

La Mejora Vegetal: Generalidades

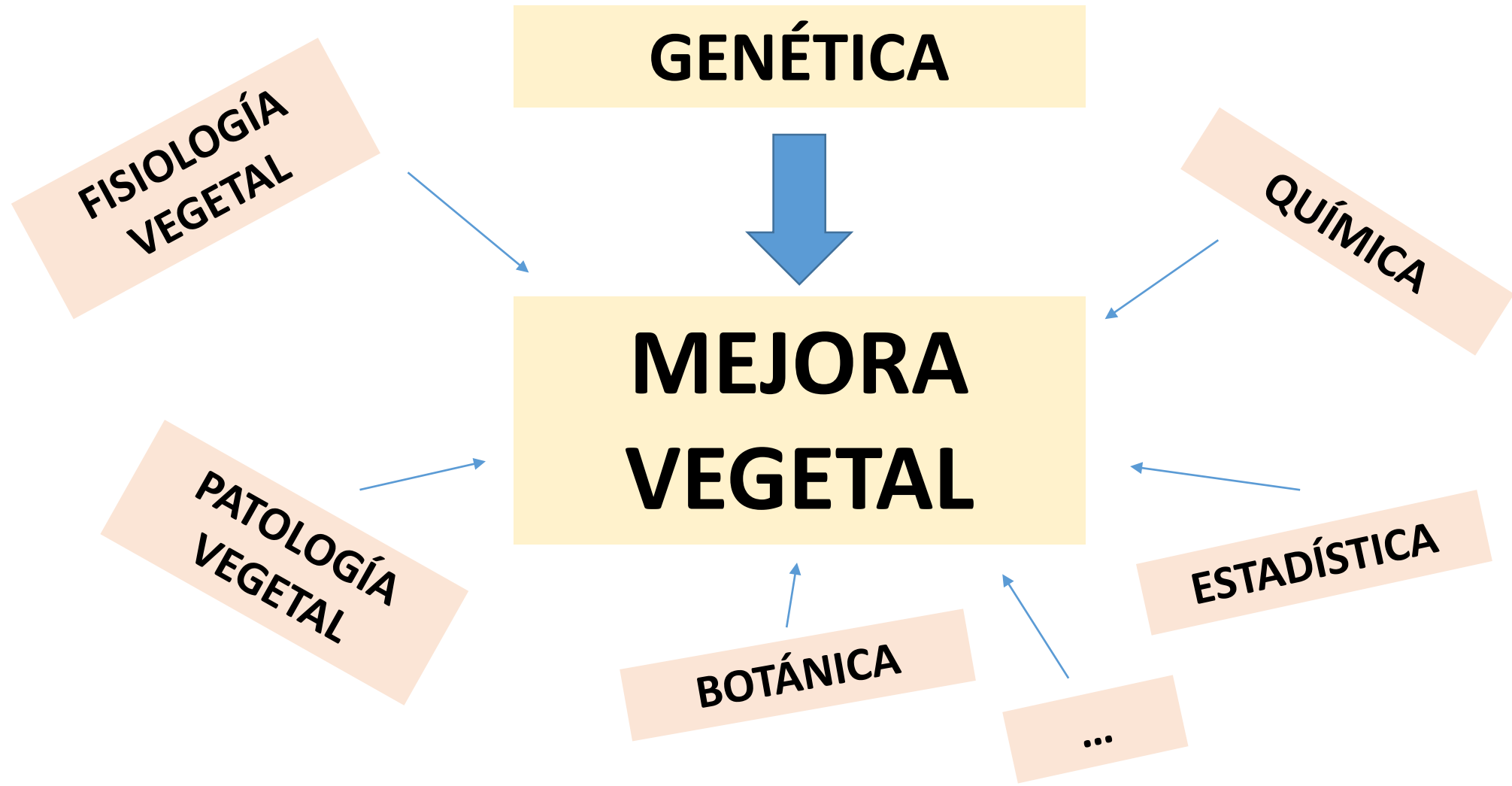
Genética, Genómica y Mejora Vegetal
Rafael Navajas Pérez

Febrero de 2025

Máster en Genética y Evolución
(Especialidad Agroalimentaria)

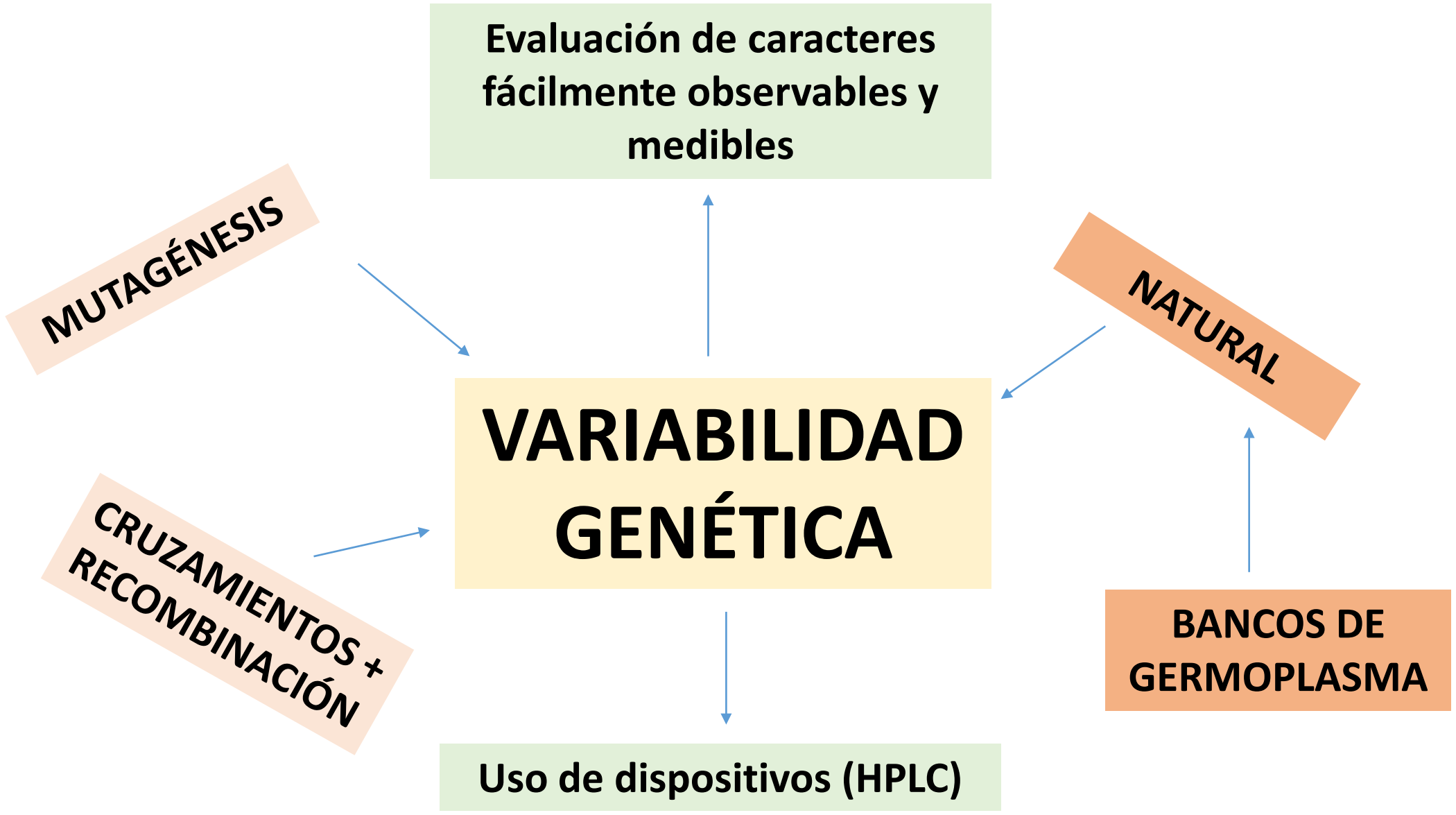
CLASIFICACIÓN DE LOS CARACTERES AGRONÓMICOS:

- 1.- RENDIMIENTO:** considerado el más importante por afectar a la productividad (tamaño de las distintas partes de la planta, número de frutos, espigas, ramificaciones, etc.).
- 2.- CALIDAD:** se buscan productos de características mejoradas (organolépticas o en cuanto a contenido nutricional).
- 3.- RESISTENCIA A ESTRESSES BIÓTICOS:** enfermedades que producen microorganismos patógenos (hongos, virus, bacterias) o plagas (insectos y nematodos).
- 4.- RESISTENCIA A ESTRESSES ABIÓTICOS:** factores de naturaleza no biológica (sequía, calor, concentración de ciertas sustancias, etc.).



Selección dirigida por el hombre sobre una población de plantas con variabilidad genética para conseguir nuevas plantas que se adecuen a nuestras necesidades, fundamentalmente alimenticias





Evaluación de caracteres fácilmente observables y medibles

MUTAGÉNESIS

VARIABILIDAD GENÉTICA

NATURAL

CRUZAMIENTOS + RECOMBINACIÓN

BANCOS DE GERMOPLASMA

Uso de dispositivos (HPLC)

CRECIENTE FÉRTIL (ORIENTE PRÓXIMO Y MEDIO)

hace 11.000-12.000 años



Trigos y cebadas silvestres

designed by freepik.com

CHINA Y MÉXICO

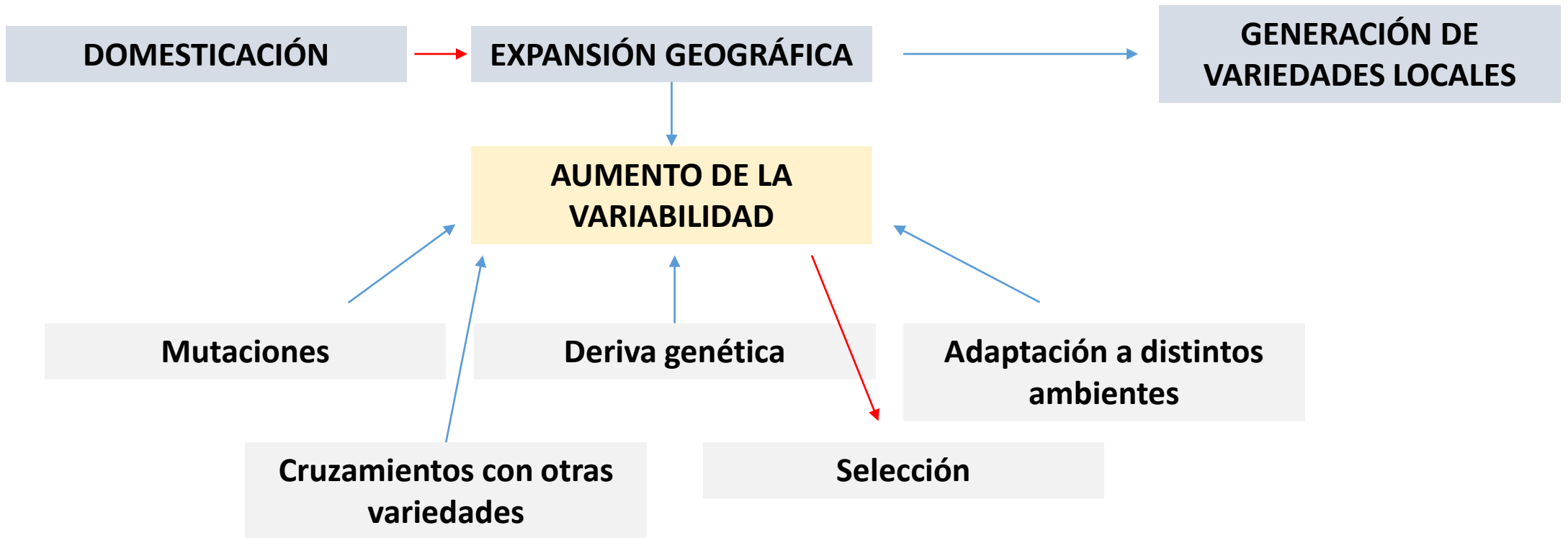
hace 10.000 años

Arroz y maíz, respectivamente



<i>Centro</i>	<i>Zona geográfica</i>	<i>Cultivos</i>
Centro Chino	Regiones montañosas de China central y occidental y llanuras vecinas	<i>Camellia sinensis</i> (té), <i>Citrus sinensis</i> (naranja dulce), <i>Glycine max</i> (soja), <i>Phyllostachys</i> spp. (bambú), <i>Prunus armeniaca</i> (albaricoquero), <i>Prunus persica</i> (melocotonero)
Centro Indo-malayo	Sudeste asiático	<i>Citrus maxima</i> (pomelo), <i>Cocos nucifera</i> (coco), <i>Colocasia antiquorum</i> (taro), <i>Cucumis sativus</i> (pepino), <i>Dioscorea</i> spp. (ñame), <i>Mangifera indica</i> (mango), <i>Musa</i> spp. (plátano), <i>Oryza sativa</i> (arroz), <i>Piper nigrum</i> (pimienta), <i>Raphanus caudatus</i> (rábano), <i>Saccharum officinale</i> (caña de azúcar), <i>Solanum melongena</i> (berenjena),
Centro de Asia Central	Norte de la India, Afganistán, Kazajistán y Uzbekistán	<i>Daucus carota</i> (zanahoria), <i>Juglans regia</i> (nogal), <i>Malus pumila</i> (manzano), <i>Pyrus communis</i> (peral), <i>Spinacia oleracea</i> (espinaca)

