Hopkins, C.G. 1899. Improvement in the chemical composition of the corn kernel. Illinois Agric. Exp. Stn. Bull. 55.

JW Dudley & RJ Lambert. 2003. Illinois Agriculture Experimental Station University of Illinois Urbana

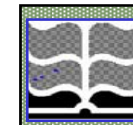
Cambios de variedades comerciales de distintas épocas debido a la mejora genética. MAIZ

- El rendimiento de maíz ha crecido desde la adopción de los híbridos en 1930s. El 50 % del incremento se debe a mejora genética y otro 50 % a prácticas de cultivo.
- Las características de los nuevos híbridos han cambiado, sobre todo aquellas que confieren resistencia a una amplia gama de estreses bióticos (tolerancia plagas, enfermedades) y abióticos (tolerancia a la sequía)
- Cambios morfológicos (hojas erectas, mayor número de hojas por encima de la mazorca)
- Cambios fisiológicos, mayor eficiencia de crecimiento y distribución de metabolitos en la planta (penachos más pequeños) Los nuevos híbridos rinden más en condiciones favorables y desfavorables.
- **No ha cambiado el índice de cosecha**

Agricultura y Población mundial



Raw data taken from FAO <http://www.fao.org>



Dr. G.A. Slafer
Facultad de Agronomía
Univ. de Buenos Aires



LG3303

EC215AxEC151

EC215AxA632

2010 8 211
EC215AxB73

EC215AxB37

Cambios de variedades comerciales de distintas épocas debido a la mejora genética. TRIGO

- El rendimiento de las variedades de trigo maíz ha crecido desde la los años 1950s.
- Un gran incremento se ha producido con la introducción de los híbridos enanos en 1960s y 1970s, debido a los genes modificadores *Rht1*, *Rht2*,, *Rht10* (*reduction height*) . Son alelos dominantes localizados en distintos genomas y cromosomas. Ha cambiado el índice de cosecha
- Permiten abonado intenso con N e incremento densidad de plantas, sin encamado y el cambio en el índice de cosecha
- La mejora también ha modificado la calidad de las harinas, con incremento de proteína de calidad y aminoácidos esenciales como lisina

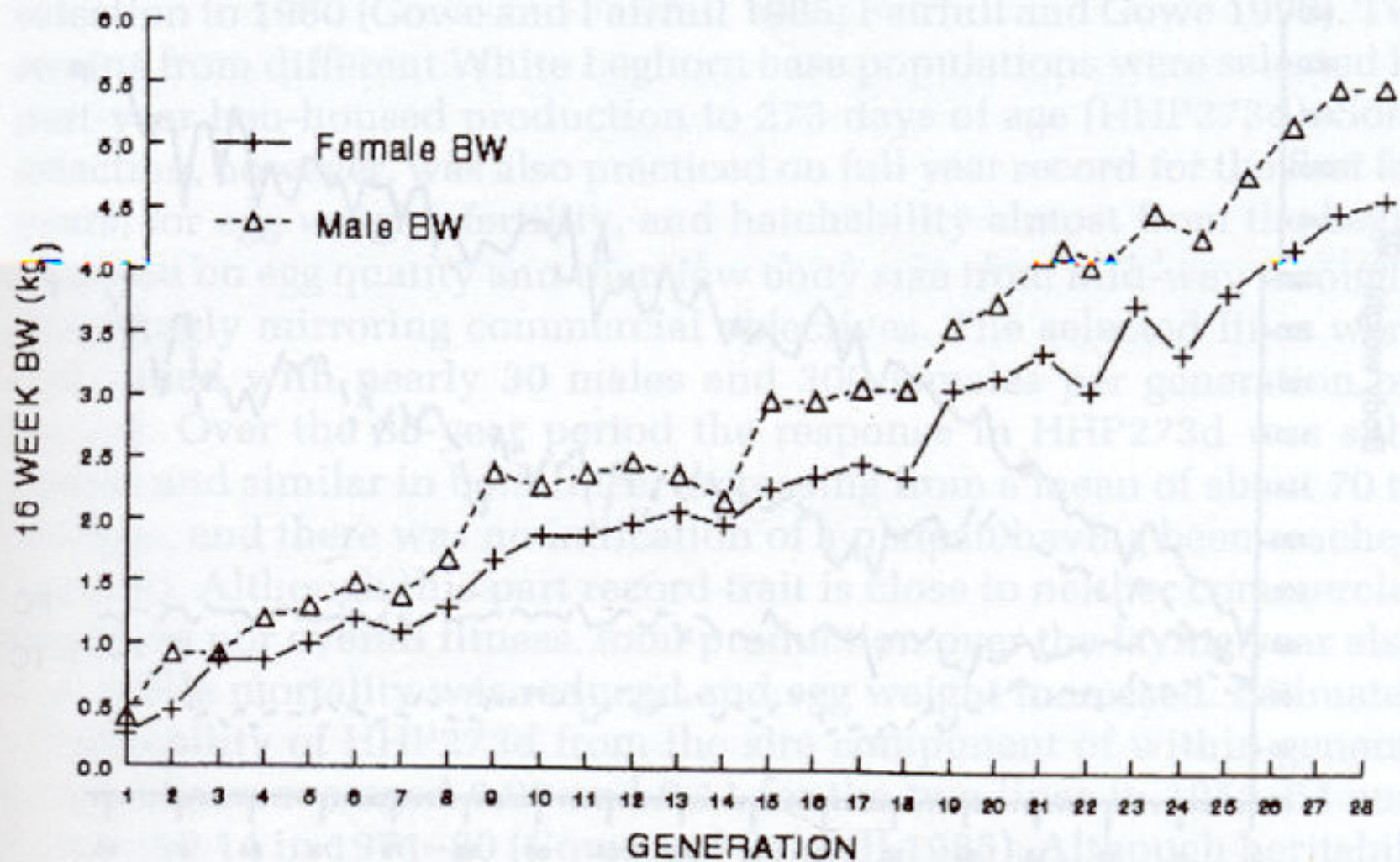
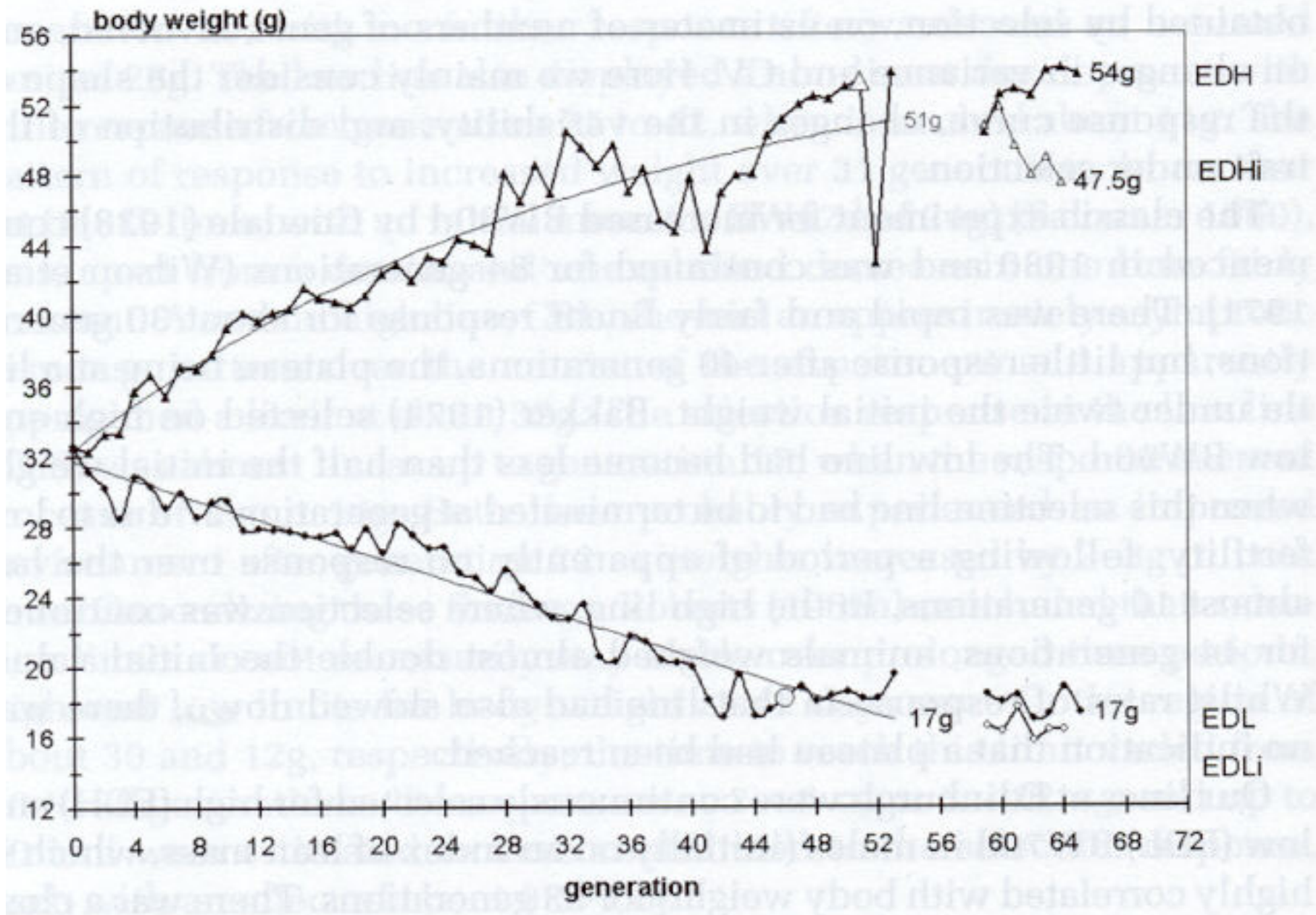