Centro	Zona geográfica	Cultivos
Creciente Fértil	Jordania, Israel, Palestina, Siria, Sudeste de Turquía, Irak y oeste de Irán	<i>Avena sativa</i> (avena), <i>Ficus carica</i> (higuera), <i>Medicago sativa</i> (alfalfa), <i>Hordeum vulgare</i> (cebada), <i>Prunus amygdalus</i> (almendro), <i>Punica granatum</i> (granado), <i>Secale cereale</i> (centeno), <i>Sesamum indicum</i> (sésamo), <i>Cicer arietinum</i> (garbanzo), <i>Lens culinaris</i> (lenteja), <i>Pisum sativum</i> (guisante), <i>Olea europaea</i> (olivo), <i>Vicia faba</i> (haba), <i>Triticum</i> spp. (diversas especies de trigos), <i>Vitis vinifera</i> (vid)
Centro Mediterráneo	Zonas lindantes con el mar Mediterráneo (excepto el Levante Mediterráneo)	<i>Beta vulgaris</i> (remolacha), <i>Brassica oleracea</i> (col), <i>Ceratonia siliqua</i> (algarrobo), <i>Lactuca sativa</i> (lechuga),
Subcentro Abisinio	Etiopía	<i>Coffea arabica</i> (café), <i>Eleusine coracana</i> (mijo africano), <i>Eragrostis tef</i> (tef), <i>Sesamum indicum</i> (sésamo)
Centro de África Central	África Central y Occidental	<i>Sorghum</i> spp. (sorgo), <i>Oryza glaberrima</i> (arroz africano), <i>Vigna unguiculata</i> (judía africana o caupí), <i>Dioscorea</i> spp. (ñame), <i>Elaeis guineensis</i> (palmera de aceite), <i>Citrullus lanatus</i> (sandía), <i>Cucumis melo</i> (melón), <i>Cucumis sativus</i> (pepino), <i>Gossypium herbaceum</i> (algodón indio), <i>Cynodon</i> spp. (grama o césped)
Centro de México y América Central	México y parte de América Central	<i>Capsicum annuum</i> (pimiento), <i>Cucurbita</i> spp. (calabazas), <i>Gossypium hirsutum</i> (algodón), <i>Phaseolus vulgaris</i> (judía), <i>Zea mays</i> (maíz)
Centro Andino	Perú, Ecuador y Bolivia	<i>Carica papaya</i> (papaya), <i>Ipomoea batatas</i> (batata), <i>Solanum tuberosum</i> (patata), <i>Nicotiana tabacum</i> (tabaco), <i>Phaseolus lunatus</i> (judía de Lima), <i>Solanum lycopersicum</i> (tomate)
Subcentro Brasileño-paraguayo	Brasil y Paraguay	<i>Ananas comosa</i> (piña), <i>Arachis hypogaea</i> (cacahuete), <i>Hevea brasiliensis</i> (árbol del caucho), <i>Manihot esculenta</i> (mandioca), <i>Theobroma cacao</i> (cacao)



SÍNDROME DE DOMESTICACIÓN:

1.- PÉRDIDA DE LA LATENCIA DE LA SEMILLA: la dispersión temporal de la germinación es un fenómeno en poblaciones natural. El hombre ha seleccionado semillas con poca latencia (germinan tras ser recolectadas).

2.- INDEHISCENCIA DE FRUTOS E INFLORESCENCIAS: las plantas tienen un mecanismo natural de dispersión de semillas. La selección llevada a cabo por el hombre se opone, por norma general, a este hecho, lo que facilita el manejo de las plantas mejoradas.

OTROS CARACTERES RELACIONADOS CON LA DOMESTICACIÓN:

- 1.- AUMENTO DEL TAMAÑO DE LA SEMILLA O EL FRUTO:** mayor cantidad de alimento y capacidad de germinación (aumento del endospermo).
- 2.- HÁBITO DE CRECIMIENTO:** control de los periodos de crecimiento vegetativo y floración/fructificación.
- 3.- REDUCCIÓN DE LA TOXICIDAD Y DEL AMARGOR DE LAS PARTES COMESTIBLES:** reducción de moléculas derivadas del metabolismo secundario, utilizadas fundamentalmente en funciones defensivas (parásitos vertebrados, insectos, nematodos, etc.).



La patata (*Solanum tuberosum*) es originaria de los Andes, donde se cultiva desde hace más de 7000 años. Su domesticación ocurrió en lo que hoy es Perú y Bolivia, y era un alimento fundamental para estas culturas, que desarrollaron diversas variedades adaptadas a diferentes climas y alturas.

Introducción en Europa

La patata llegó a Europa en el siglo XVI tras la conquista de América. Introducida por los colonizadores españoles alrededor de 1570. Inicialmente, se cultivó en España y luego se expandió a Italia, Francia, Inglaterra y otros países. Sin embargo, al principio no fue aceptada como un alimento de consumo generalizado, ya que **se creía que podía ser tóxica o causar enfermedades**. De hecho, en algunos lugares se usaba más como planta ornamental que como cultivo comestible.

Popularización y Consumo Masivo

Su aceptación como alimento básico ocurrió de forma progresiva. En el siglo XVIII, científicos y agrónomos como **Antoine-Augustin Parmentier** en Francia promovieron su consumo al demostrar su valor nutricional y versatilidad. La patata resultó ser una fuente económica de energía y fácil de cultivar en distintos tipos de suelo, lo que la convirtió en una solución clave para combatir el hambre en Europa.

Expansión Mundial

Durante los siglos XVIII y XIX, la patata se consolidó como un alimento esencial en muchas dietas europeas, especialmente en países como Irlanda, donde se convirtió en el sustento principal hasta la Gran Hambruna de 1845-1852, causada por una plaga de mildiu.

Caracteres principales implicados en la domesticación y en la obtención de variedades locales en grupos de cultivos

	<i>Domesticación</i>	<i>Obtención de variedades locales</i>
Cultivos de semilla	Semilla sin latencia Semillas más grandes Crecimiento determinado Frutos indehiscentes Incremento de la autogamia	Mayor número de semillas Cambio en el color del grano Cambio en el aroma Pérdida de vernalización Ciclo más corto o más largo Enanismo de la planta
Raíces y tubérculos	Cambio de sabor Menor ramificación Raíces y tubérculos con más sustancias nutritivas (como el almidón) Menor toxicidad	Menor propagación sexual y mayor propagación vegetativa Tolerancia a estreses bióticos y abióticos Mayor tiempo de cosecha
Frutos	Cambio de sabor (menos amargo y ácido, más dulce) Mayor tamaño de fruto o semillas Fruto con textura más blanda	Reducción de la abscisión de frutos Fructificación continua Aumento de la variación del tamaño del fruto

A partir de datos de Meyer y Purugganan (2013).

ÉPOCA "PRECIENTÍFICA"

PRIMEROS CRUZAMIENTOS (Thomas Fairchild, 1717)

Claveles y rosas



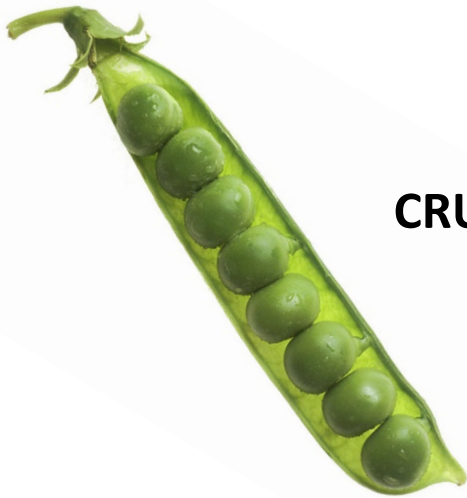
CRUZAMIENTOS PLANTAS DE INTERÉS AGRÍCOLA (Andrew Knight, 1800-1835)

Fresa, pera, col, manzana, guisante,...

(Louis y Henry Vilmorin, mitad SXIX)

Trigo, avena y remolacha

Aparición de casas comerciales y de la figura del mejorador



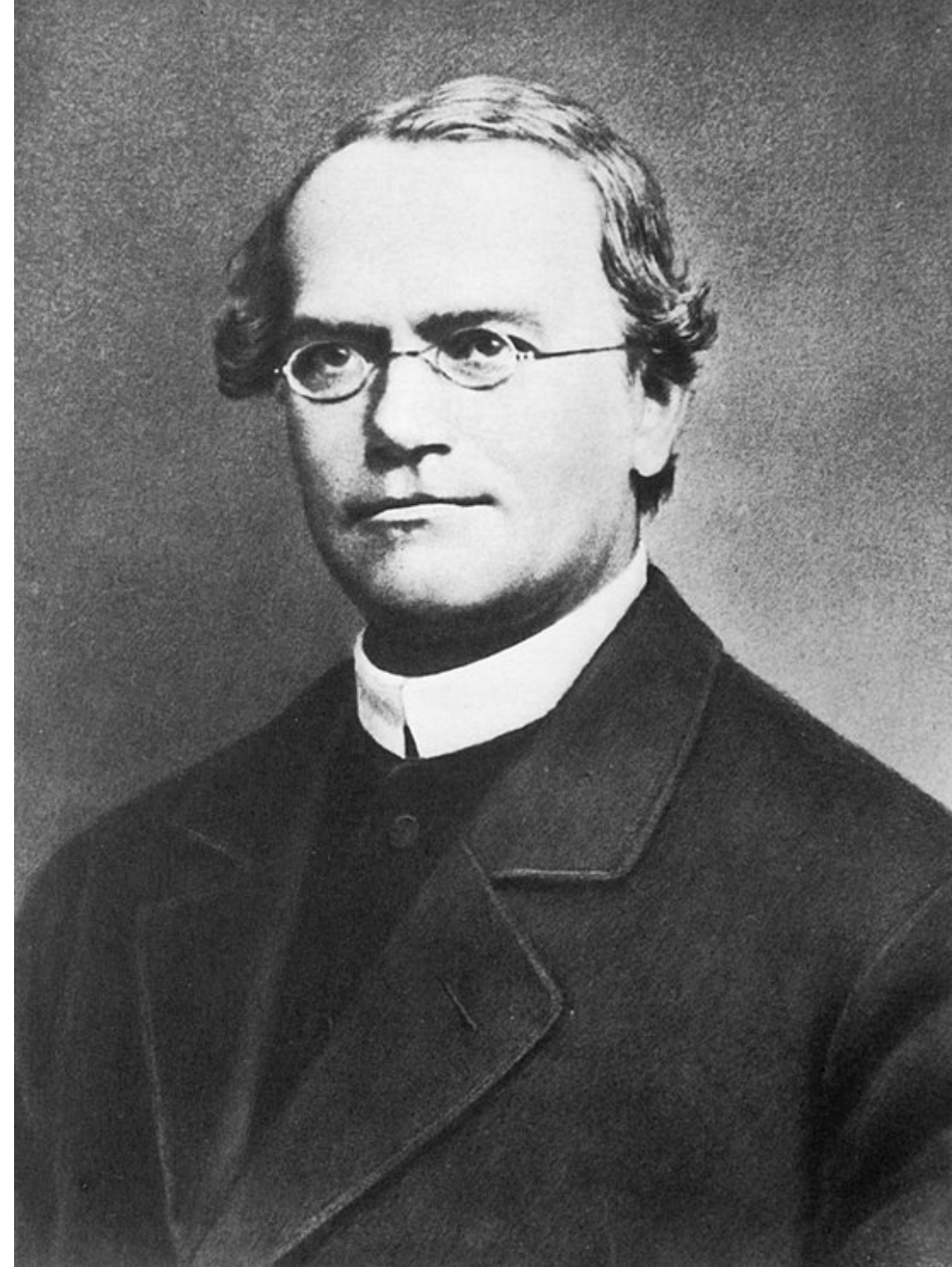
Cultivares importantes obtenidos antes de 1900 (era premendeliana)