Fig. 6.6. Response to long-term selection for body weight in turkeys: mean body weight of turkeys at 16 weeks (BW16wk) of the line selected for BW16w expressed as a deviation from the unselected control. (Source: Nestor et al. 1996)

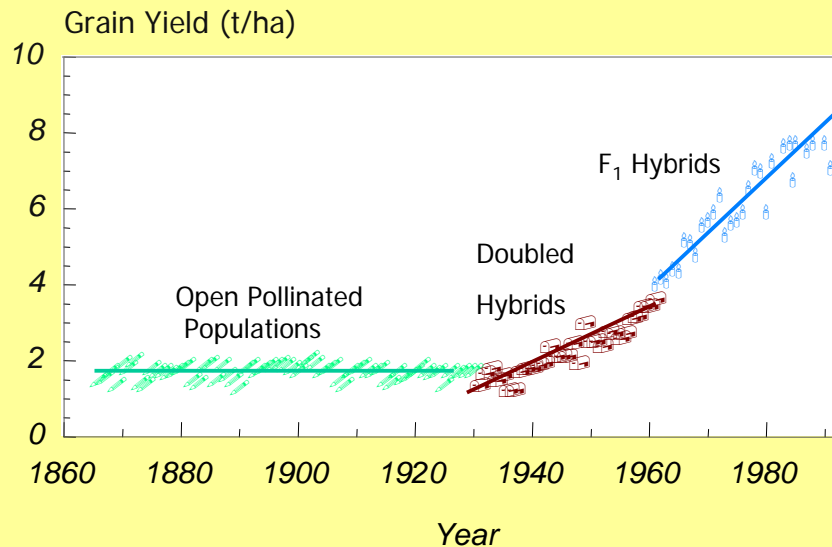
Selección para incremento de peso de pavo en 30 generaciones. Heredabilidades = 0.31, 0.27, 0.24



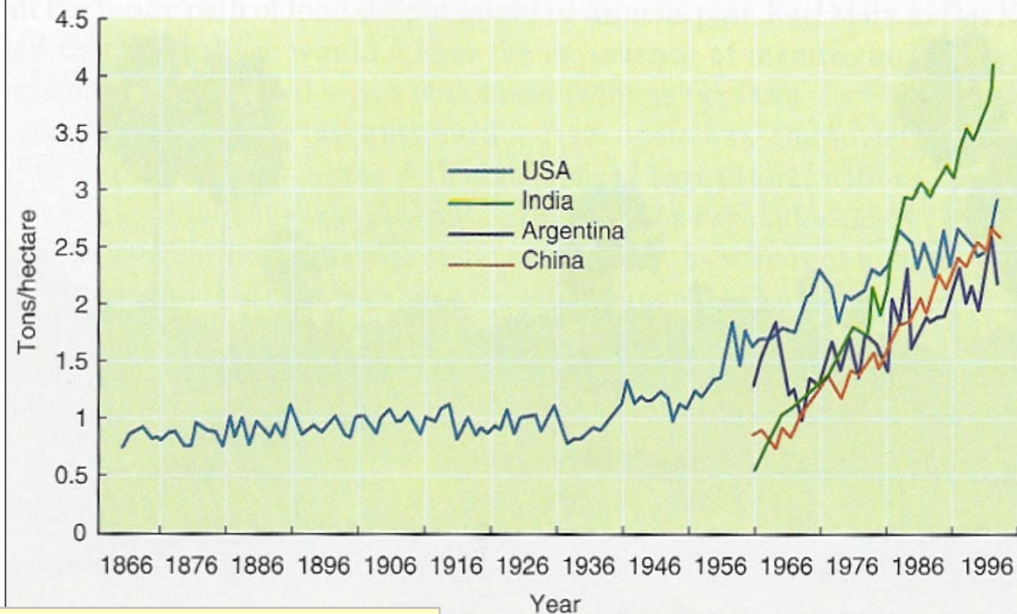
Selección divergente para peso de ratón durante 55 generaciones.
 Heredabilidad constante. Respuesta a la selección $2-6 \sigma_p$

Ganancias genéticas de los principales cultivos

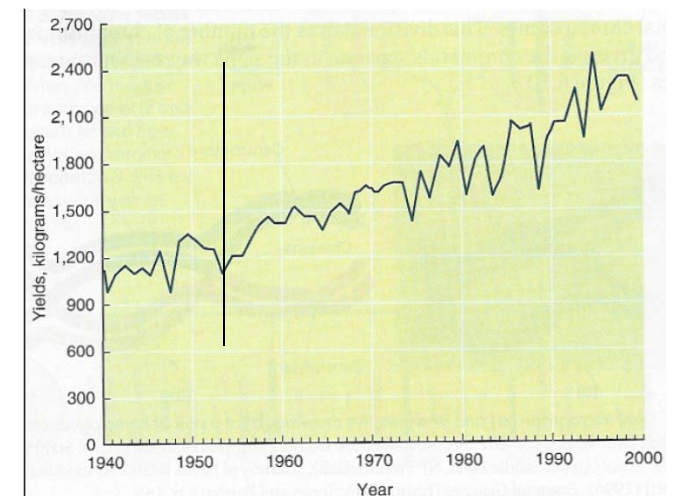
Average maize yields in the US



Maize US 1860-1990



Wheat 1866-2000



Soybean US 1940-2000

Chrispeels MJ & DE Sadava.
Plants, Genes and Agriculture
Plants, Genes and Crop Biotechnology
Jones and Bartlett Publ.

Variedades de alto rendimiento (Siglo XXI)



POLIPLOIDIA I

- **Poliploidia** es cuando las células de un organismo (planta) tienen tres o más juegos de cromosomas completos de una o varias especies. La dotación normal con dos juegos se llama diploide (2x).
- ***Lolium***. El raigrás inglés (*L. perenne*) y raigrás italiano (*L. multiflorum*) pueden presentar autotetraploidía (4x), inducida artificialmente por duplicación de cromosomas diploides, mediante aplicación de colchicina en el coleoptilo
- Las variedades autotetraploides de *L. perenne* y *L. multiflorum* poseen células de mayor tamaño y hojas más grandes. Las hojas tetraploides además tienen mayor velocidad de elongación y son más longevas.
- Potencialmente tienen un mayor rendimiento forrajero.
Problema: conseguir una variedad comercial no es fácil, ya que en la población se originan plantas aneuploides que no producen semillas por lo que se encarece su precio.

Raigras inglés
(*Lolium perenne*)



Raigras italiano
(*Lolium
multiflorum*)

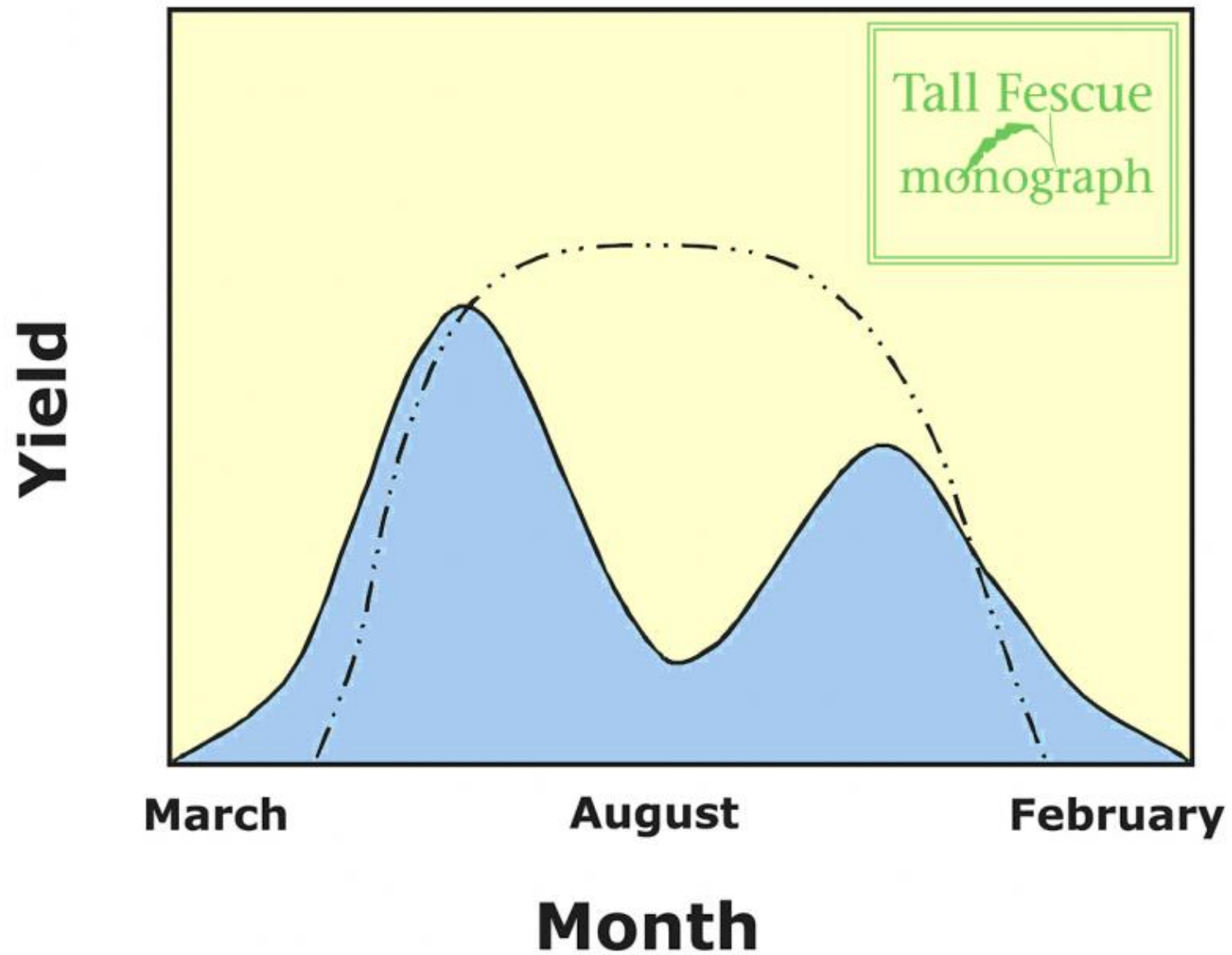


Raigras italiano

De Rasbak - CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=190290>

POLIPLOIDIA II

- **Festuca alta.** La mayoría de las variedades comerciales cultivadas de *Festuca alta* (*Festuca arundinacea* Schreb. var. *Arundinacea*) son alohexaploides ($2n = 6x = 42$).
- Hexaploide significa que el número básico de cromosomas, 7, es multiplicado por seis; el prefijo “alo” quiere decir que los cromosomas hexaplicados provienen de dos especies diferentes.
- En este caso se ha originado por el cruce de *F. pratensis* ($2x = 14$) que aporta los cromosomas PP, y festuca tetraploide (*Festuca arundinacea* var. *glaucescens* Boiss) ($4x = 28$) que aporta los cromosomas G1, G1, G2, y G2.
- La constitución genómica de la *Festuca alta* mediterránea es diferente. Se originó a partir de especies diploide y tetraploide
- La festuca alta es muy productiva, ampliamente adaptada como pasto en estaciones frías. Posee uno de los más largos períodos de crecimiento en condiciones frías
- **Problema:** endofito *Neotyphodium coenophialum*. Investigaciones



Típica curva de crecimiento de la Festuca alta. Fuente Tall Fescue monograph, Oregon State University

Festuca alta (Fuente: Tall Fescue monograph, Oregon State University)