<i>Cultivar¹</i>	<i>Cultivo</i>	<i>Año de obtención</i>	<i>Obtentor</i>	<i>País</i>
Chevallier	Cebada	1820	Chevallier	Reino Unido
Lenormand à pied court	Coliflor	1865	Lenormand	Francia
Mejorada d'Argenteuil	Espárrago	1865-70	Familia Lhérault	Francia
Keen's Seedling	Fresón	1806	M. Keens	Reino Unido
Hovey	Fresón	1834	C.M. Hovey	Estados Unidos
Wilson	Fresón	1851	J. Wilson	Estados Unidos
Docteur Morère	Fresón	1865	Berger	Francia
Arrugado verde de Knight	Guisante	1787	T. Knight	Reino Unido
Adams Pearmain	Manzano	1826	J. Pearmain	Reino Unido
Cox's Orange Pippin	Manzano	1829	R. Cox	Reino Unido
Belle de Boskoop	Manzano	1856	K.H.W. Ottolander	Países Bajos
Sharpe's Victor	Patata	1891	C. Sharpe	Reino Unido
Eigenheimer	Patata	1893	G. Veenhuizen	Países Bajos
Ninetyfold	Patata	1897	J. Klark	Reino Unido
Conferencia	Peral	1884	T.F. Rivers	Reino Unido
Imperial	Remolacha azucarera	1854	Knauer	Alemania
Aimée Vibert	Rosa	1828	J.P. Vibert	Francia
Madame Falcot	Rosa	1858	A. Guillot	Francia
La France	Rosa	1867	A. Guillot	Francia
Perfection	Tomate	1880	A.W. Livingston	Estados Unidos
Lamed	Trigo harinero	1874-85	Vilmorin-Andrieux	Francia
Dattel	Trigo harinero	1874-83	Vilmorin-Andrieux	Francia
Murillo	Tulipán	1860	G. Leembruggen	Países Bajos

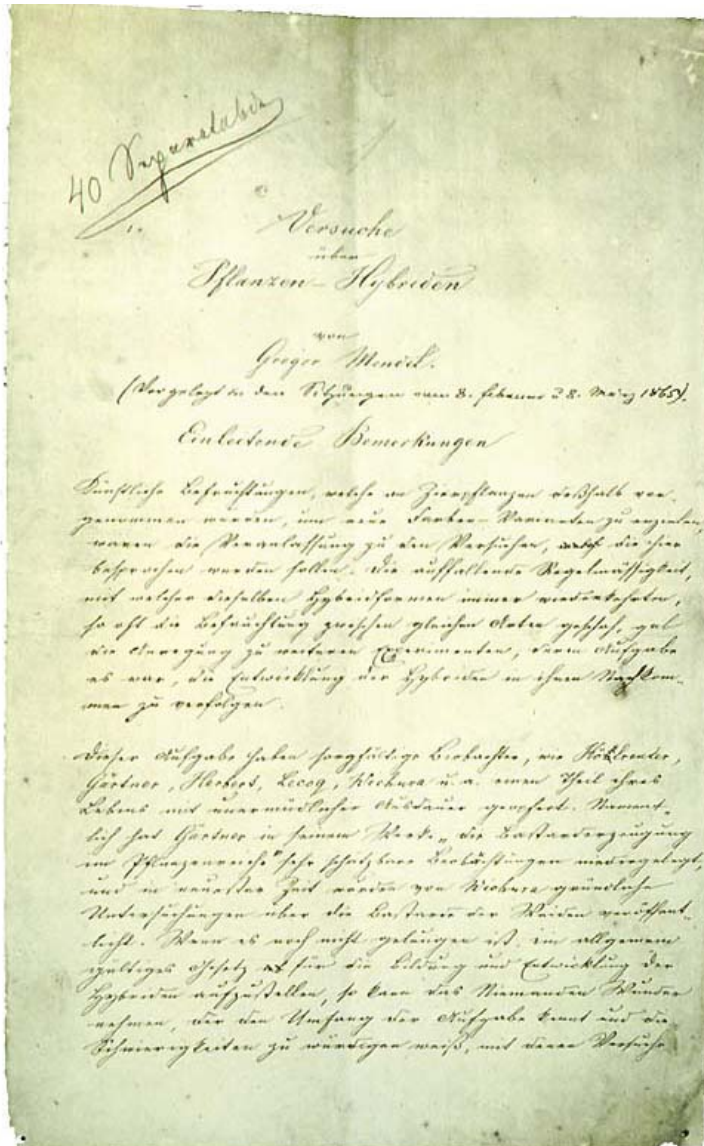
¹ Solo se han puesto cultivares con obtentores conocidos (personas o empresas).

MENDEL'S EXPERIMENTS

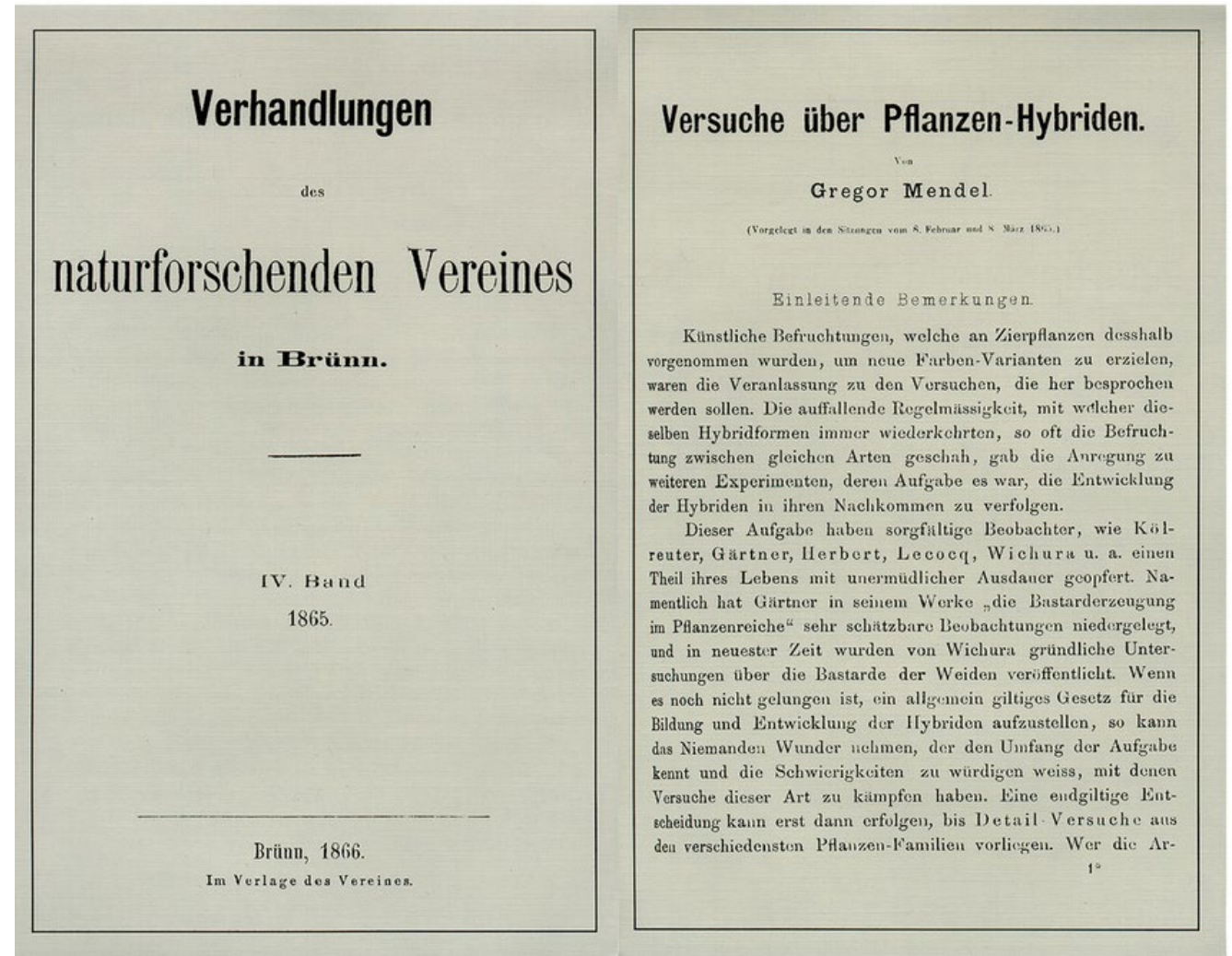
- By self pollination he obtained seven purebred varieties (always produced offspring identical to the parentals) of peas (*Pisum sativum*).
- From 1856 to 1863 he meticulously designed and performed around 30,000 crosses.
- Then he observed how the traits were inherited.
- He applied mathematical analysis to his data.
- On February 8 and March 8, 1865, Mendel presented his results in the Brunn Society for Natural Science.



PUBLICATIONS

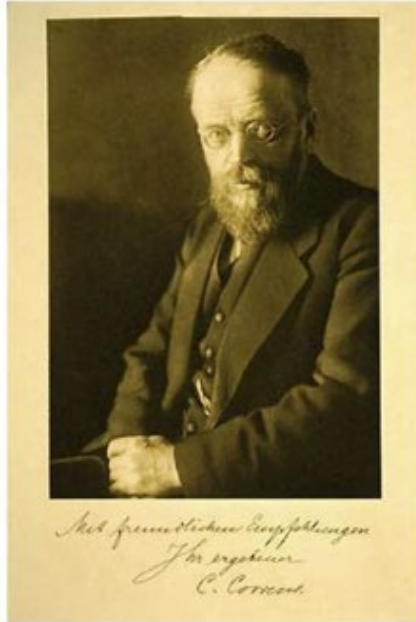


Courtesy of American Philosophical Society, Curt Stern Papers. Noncommercial, educational use only.



<https://www.nytimes.com/2010/06/01/science/01mendel.html>

OBLIVION & REDISCOVERY



Courtesy of American Philosophical Society, Curt Stern Papers.
Noncommercial, educational use only.

Carl Correns



Erich von Tschermak



Hugo De Vries, around 1920.

Photo courtesy of
Cold Spring Harbor Laboratory Archives.