Sin endofito

Con endofito

POLIPLOIDIA III

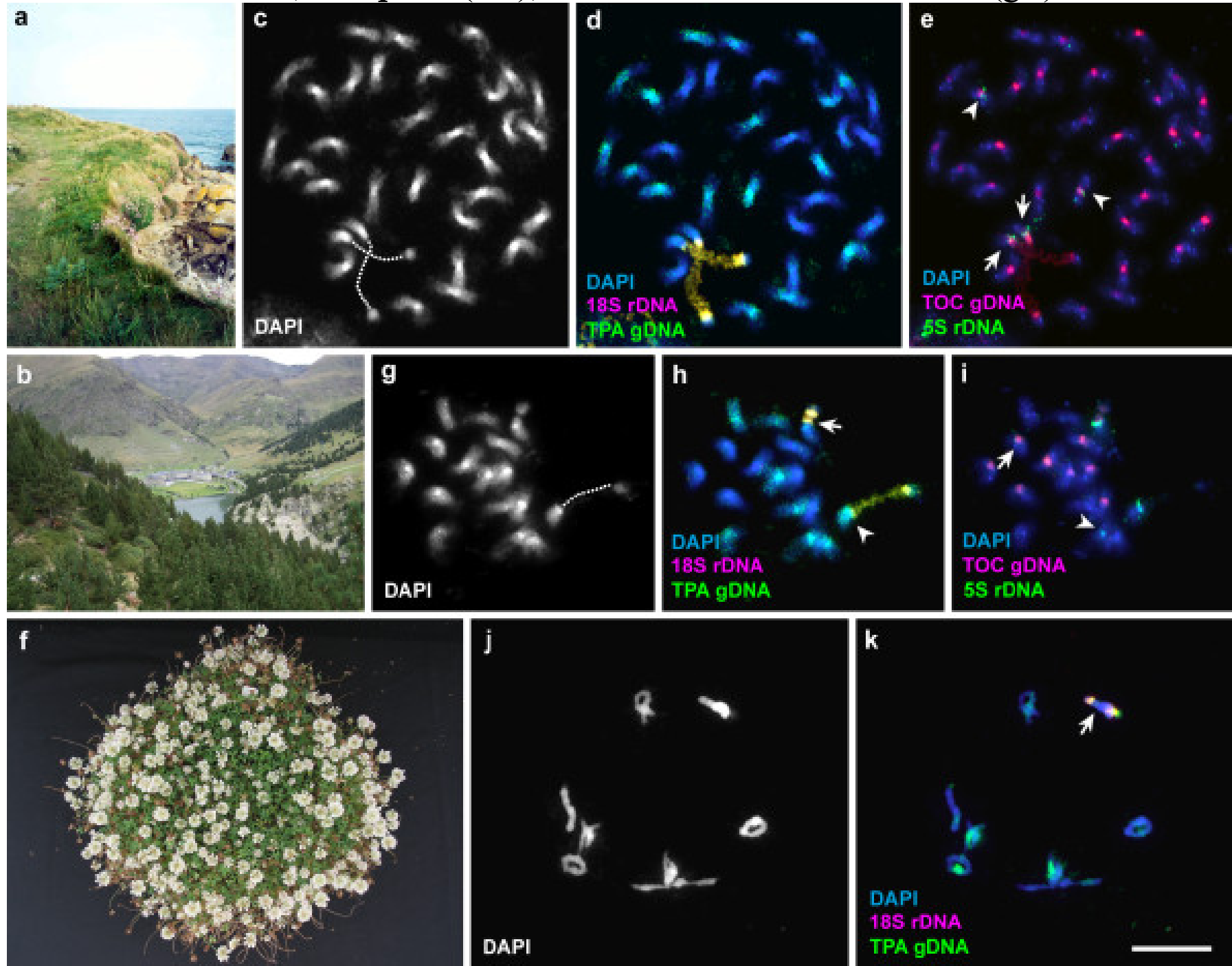
- **Trébol blanco.** El trébol blanco (*Trifolium repens* L.) es un alotetraploide ($2n = 4x = 32$) del cruce de *T. pallencens* ($2n = 2x = 16$) y *T. occidentale* ($2n = 2x = 16$). . Es una especie estolonífera distribuida en Europa, Asia y África
- *T. occidentale* es auto-fértil con hábitat en la zona marítima, próxima a la costa europea, influencia “Corriente del Golfo”.
- *T. pallescens* es un trébol alpino, polinización cruzada y algo auto-fértil. Se encuentra en altitudes superiores a 1800 m en Europa.
- Es posible la hibridación artificial de *T. pallescens* y *T. occidentale*. La F1 es inter-fértil. De este cruce resultaron plantas viables. Una planta híbrida F1 ($2n=16$) incorporaba cromosomas de ambos
- Es posible crear una población de diploides y tetraploides a partir del cruce artificial para seleccionar nuevos cultivares debido a su gran variabilidad en un futuro programa de mejora genética

Trébol blanco (Fotografía tomada de Wikipedia)



CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=122024>

Trifolium occidentale (a); *T. pallescens* (b); F1 híbrido (f); Metafase mitosis del trébol blanco, *T. repens* (c-e); Metafase mitosis F1 híbrido (g-i)



POLIPLOIDIA III

- **Trébol rojo.** El trébol rojo (*Trifolium pratense* L.) es un autotetraploide ($2n = 4x = 48$) con poliploidia inducida.
- Produce una mayor cantidad de forraje debido a un mayor tamaño de las células sobre todo en tejidos meristemáticos y hojas más anchas. Tienen una mayor persistencia y resistencia a sugar-beet powdery mildew (Jakesova et al. 2011).
- Uno de los problemas encontrados es que la forma tetraploide produce menos semilla por planta que la diploide por lo que no es económicamente rentable el uso de semilla tetraploide (Vleugles et al. 2015).



Trebol rojo (*Trifolium pratense*)

HIBRIDACIÓN INTERESPECIFICA I

- **Hibrido de *L. multiflorum* x *L. perenne*.** Cruce entre raigras inglés x raigrás italiano. Es un allotetraploide ($2n = 4x = 28$). Se puede producir de forma artificial y en algunas ocasiones surge de forma natural.
- Trata de incorporar la perennidad del raigrás inglés y crecimiento rápido del raigrás italiano, además del vigor híbrido. Especie con combinación de tallos erectos y semipostrados que proporciona versatilidad para corte y pastoreo.
- En el cruce artificial, la F1 las tasa de bivalentes y cuatrivalentes son todavía escasas
- Problema: Necesita selección previa para aumentar el número de bivalentes o cuatrivalentes para conseguir una población estable y poder utilizarla en el desarrollo de nuevos híbridos.
- **Hibrido de *L. multiflorum* x *L. temulentum*.** Se encontraron plantas F1 auto-fértiles capaces de producir semillas F2. Esto indica la posibilidad de producir líneas recombinantes entre *L. temulentum* y *L. multiflorum*



Hibrido de *L. multiflorum* x *L. perenne*

HIBRIDACIÓN INTERESPECÍFICA II

- **Festulolium.** Cruce entre *Festuca ssp* y *Lolium ssp*. Los padres más comunes son *F. arundinacea* y *F. pratensis* cruzados por *L. perenne* y *L. multiflorum* dando lugar a cuatro Festulolium.
- **Progenitor Maternal Progenitor Paternal Híbrido**
- *Festuca arundinacea* *Lolium multiflorum* *Festulolium pabulare*
- *Festuca arundinacea* *Lolium perenne* *Festulolium holmbergii*
- *Festuca pratensis* *Lolium multiflorum* *Festulolium braunii*
- *Festuca pratensis* *Lolium perenne* *Festulolium loliaceum*

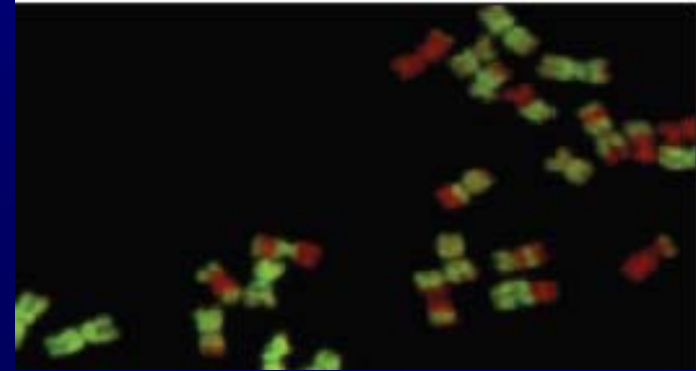
Caracterización Festuloliums tipo Festuca:

- Vigor de plantas similar a la Festuca alta
- Crecimiento más temprano en primavera que la festuca alta
- Alto rendimiento. Buena calidad forrajera, parecida a la del raigrás
- Tendencia para floración solo en el 1º corte. Muy persistente
- Crecimiento hacia arriba. Tolera la sequía e inundaciones. Resistencia al frío

Nomenclatura de Festulolium (Hopkins, Saha and Wang, 2009)

<u>Maternal parent</u>	<u>Paternal parent</u>	<u>Hybrid progeny</u>
<i>F. Arundinacea</i>	<i>L. multiflorum</i>	<i>Festulolium pabulare</i>
<i>F. Arundinacea</i>	<i>L. perenne</i>	<i>Festulolium holmbergii</i>
<i>F. Gigantea</i>	<i>L. perenne</i>	<i>Festulolium brinkmannii</i>
<i>F. Gigantea</i>	<i>L. multiflorum</i>	<i>Festulolium nilssonii</i>
<i>F. Pratensis</i>	<i>L. multiflorum</i>	<i>Festulolium braunii</i>
<i>F. Pratensis</i>	<i>L. perenne</i>	<i>Festulolium loliaceum</i>
<i>F. Pratensis</i>	<i>L. perenne</i>	<i>Festulolium elongata</i>
<i>F. pratensis</i>	<i>L. perenne</i>	<i>Festulolium loliacea</i>
<i>F. rubra</i>	<i>L. perenne</i>	<i>Festulolium frederici</i>

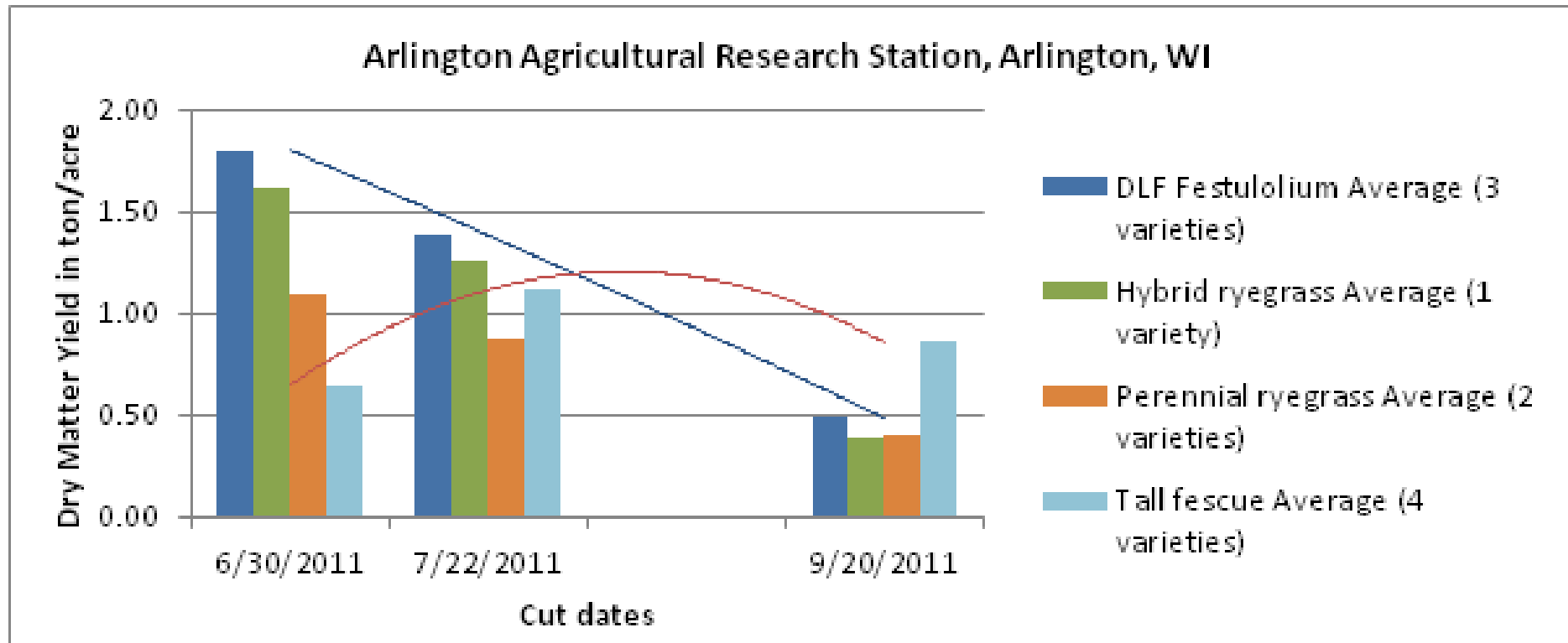
Festulolium (Festuca pratensis x Lolium multiflorum o F. pratensis x L. perenne)



Hibridación de DNA en cromosomas
Rojo: DNA Festuca. Verde DNA: raygrass



Comparación de Rendimiento de Festulolium con raigrás inglés, raigrás híbrido y Fesuca alta