Hugo De Vries

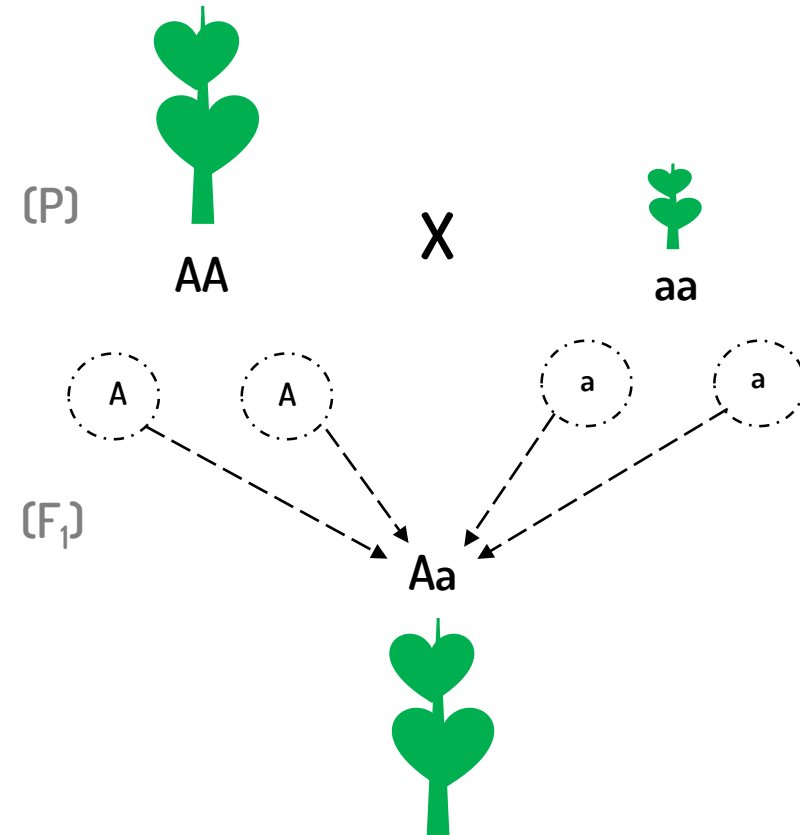


<https://gregormendel200.org/>

MENDELIAN TRAITS















1. To the **difference in the form of the ripe seeds**. These are either round or roundish, the depressions, if any, occur on the surface, being always only shallow; or they are irregularly angular and deeply wrinkled (P. quadratum).
2. To the **difference in the color of the seed albumen (endosperm)**. The albumen of the ripe seeds is either pale yellow, bright yellow and orange colored, or it possesses a more or less intense green tint. This difference of color is easily seen in the seeds as their coats are transparent.
3. To the **difference in the color of the seed-coat**. This is either white, with which character white flowers are constantly correlated; or it is gray, gray-brown, leather-brown, with or without violet spotting, in which case the color of the standards is violet, that of the wings purple, and the stem in the axils of the leaves is of a reddish tint. The gray seed-coats become dark brown in boiling water.
4. To the **difference in the form of the ripe pods**. These are either simply inflated, not contracted in places; or they are deeply constricted between the seeds and more or less wrinkled (P. saccharatum).
5. To the **difference in the color of the unripe pods**. They are either light to dark green, or vividly yellow, in which coloring the stalks, leaf-veins, and calyx participate.*
6. To the **difference in the position of the flowers**. They are either axial, that is, distributed along the main stem; or they are terminal, that is, bunched at the top of the stem and arranged almost in a false umbel; in this case the upper part of the stem is more or less widened in section (P. umbellatum).
7. To the **difference in the length of the stem**. The length of the stem is very various in some forms; it is, however, a constant character for each, in so far that healthy plants, grown in the same soil, are only subject to unimportant variations in this character. In experiments with this character, in order to be able to discriminate with certainty, the long axis of 6 to 7 ft. was always crossed with the short one of $\frac{3}{4}$ ft. to $1\frac{1}{2}$ ft.

MONOHYBRID CROSSES

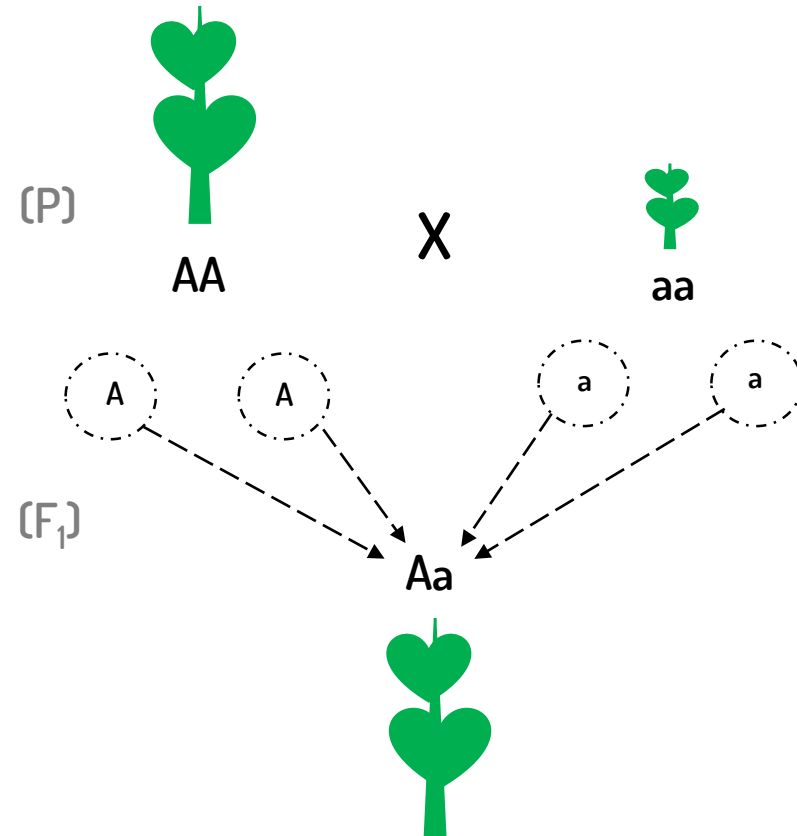


Principle of Uniformity/Dominance: *when crossing two purebreds differing in one character, the hybrids are uniform (they share a common phenotype and they resemble one of the parents –the dominant phenotype).*

MENDELIAN TRAITS

TRAIT	PHENOTIPIC ALTERNATIVES	
Shape of the seed	 Round	>  Wrinkled
Color of the seed	 Yellow	>  Green
Color of the seed coat	 White	>  Grey
Color of the pod	 Green	>  Yellow
Shape of the pod	 Inflated	>  Constricted
Position of the flowers	 Axial	>  Terminal
Length of the stem	 Long	>  Short

MONOHYBRID CROSSES



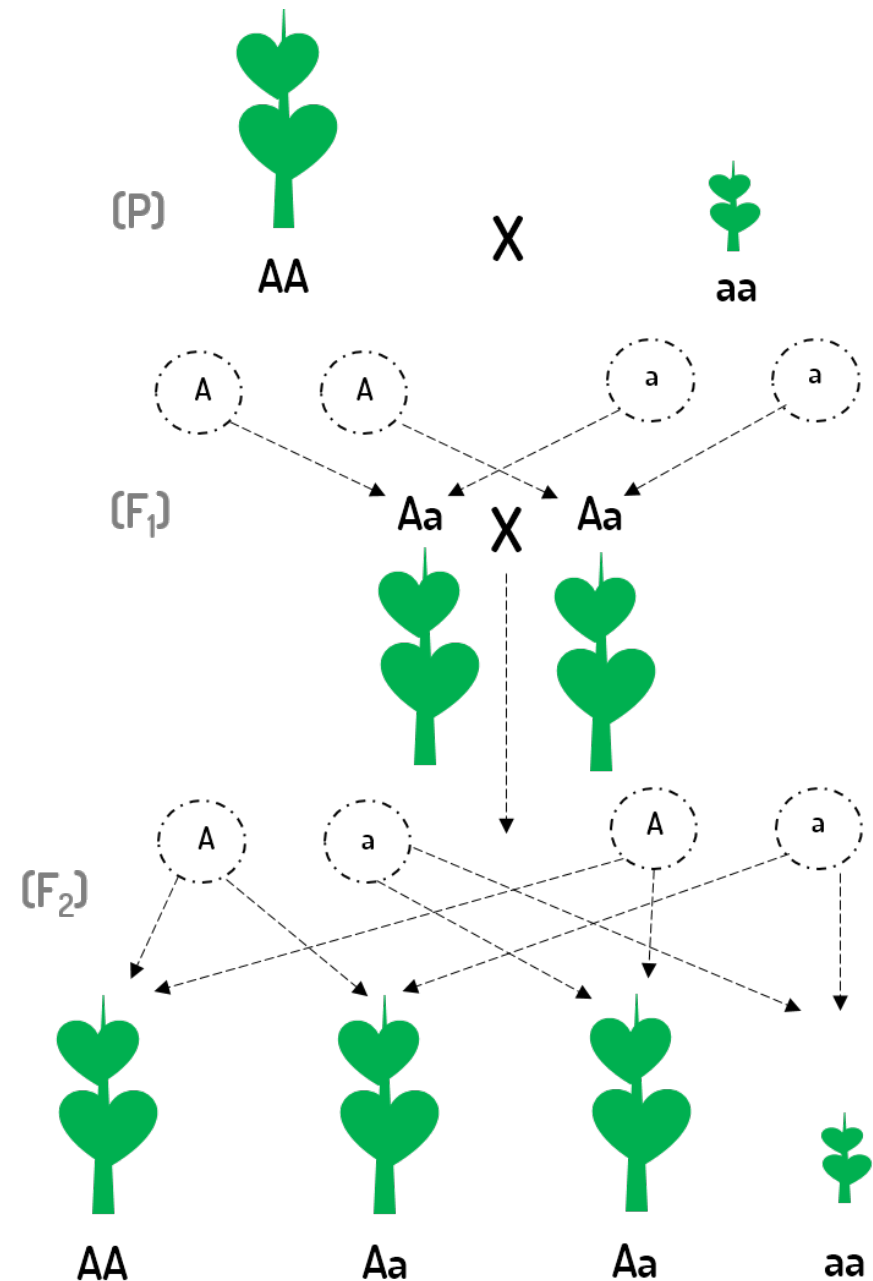
Reciprocal crosses: *the sex of the parents were interchanged so its influence in the phenotype of descendant could be analysed.*

CROSSES BETWEEN F₁ HYBRIDS

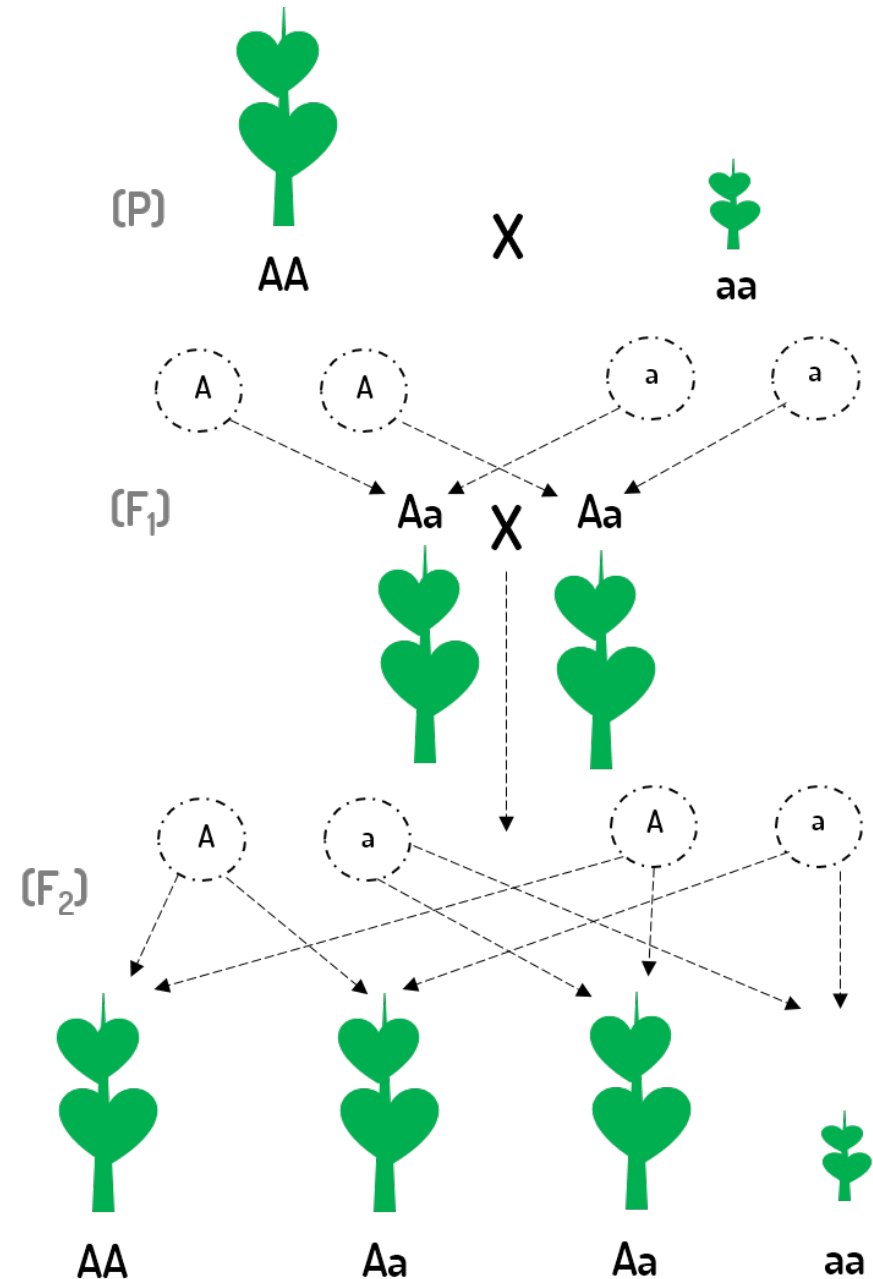
1:2:1 genotypic ratio

3:1 phenotypic ratio

Law of Segregation of Alleles (mendelian factors/elements): *the genetic information of each individual for a trait is determined by two factors (now called **alleles**), that separate from each other during the formation of the gametes and rejoin after the fertilization. The gametes, therefore, will only have one allele and not two like the rest of the non-reproductive cells. The biological purpose behind this phenomenon is to keep the amount of genetic information constant in the offspring, so that when the maternal and paternal gametes unite to breed, the number of alleles (2) is maintained, and one is always inherited from each parent.*



CROSSES BETWEEN F₁ HYBRIDS



Test-cross/Back-cross: a cross between an individual showing the dominant phenotype and a individual showing the recessive one. It is used to determine if the dominant individual contain two copies of the dominant allele (homozygous dominant) or just one copy (heterozygous dominant).

Inheritance is particulated

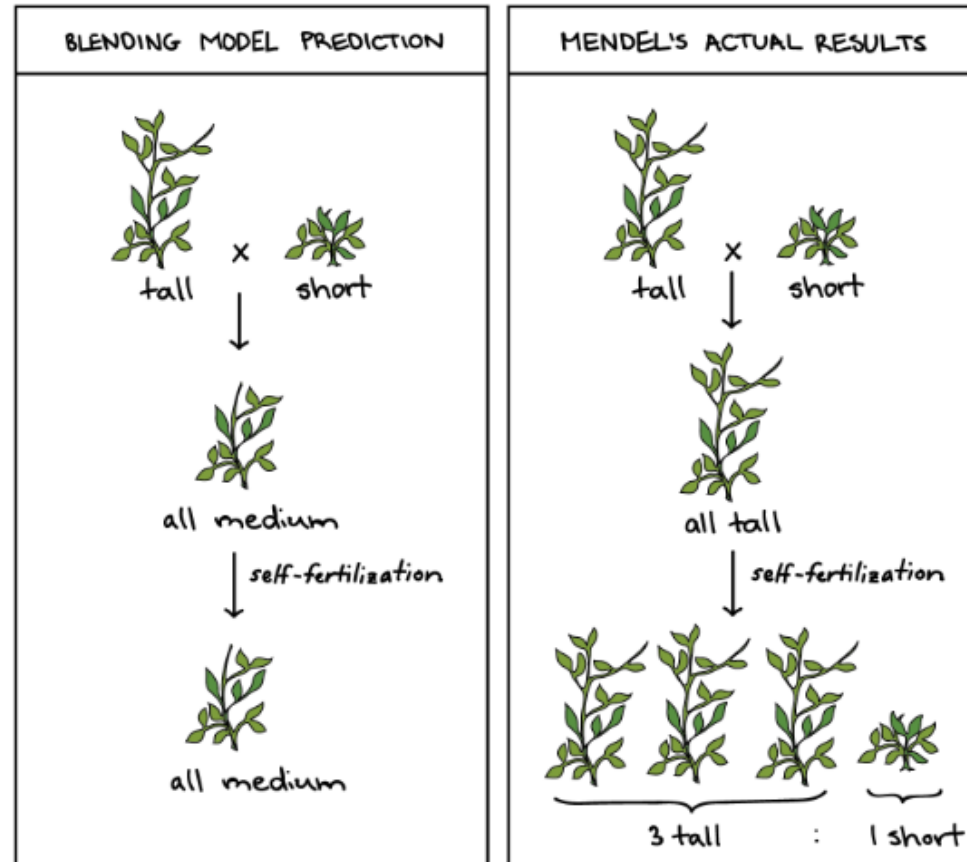
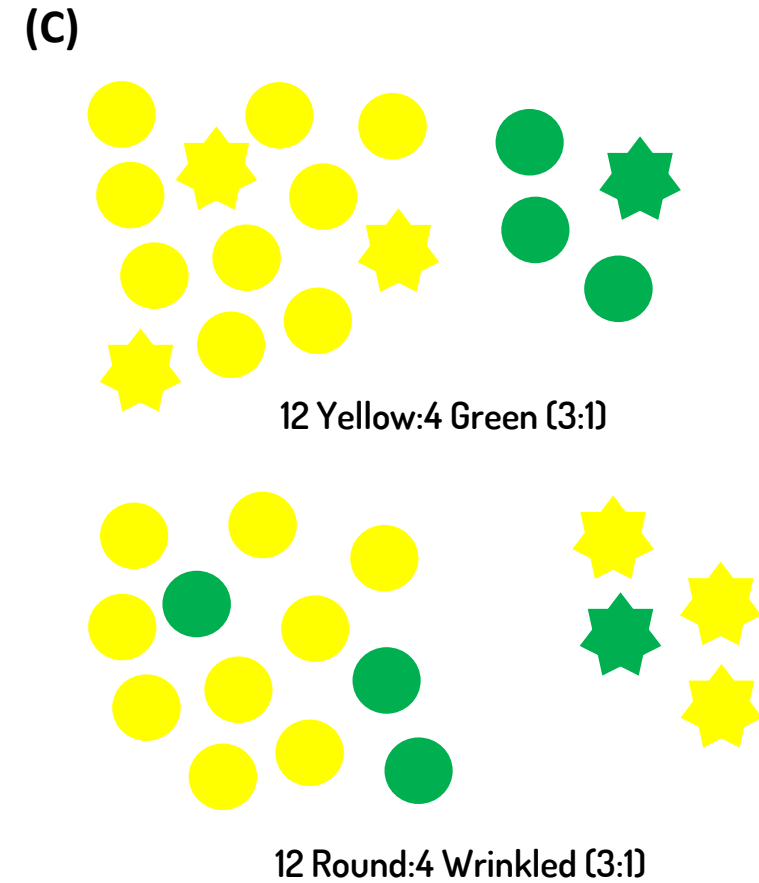
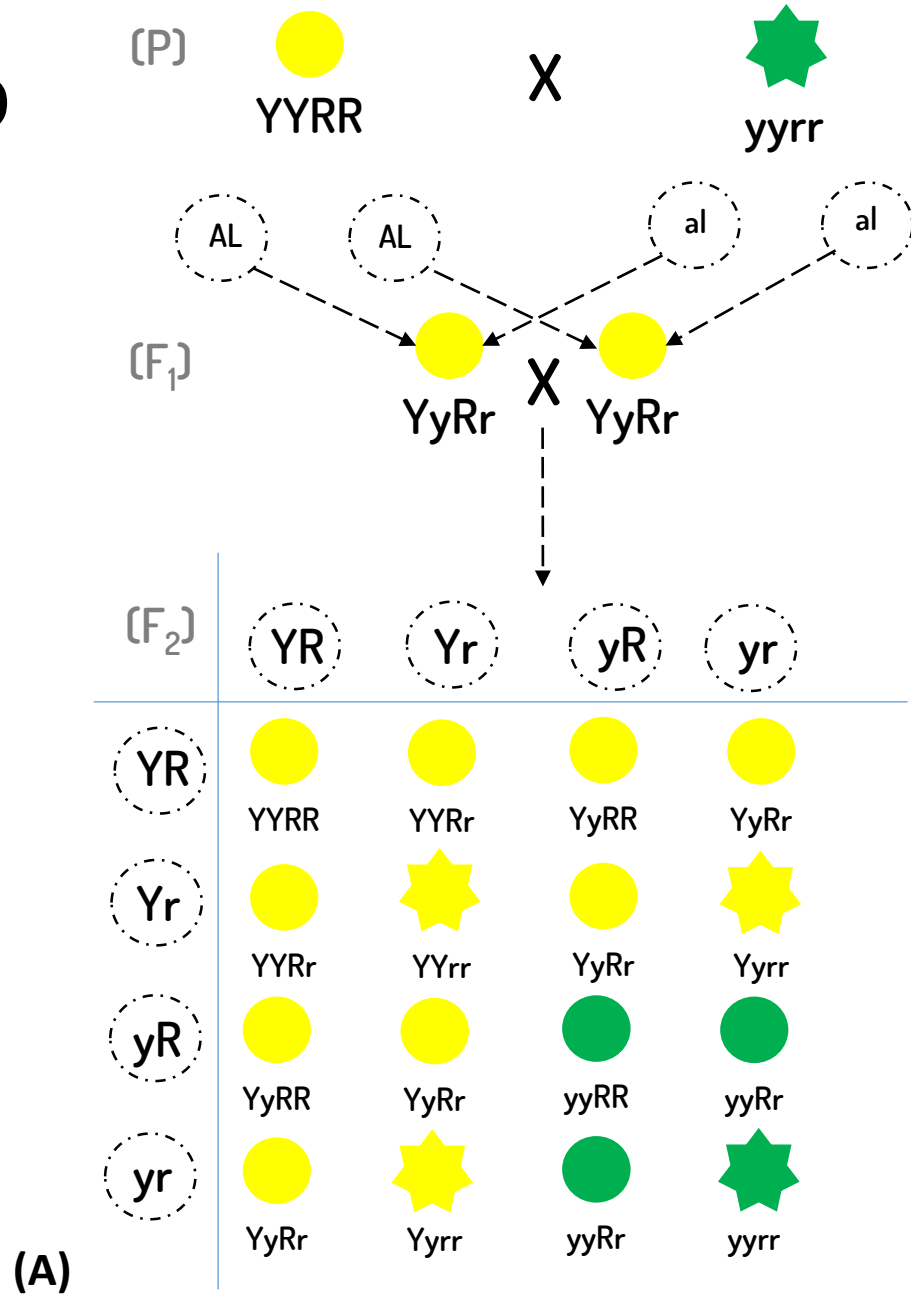


Image modified from "[Mendel seven characters](#)," by Mariana Ruiz Villareal (public domain).

DIHYBRID CROSSES



CROSSES BETWEEN F₁ DIHYBRIDS

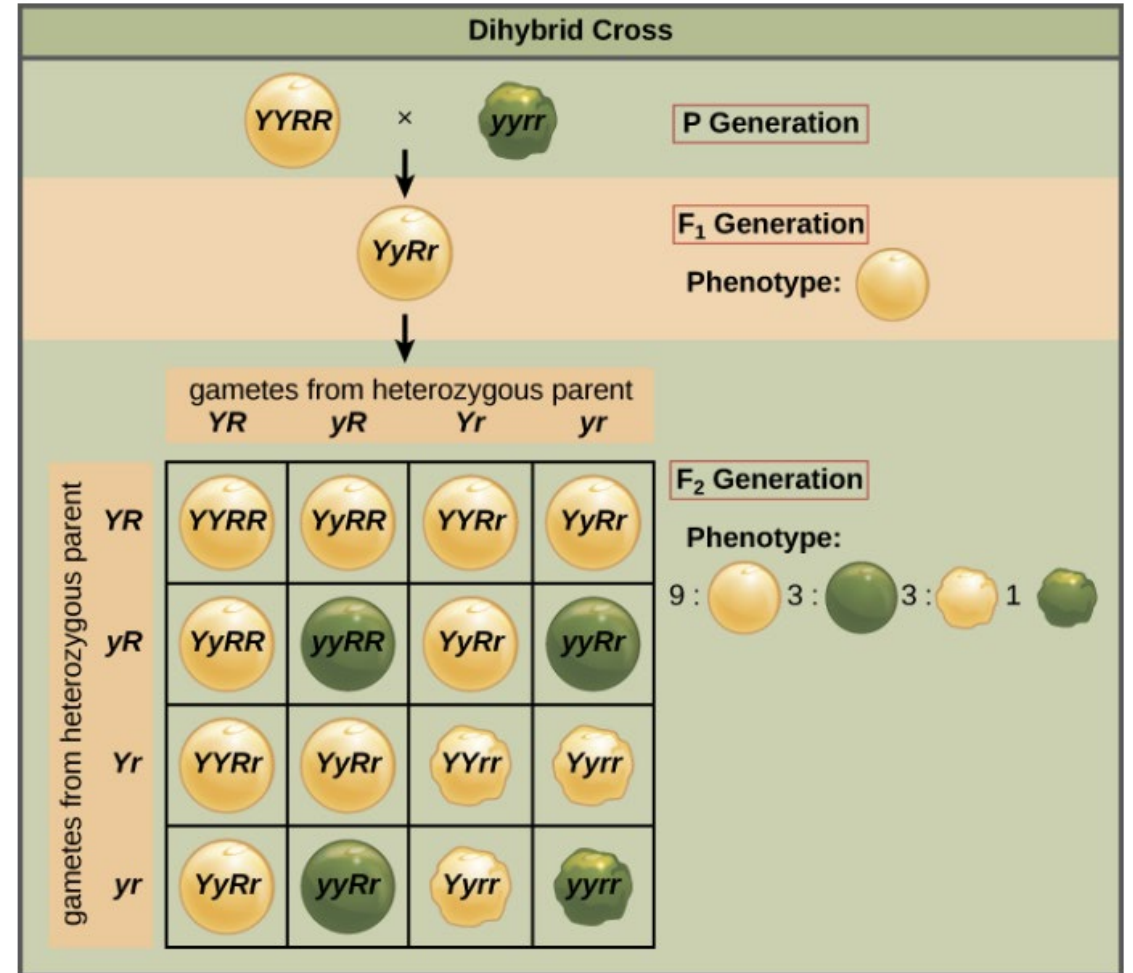


Image credit: "Laws of inheritance: Figure 2," by OpenStax College, Biology, CC BY 4.0.