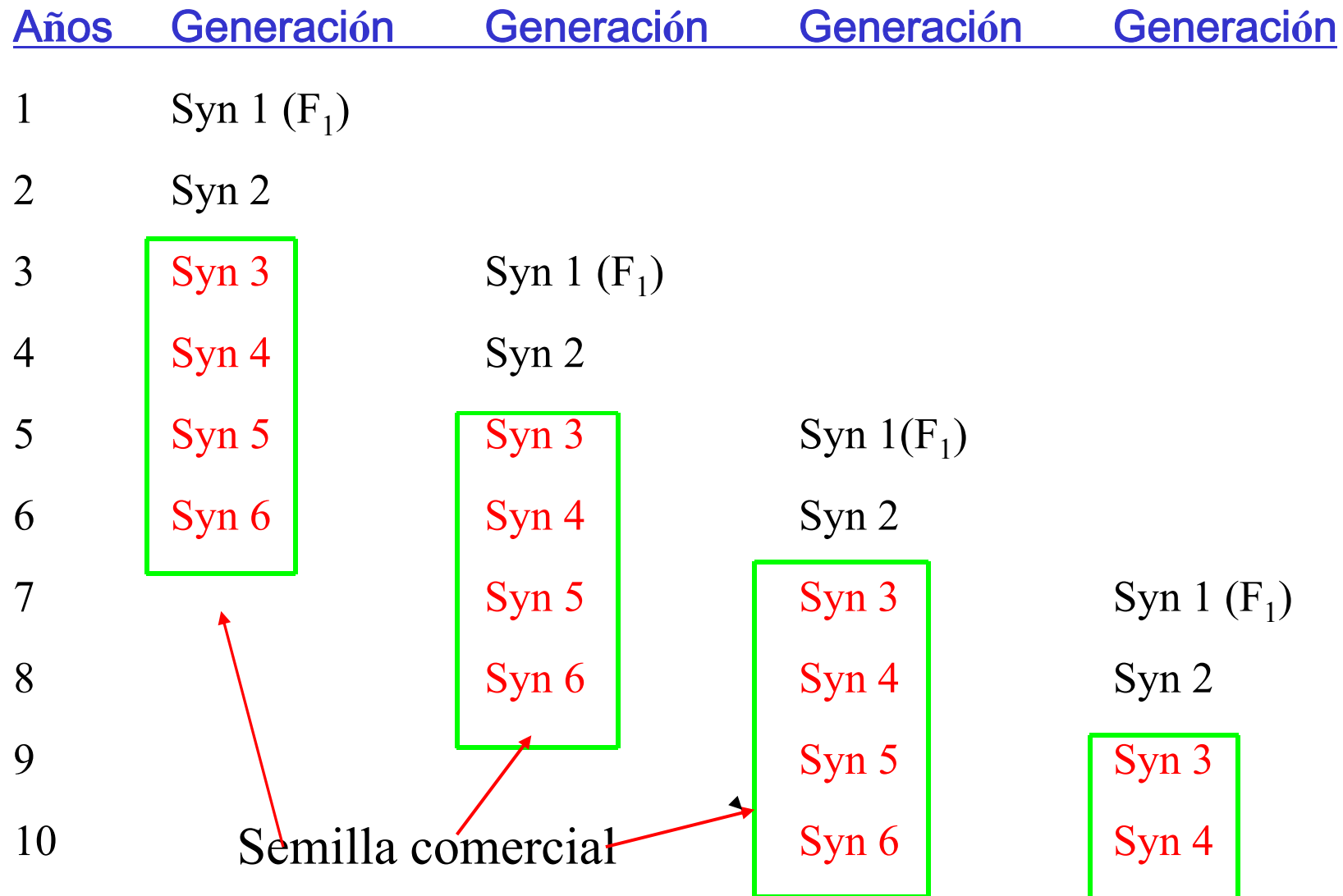
VARIEDADES SINTÉTICAS (VS)

- La forma más eficiente de explotar la heterosis en las plantas alógamas es mediante el desarrollo de híbridos.
- La semilla de híbridos solo puede ser usada comercialmente cuando sea factible y las ventajas aportadas compensen los gastos
- En otros casos, la mejor opción es el desarrollo de VS
- Consiste en (a) realizar cruzamientos entre clones; (b) evaluar las familias en varios ambientes y años; (c) seleccionar los clones que hayan mostrado mejor ACG
- Los clones seleccionados se disponen según un esquema de poliacruzamientos (similar al sudoku), de forma que cada clon reciba polen del resto, formando así la generación primera Syn 1.
- Esta generación se multiplica para aumentar la cantidad de semilla (generaciones Syn 2, Syn 3, Syn 4, hasta Syn 6).
- Las VS son utilizadas en la mayoría de las especies alógamas pratenses y forrajeras: alfalfa, raigrás, dactilo, trébol .

Esquema de un campo de policrozamiento con 10 clones S_0 seleccionados para generar la variedad sintética Syn 1 (F_1)

1	9	5	10	4	8	2	6	3	5
2	10	6	5	1	3	7	8	9	4
3	8	7	6	7	9	5	10	1	2
4	2	10	1	8	5	6	3	10	7
5	3	8	9	6	4	4	1	2	9
6	1	9	3	10	7	3	2	7	8
7	4	1	2	3	10	9	5	8	6
8	5	3	4	2	6	1	7	9	1
9	7	4	8	5	1	10	6	4	10
10	6	2	7	9	2	8	4	5	3

Multiplicación de variedades sintéticas en distintos años y generaciones



VARIEDADES DE ALFALFA

- La comparación de ensayos de variedades de alfalfa en diferentes Eras muestra que hay ganancia genética para rendimiento entre Era1 (1898-1900) y Era2 (1940-1950), pero no entre Era2 y Era3 (1975-1980),
- Supone un estancamiento a partir de los años 1955 hasta 1975, aunque si son variedades más perdurables
- Estudios en distintas universidades, concluyen que el rendimiento no ha cambiado en las dos décadas anterior a 1977
- Según el USDA no ha habido incremento del rendimiento en campos de agricultores desde 1919 hasta 1955, aunque si lo hubo en el período posterior hasta mediado o finales de los 70. Después de esta fecha ha habido estancamiento
- Otro estudio indica una ganancia de rendimiento del 1 % entre 1975 y 1992.

HIBRIDOS

- El primer híbrido comercial de alfalfa HybriForce-400 fue probado durante 1998-2000
- En 21 de los 25 ambientes usados para la evaluación, el rendimiento de HybriForce-400 no fue diferente estadísticamente del promedio de las tres variedades comerciales no-híbridas más productivas de cada ambiente
- En tres ambientes, HybriForce-400 fue significativamente superior que la mejor variedad no-híbrida
- Aquí arranca la era de los híbridos de alfalfa que en el conjunto de todos los ambientes han mostrado poseer entre un 7 a 12 % más rendimiento que la media de las variedades sintéticas.
- Ahora se está ya en la tercera generación de los híbridos con rendimientos 15 % superior y mejor calidad forrajera

Producción de semilla de Híbrido de alfalfa (una patente)