Law of Independent Assortment (traits): alleles of two (or more) different genes get sorted into gametes independently of one another. In other words, the allele a gamete receives for one gene does not influence the allele received for another gene.

Only happens unlinked genes, that is, genes that are on different chromosomes or very far within the same chromosome.

[Introduction](#)

[Arm folding](#)

[Asparagus urine](#)

[Attached earlobe](#)

[Beeturia](#)

[Bent pinkie](#)

[Cheek dimples](#)

[Cleft chin](#)

[Darwin's tubercle](#)

[Earwax](#)

[Eye color](#)

[Hair color](#)

[Hair whorl](#)

[Hand clasping](#)

[Hitchhiker's thumb](#)

[Mid-digital hair](#)

[PTC tasting](#)

[Toe length](#)

[Tongue rolling](#)

[Widow's peak](#)

CANONICAL MENDELIAN GENE:

- 1 gen 1 trait
 - 2 alleles
- Dominant > Recessive



<https://udel.edu/~mcdonald/mythintro.html>

PIONEER HI-BRED (H. Wallace, 1926)

Primeras variedades híbridas de maíz

- **Mayor rendimiento (vigor híbrido/heterosis)**
- **Uniformes**
- **Segregación (distintas a las parentales, razas puras)**
- **DEPENDENCIA DEL AGRICULTOR**

1934-2007 UNAS 2250 VARIEDADES DE DIFERENTES CULTIVOS HAN SIDO GENERADAS A PARTIR DE, AL MENOS, UN PARENTAL CON UNA MUTACIÓN ARTIFICIAL

MUTAGÉNESIS POR RAYOS X (H. Stubbe, 1928)

Tomate, soja y otros

GENERACIÓN DE POLIPLOIDES USANDO COLCHICINA (1937)

LA REVOLUCIÓN VERDE



Norman E. Borlaug

- Surgen los cultivares o variedades “de élite”.
- Grandes empresas empiezan a absorber semilleros (Monsanto, Syngenta)
- Disminución del número de cultivos (**Erosión Genética**).



Fritz Haber

- Programa basado en la **Mejora Clásica** (cruzamientos + selección).
- Introducción de semillas en zonas desfavorecidas (México, India, Pakistán).
- Premio Nobel de la Paz, 1970.

- Desarrolla el **Proceso de Haber-Bosch** (para la síntesis de amoníaco y productos nitrogenados).
- Papel importante en la guerra química de la I Guerra Mundial.
- Premio Nobel de Química, 1918.

BENJAMÍN LABATUT

Un verdor terrible




ANAGRAMA
Narrativas hispánicas

Fritz Haber: la cara y la cruz de un premio Nobel

Compartir:    

Fritz Haber. «Aus Leben und Beruf: Aufsätze, Reden, Vorträge.» Springer, 1927

CULTURA

13/11/2018

El 40 % de la población mundial no existiría, según constatan algunos estudios, si no fuera por las investigaciones de Fritz Haber sobre la síntesis del amoníaco a partir de sus elementos, una solución que ha permitido fertilizar los campos hasta la actualidad. Sin embargo, Haber no solo dio vida al mundo, sino que también extendió la muerte con la creación del gas que mataría a miles de personas durante la Primera Guerra Mundial y el holocausto nazi.

(1909) CICLO DE HABER-BOCH: generación de amoníaco a partir de hidrógeno y nitrógeno en estado gaseoso

(1918) PREMIO NOBEL DE QUÍMICA

(1960-1980) REVOLUCIÓN VERDE

"En tiempos de paz, un científico pertenece al mundo, pero en tiempos de guerra pertenece a su país".

Fabricación de explosivos a gran escala: se convierte en defensor de las armas químicas y trabaja en el desarrollo de gases tóxicos (cloro, fosgeno, gas mostaza), causando decenas de miles de muertes durante la Primera Guerra Mundial.

(1915) Su esposa, **Clara Immerwahr**, una de las primeras mujeres doctoradas en química en Alemania y firme pacifista, **se suicidó** con la pistola de Haber tras la primera gran ofensiva química en Ypres.

Probablemente para limpiar su imagen comenzó a trabajar en la **producción de pesticidas**. Su laboratorio desarrolló el **Zyklon B**, un insecticida basado en cianuro.

Irónicamente, sería **usado en los campos de exterminio nazis** para asesinar a miles de judíos. Entre 1942 y 1943 se enviaron 19 toneladas de este material al campo de Auschwitz-Birkenau, donde acabaría **muriendo la propia familia judía de Fritz Haber**.

LA REVOLUCIÓN VERDE

- Comienza la “preocupación” por conservar los recursos que se está perdiendo.
- En la actualidad se conservan unos 7,4 millones de entradas en 1750 bancos de germoplasma (“Centros de Diversidad Terciarios”).
 - Se estima que 2 millones de entradas son distintas.

Svalbard Global Seed Vault

<https://www.seedvault.no/>

1.267.127 seed samples
102 genebanks
6.143 species



LOGROS DE LA GENÉTICA MODERNA: RENDIMIENTO



Maíz (EEUU)

2200 Kg/ha (1940s)

+2-4% anual



7000 Kg/ha (1990s)

- Resistencia al encamado
- Aumento fertilidad floral



Trigo (España)

600-700 Kg/ha (1900)

+Aumento del grano



2200 Kg/ha (2000)

- Variedades enanas
- Aumento índice de cosecha



Soja (EEUU)

~1000 Kg/ha (1902)

+0,8% anual



2300 Kg/ha (1977)

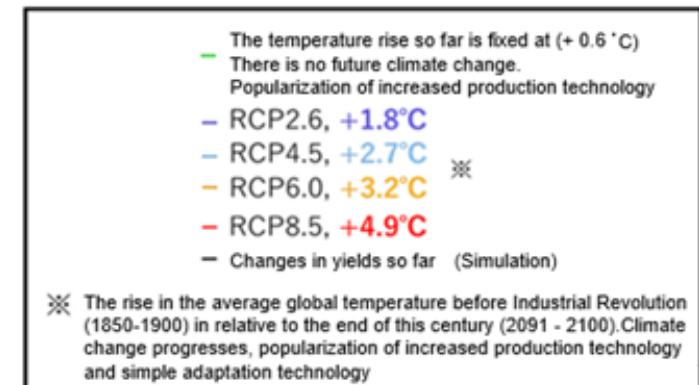
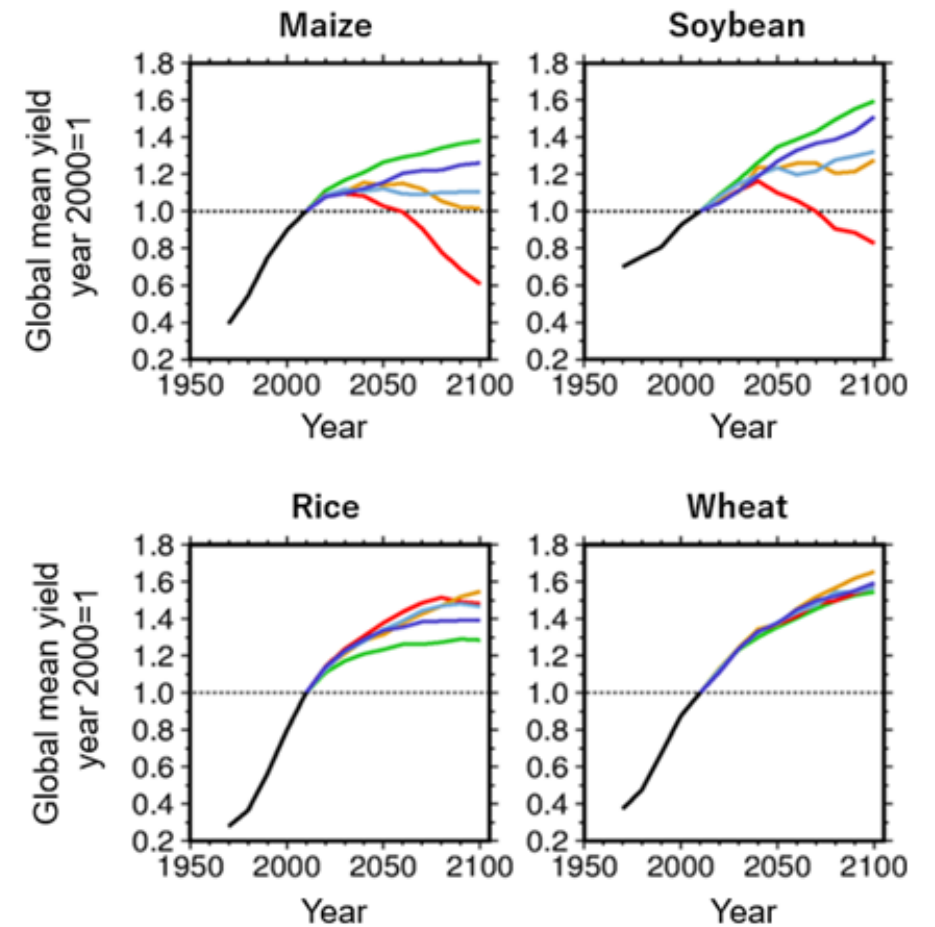
- Resistencia al encamado
- Variedades enanas

LOGROS DE LA GENÉTICA MODERNA: RENDIMIENTO

- Se estima que durante el SXX se han producido incrementos medios del 1% anual en cultivos de interés (hay que tener en cuenta la influencia de la mejora de las técnicas agronómicas). **Sinergia MEJORA y AGRONOMÍA.**
- Variedades comerciales muy productivas; muy complicado mantener esos niveles.
- Se han seleccionado los mejores alelos (**Modelo Aditivo**).

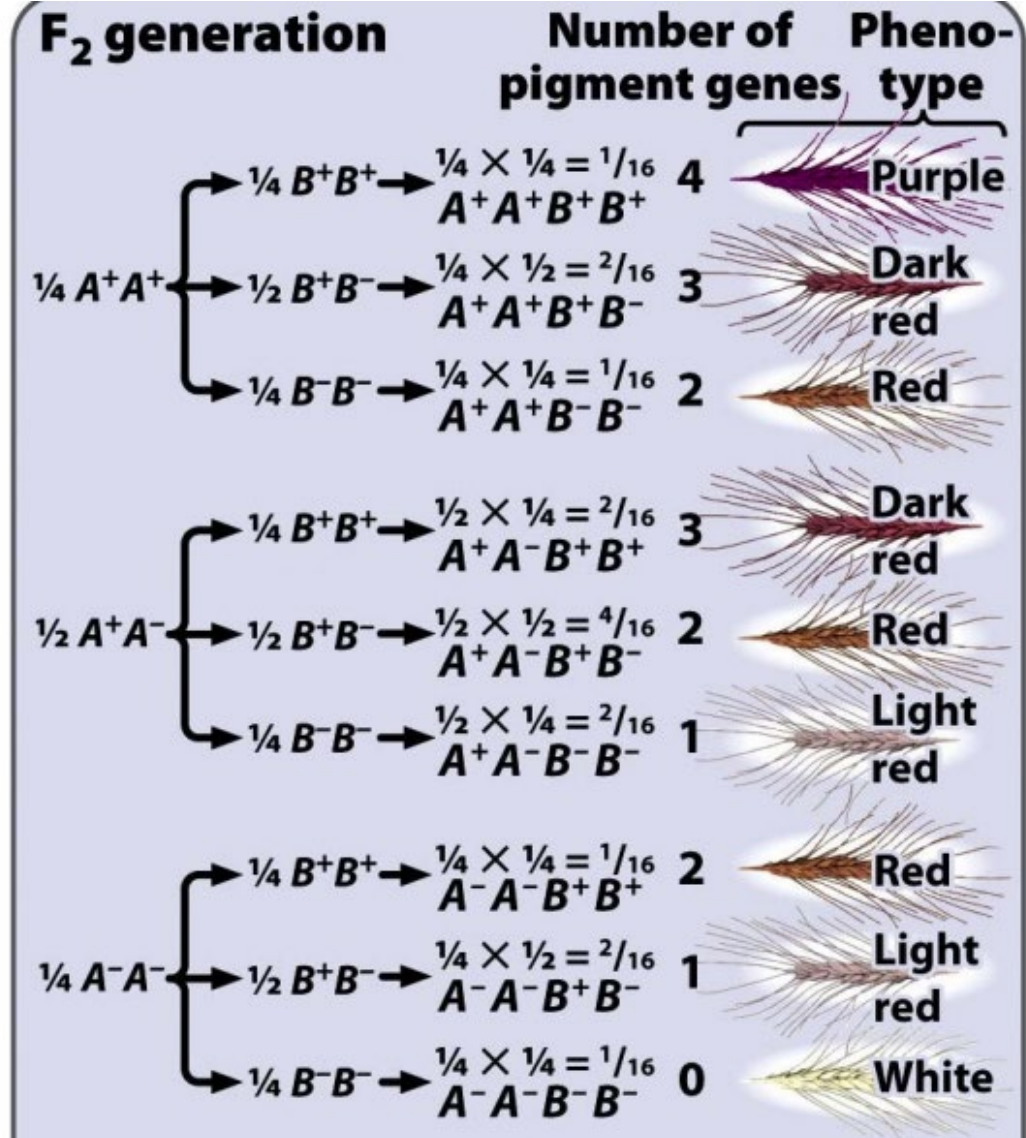
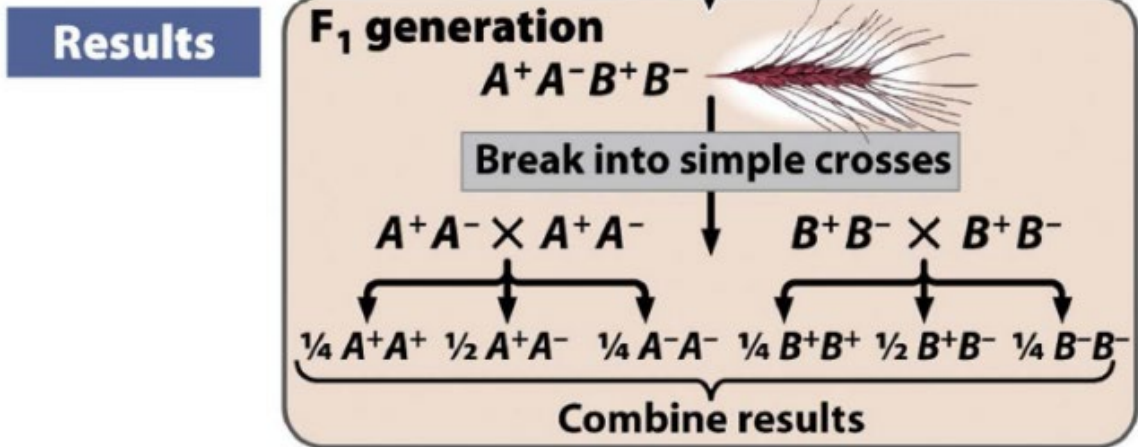
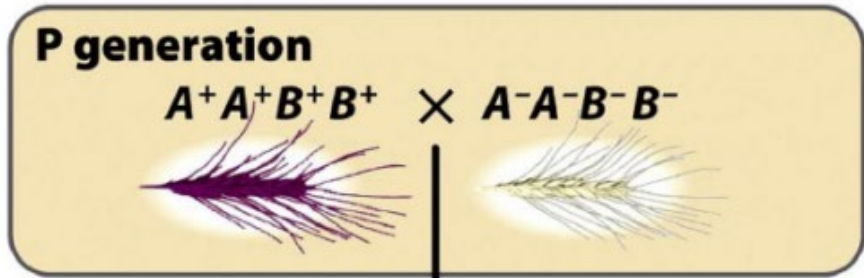


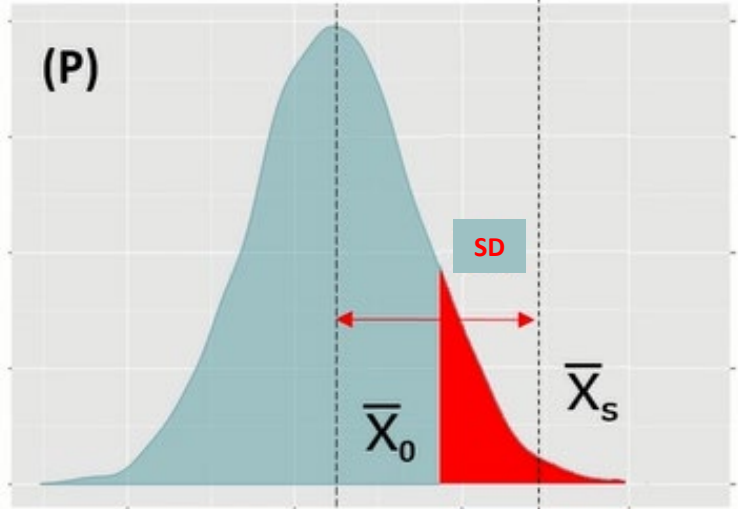
ESTANCAMIENTO DEL INCREMENTO DEL RENDIMIENTO (“YIELD STAGNATION”)



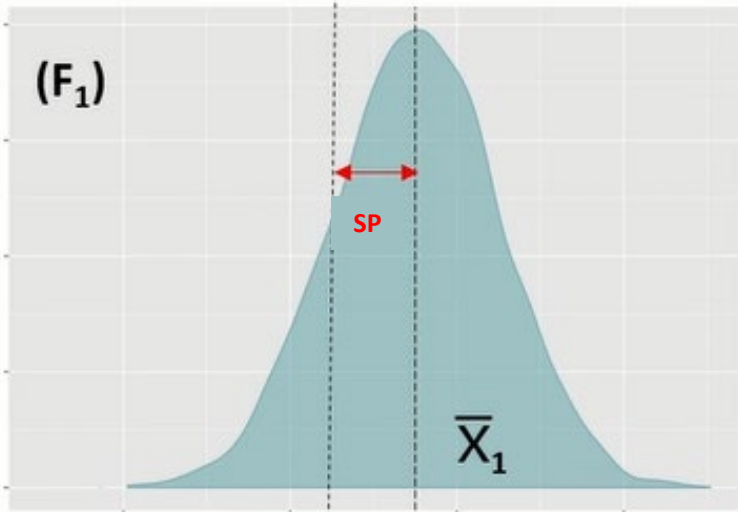
Nilsson-Ehle Experiment (1909)

Methods Cross wheat having white kernels and wheat having purple kernels. Intercross the F₁ to produce F₂.





$$h^2 = \frac{\text{selection progress}}{\text{selection differential}} = \frac{|x_1 - x_0|}{|x_s - x_0|}$$



LOGROS DE LA GENÉTICA MODERNA: CALIDAD

DEMANDA DE CONSUMO Y PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS

Mejorar las propiedades organolépticas que hacen más atractivo un producto o atender a las demandas de consumo.

Trigo harinero con mayor calidad de gluten, variedades de **trigo duro** con mayor contenido en carotenos (color a la pasta), **girasol** con mayor contenido en ácido oleico, **frutas** con más azúcares y sabor potenciado.

VALOR NUTRICIONAL Y BIOFORTIFICACIÓN

Enriquecer con un nutriente determinado o aumentar la concentración de alguno ya presente.

Efecto antioxidante o reductoras del colesterol (resveratrol -**uva**-, licopeno -**tomate**-, alicina -**ajo** y **cebolla**-, antocianinas -**cerezas, ciruelas, arándanos, frambuesas**-, isoflavonoides -**soja**, beta-caroteno (vit A) -**arroz**).

PROPIEDADES POSTCOSECHA

Aumento de la vida útil (*shelf life*) después del cosechado.

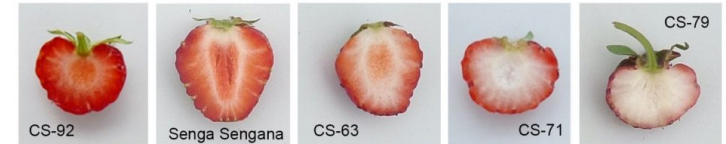
Frutos firmes, que aguanten el manejo, los golpes y la conservación en frío. **Frutas** con piel más gruesa.

A



1. Blanco 2. Rosado 3. Anaranjado 4. Rojo 5. Burdeos

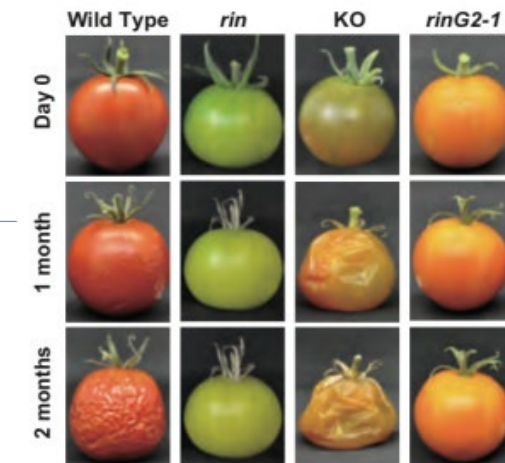
B



3. Rojo *FaMYB10/FaMYB10* 2. Intermedio *FaMYB10/famyb10* 1. Blanco *famyb10/famyb10*



Wild type Golden Rice 1 Golden Rice 2



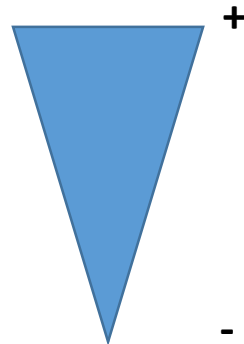
Variedad según el Mercado del Fruto

MERCADO DEL SNACK			
VARIEDAD	TAMAÑO DEL FRUTO	% FRUTO VACÍO	% FRUTO ABIERTO
Kerman	Grande	Alto	Bajo
Sirora	Medio	Medio	Alto
Kastel	Grande	Medio	Bajo
Golden Hill	Grande	Medio	Alto
Lost Hill	Grande	Medio	Alto
MERCADO DE LA INDUSTRIA			
VARIEDAD	TAMAÑO DEL FRUTO	% FRUTO VACÍO	% FRUTO ABIERTO
Aegina	Medio	Medio	Medio
Avdat	Medio	Medio	Alto
Larnka	Medio	Bajo	Alto
Mateur	Medio	Bajo	Alto

LOGROS DE LA GENÉTICA MODERNA: RESISTENCIA A ENFERMEDADES Y PLAGAS

GENERALIDAD (cultivos gran extensión): 2-3 enfermedades + 2-3 insectos
Dinamismo patógenos (aparición de nuevas variantes/razas virulentas)

Hongos
Bacterias
Virus
Insectos



**OBTENCIÓN DE
VARIEDADES
RESISTENTES**

CLAVES VARIEDADES DURADERAS

- Resistencias **poligénicas** (difícil transferencia a las variedades de interés comercial).
- Mutaciones recesivas en **genes de susceptibilidad** (requeridos por el patógeno).

LOGROS DE LA GENÉTICA MODERNA: RESISTENCIA A FACTORES ABIÓTICOS

ADAPTACIÓN A **CONDICIONES EDAFO-CLIMÁTICAS** MUY DIVERSAS Y DIFERENTES A LAS ORIGINALES



- **Ciclo Corto:** producción en climas extremos
- **Ciclo Medio:** de invierno (con vernalización) o de primavera (sin vernalización).
- **Ciclo Largo:** insensibles al fotoperiodo (se pueden sembrar en otoño o en primavera).

CONTEXTO DE **CAMBIO CLIMÁTICO**



- Resistencia a **sequía**.
- Tolerancia al **calor**.
- Tolerancia a alta **salinidad**.
- Tolerancia a **pHs extremos**.
- Tolerancia a **fitotóxicos**.