1. Parental Hembra (PH). Citoplasma andro-estéril. Hembra fértil. Se observa que en la hoja del cuchillo no hay polen



2. Parental mantenedor (PM). Macho fértil. Se cruza 1 x 2 para obtener semilla hembra andro-esteril (HAS)



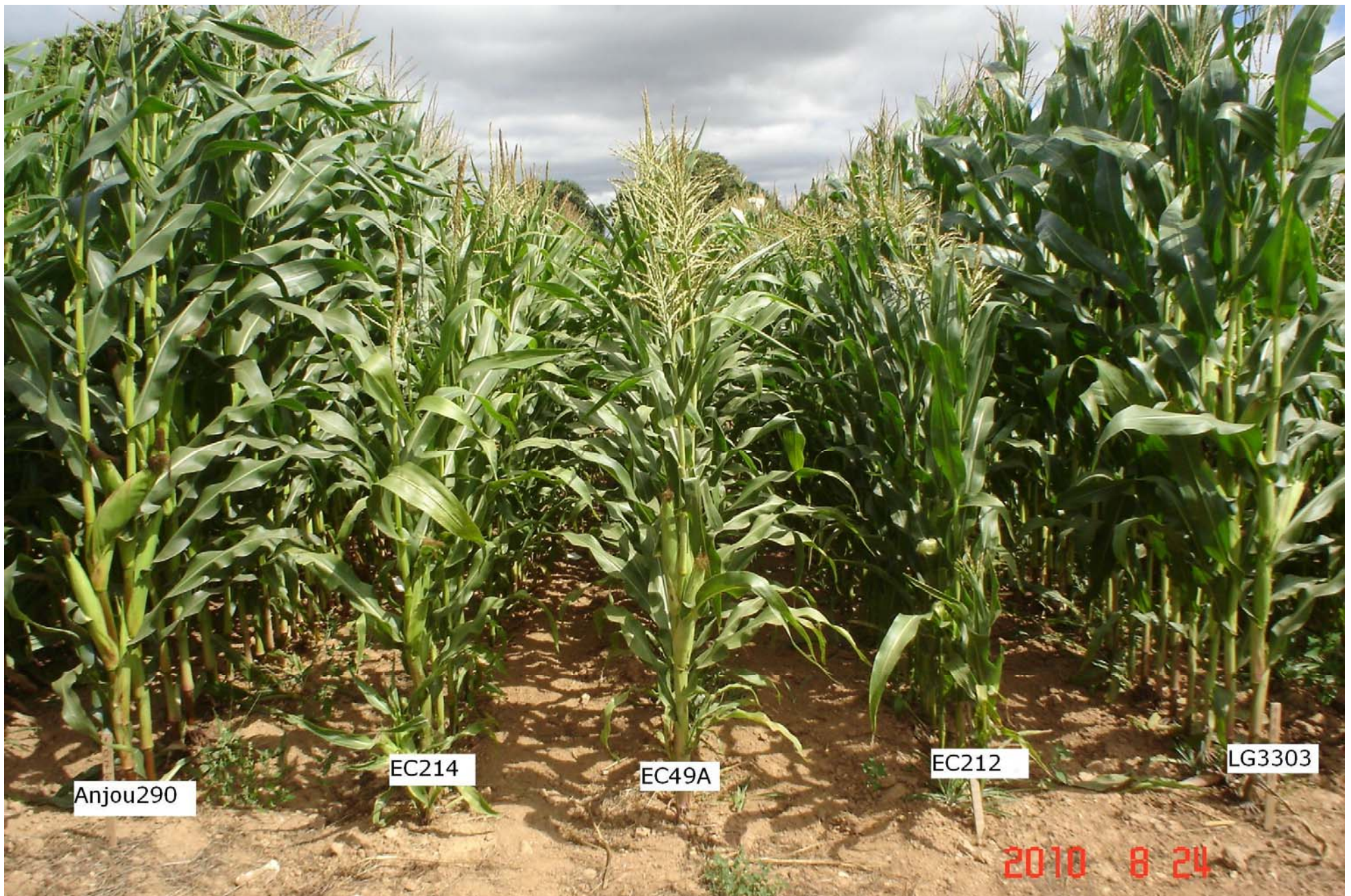
3. Parental restaurador (PR). Macho fértil. Se usa para cruzar con la hembra HAS y restaurar la fertilidad del híbrido

4. Producción de semilla híbrida

PH x PM

HAS x PR

HÍBRIDO



Comparación de vigor híbrido (Anjou 290, LG3303) respecto a tres LP

Polinización

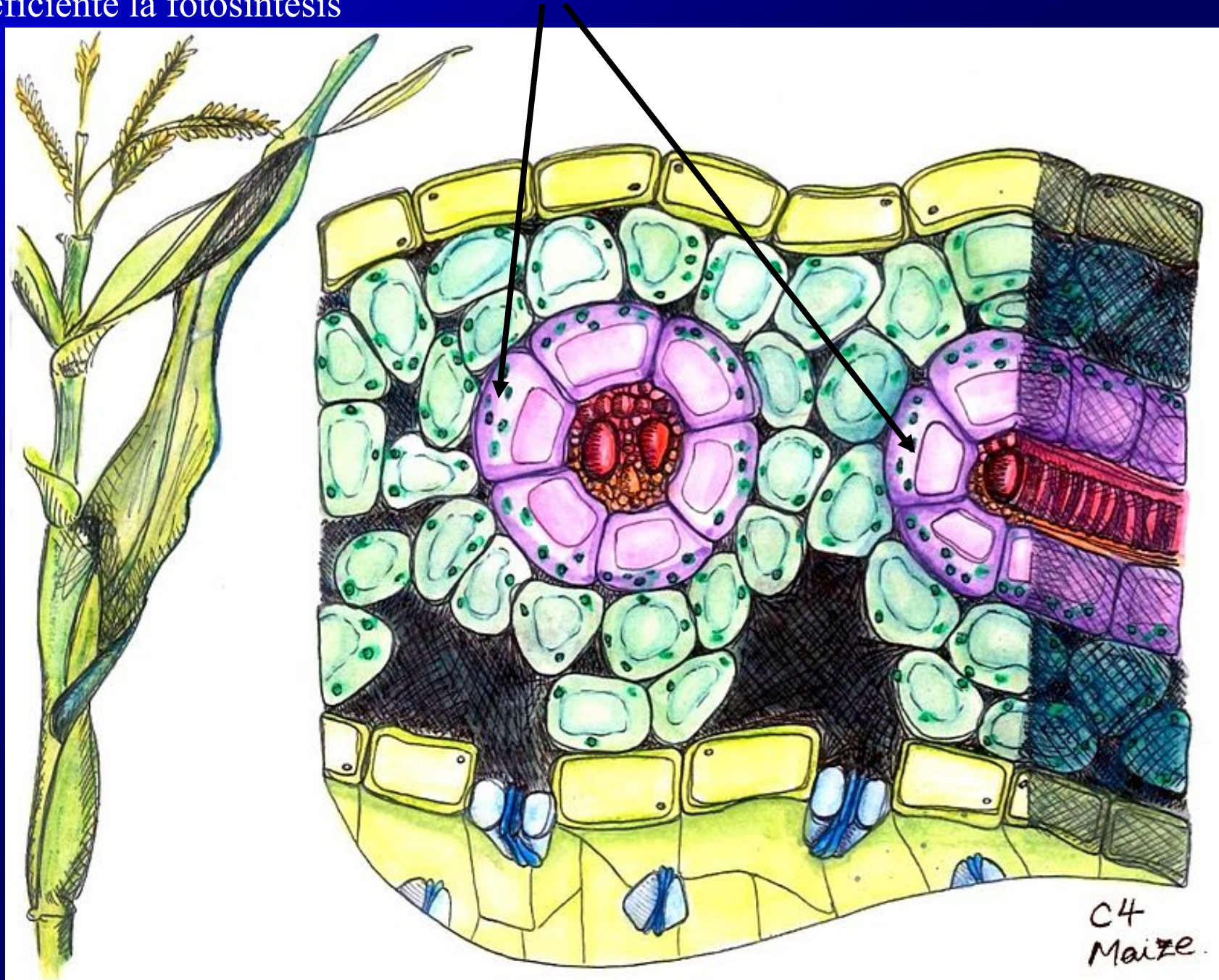


PLANTAS C4

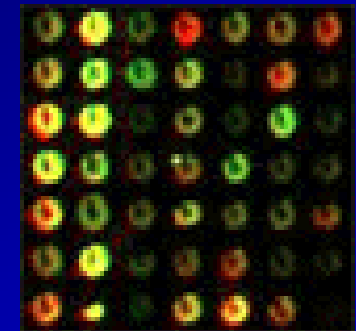
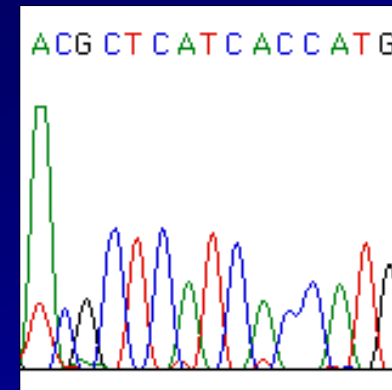
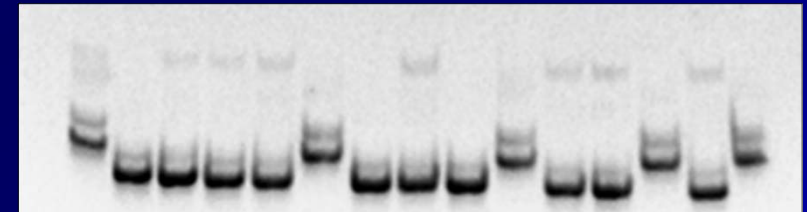
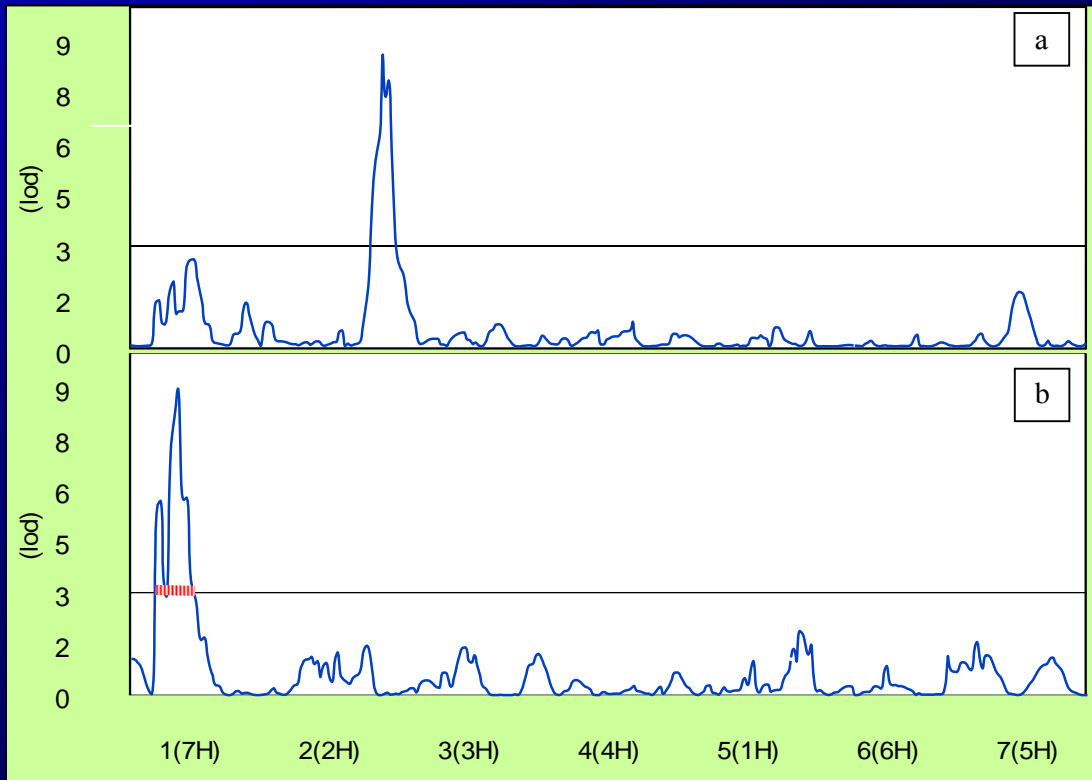
- Se llaman así porque que el primer producto de la fijación del carbono en la fotosíntesis es una molécula de cuatro carbonos, el ácido oxalacético y luego malato, en contraposición a las plantas C3 que el primer producto es fosfoglicerato
- Las plantas C4 son más eficientes que las C3 en la fijación del CO₂ en condiciones de sequía y calor, debido a que usan el CO₂ de la foto-respiración cuando los estomas se cierran
- Usan también mas eficientemente el N.
- Solo el 3 % de las plantas de la naturaleza, unas 7500, son C4. A pesar de ello secuestran el 30 % del CO₂ terrestre
- Los cultivos C4 son maíz, sorgo, caña de azúcar, mijo, grama (*Cynodon dactilon*), algunas amarantaceas, quenopoidaceas
- El cultivo Teff (*Eragrostis tef*) procedente de Etiopia, así como otras plantas C4 deberían ser explorados

Anatomía de las hojas de las plantas C4 (fuente: wikipedia, Cambridge University Plant Sciences Department)

Células de **cubierta de haces vasculares** que impiden la salida CO_2 para hacer más eficiente la fotosíntesis



Marcadores Moleculares para QTLs y Selección Asistida por Marcadores



¿Porqué son necesarios los Bancos de Germoplasma?

- El patrimonio vegetal de los agricultores corre el riesgo de perderse
- Perdida de la biodiversidad
- Reserva de genes útiles para la alimentación diferenciada, sana y de calidad
- Herramienta estratégica para mantener la hegemonía alimentaria





PONTEAREAS, CIAM85020

-NOME: Negro Santiago

-PROCEDENCIA: Leiro. Miño. A Coruña

-CARACTERÍSTICAS: Foito lixeiramente achatado ou achatado. Cor vermello-verdoso

Pro



GG
14,4
10,9
16
13,7
\$
Dureza (k
2,1



DA

1
4



CIAMI

Recolección, multiplicación y caracterización. Obtención de variedades comerciales: 'Brigantia' y 'Ciam' de raigrás inglés, 'Pomba' de raigrás italiano, 'Artabro' de dactilo y 'Maragato' de trébol violeta.



- El mayor banco de especies pratenses de la España húmeda.
- Se almacenan 1362 muestras pertenecientes a 78 especies (*Lolium*, *Trifolium*, *Festuca*, *Dactylis*....).
- El 30% han sido evaluadas agronómicamente



Orientación futura de la mejora genética para mitigar el cambio climático

- Investigación sobre la incidencia potencia, intensidad y análisis del estrés abiótico es esencial para priorizar inversiones
- La adaptación a los 5 principales efectos del cambio climático: calor, sequía, inundaciones, salinidad, y alto CO₂ es difícil priorizar y varía con la especie, zona de producción, e impacto sobre rendimiento o calidad del producto
- Parece probable un incremento futuro de la temperatura y la concentración de CO₂ con efectos antagónicos en plantas C3, y con posibles beneficios en las C4
- Pero hay incertidumbre sobre la dirección y magnitud de los cambios en el régimen de lluvias en las diferentes zonas del mundo o España