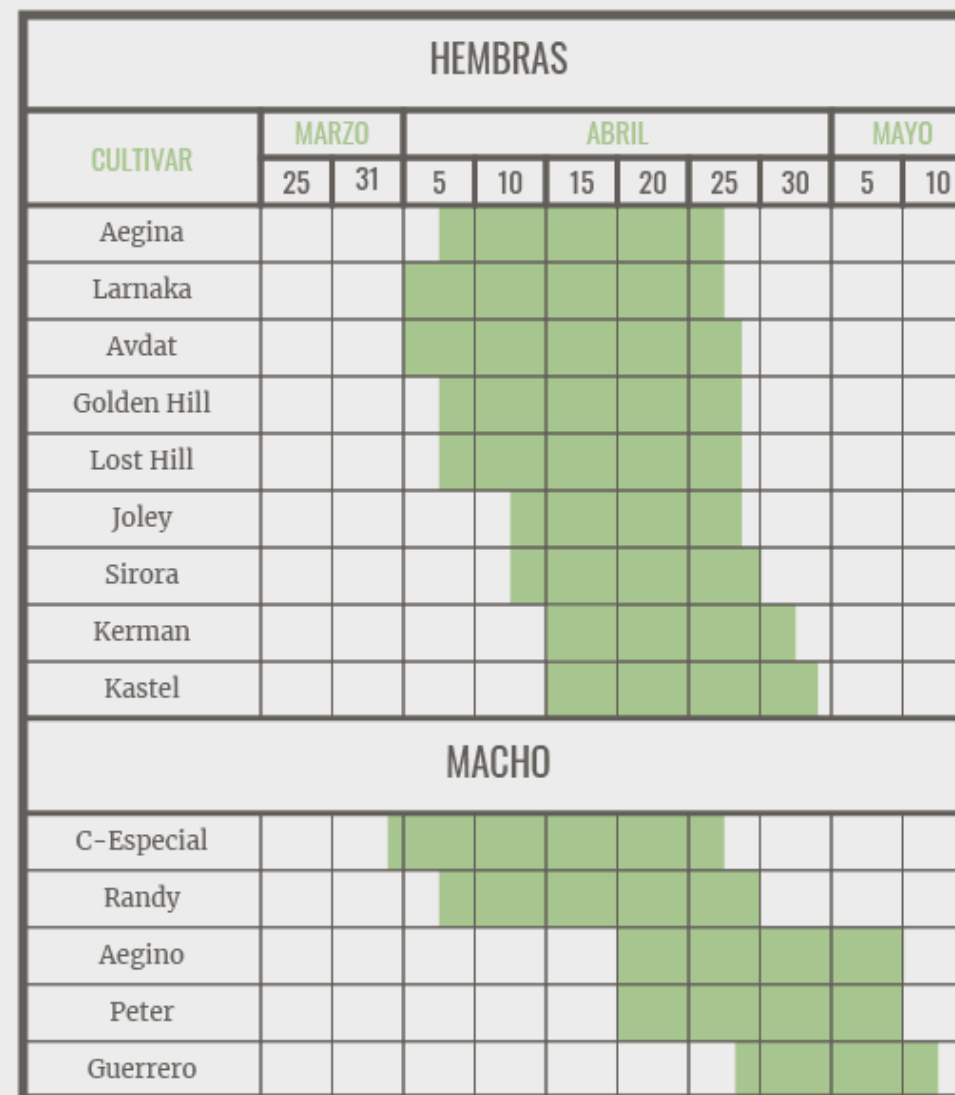
...

COMBINACIONES DE VARIEDADES MACHO Y HEMBRA DE PISTACHO EN FUNCIÓN DE SU CICLO DE FLORACIÓN

Variedad de Pistacho Macho según Hembra

VARIEDAD HEMBRA	VARIEDAD MACHO
Aegina	C-Especial
Avdat	C-Especial
Kastel	Peter
Kerman	Peter
Larnaka	C-Especial
Mateur	C-Especial
Sirora	C-Especial
Golden Hill	Randy
Lost Hill	Randy

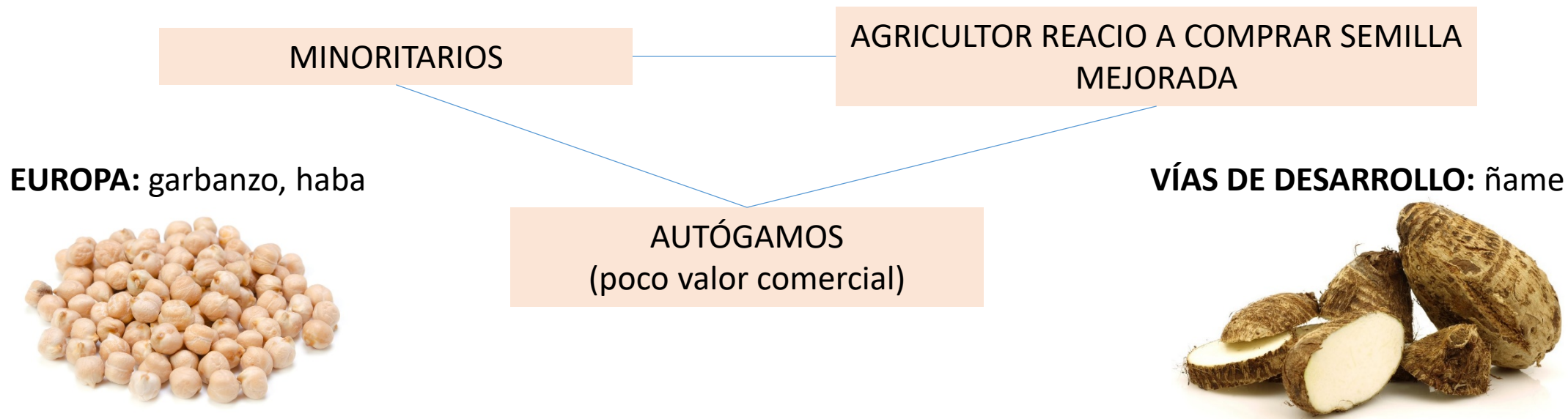
Fecha Media Floración de Variedades de Pistacho



LOS CULTIVOS HUÉRFANOS

La mejora a nivel global se ha centrado en los **cultivos más productivos a nivel económico**: maíz, soja, trigo, arroz, girasol, tomate, pimiento, melón, lechuga, ciruela, melocotón, etc.

Los **cultivos huérfanos** son aquéllos que se han mejorado poco desde el punto de vista comercial y todavía se utilizan las variedades locales.



LOS PROGRAMAS DE MEJORA COMERCIALES

Todas las operaciones encaminadas a la obtención de nuevos cultivares

Facturación de los diversos sectores económicos de la agricultura a nivel mundial (2012)

<i>Sector</i>	<i>Facturación (millones de \$)</i>
Mejora vegetal (semillas)	40000
Agroquímicos	54000
Maquinaria agrícola	116000
Fertilizantes	175000

- **Duración** en torno a 8-10 años.
- **Costes:**
 - Mano de obra.
 - Costes de campo y maquinaria.
 - Uso de herramientas biotecnológicas (laboratorio de biología molecular, laboratorio de cultivo in vitro y fitopatología).
 - Patentes y registros vegetales.
- **Tecnología** no necesariamente muy sofisticada.

LOS PROGRAMAS DE MEJORA COMERCIALES

Grupo Consultivo para la Investigación Internacional en Agricultura

Datos de centros del CGIAR relacionados con la mejora vegetal en 2021

Centro	Sede central	Año de fundación	Cultivos	Presupuesto
CIMMYT	El Batán, Méjico	1966	Trigo, maíz	94,9
IRRI	Los Baños, Filipinas	1960	Arroz	48,4
CIAT	Cali, Colombia	1966	Alubias, casava, arroz, forrajeras tropicales	81,1
ICRISAT	Patancheru, India	1972	Sorgo, mijo, guisante, garbanzo	46,7
CIP	Lima, Perú	1974	Patata, patata dulce y otros tubérculos	41,1
IITA	Ibadan, Nigeria	1967	Arroz, maíz, casava, soja, batata	99,8
World Agroforestry	Nairobi, Kenia	1977	Especies agroforestales	46,1
AfricaRice	Bouaké, Costa de Marfil	1970	Arroz	19,4
ICARDA	Beirut, Líbano	1976	Cebada, trigo, lenteja, haba, alubia, garbanzo	26,7

CGIAR. Datos en millones de \$.

Principales empresas de mejora vegetal a nivel mundial en 2017

Empresa	País	Facturación	Principales cultivos
Bayer-Monsanto	Alemania	12 700	Extensivos/hortícolas
Corteva Agriscience	Estados Unidos	8 100	Extensivos/hortícolas
ChemChina-Syngenta	China-Suiza	2 800	Extensivos/hortícolas
Limagrain	Francia	1 900	Extensivos/hortícolas
KWS	Alemania	1 600	Extensivos/hortícolas
Sakata Seed	Japón	560	Hortícolas
DLF	Dinamarca	540	Forraje y césped
Long Ping High-Tech	China	490	Extensivos
Rijk Zwaan	Países Bajos	480	Hortícolas
Takii Seed	Japón	460	Hortícolas
Barenbrug	Países Bajos	290	Hortícolas
Enza Zaden	Países Bajos	280	Hortícolas
Bejo Zaden	Países Bajos	270	Hortícolas
Florimond Desprez	Francia	260	Extensivos
RAGT Semences	Francia	240	Extensivos
Advanta Seeds (UPL)	India	230	Extensivos
Beidahuang Kenfeng Seed	China	220	Extensivos
Euralis Semences	Francia	190	Extensivos
InVivo	Francia	190	Extensivos

Zhang (2018). Datos en millones de \$.

EL FUTURO DE LA MEJORA: RETOS

CAMBIO CLIMÁTICO

NUEVAS ENFERMEDADES

NUEVOS GUSTOS, NUEVOS MERCADOS

*Ejemplos de genes implicados en la domesticación (D)
y en la obtención de variedades locales (VL)*

<i>Cultivo</i>	<i>Carácter</i>	<i>Nombre del gen</i>	<i>Proteína codificada</i>	<i>Proceso</i>
Arroz	Panícula indehiscente (sin abscisión en capas)	<i>SH4-1</i>	Factor de transcripción	D
Arroz	Crecimiento asimétrico del tallo base (lleva a crecimiento erecto)	<i>PROG1</i>	Factor de transcripción	D
Cebada	Semilla desnuda (reducción adhesión carióspside-gluma)	<i>Nud</i>	Factor de transcripción	D
Cebada	Raquis tenaz (pared celular más gruesa en nudo del raquis)	<i>btr1 /btr2</i>	-	D
Colza	Cambio en la duración del ciclo	<i>BnFLC.A10</i>	Factor de transcripción	D
Coliflor, brócoli	Proliferación de inflorescencias	<i>CAL</i>	Factor de transcripción	D
Fresón	Sin producción de monoterpenos tóxicos	<i>FaPINS</i>	Enzima	D
Maíz	Cambio arquitectura de la inflorescencia	<i>ra1</i>	Factor de transcripción	D
Trigo	Menor dehiscencia de la espiga (raquis fuerte)	<i>WAP2(Q)</i>	Factor de transcripción	D
Arroz	Mayor tamaño de semilla (aumento de número de células)	<i>GW5</i>	Ligasa de proteína ubiquitina	VL

<i>Cultivo</i>	<i>Carácter</i>	<i>Nombre del gen</i>	<i>Proteína codificada</i>	<i>Proceso</i>
Arroz	Planta enana	<i>SD1</i>	Enzima síntesis hormona	VL
Arroz	Grano glutinoso	<i>OsGBSSI</i>	Enzima	VL
Cebada	Dos carreras / seis carreras (arquitectura de la inflorescencia)	<i>VRS1</i>	Factor de transcripción	VL
Cebada	Resistencia a rinosporiosis	<i>RRS2</i>	Receptor ligando	VL
Fresa	Floración continua	<i>KSN</i>	Factor de transcripción	VL
Maíz	Endospermo amarillo	<i>PSY1</i>	Factor de transcripción	VL
Maíz	Impide desarrollo meristemo auxiliar	<i>BA1</i>	Factor de transcripción	VL
Maíz	Sabor dulce (biosíntesis almidón alterada)	<i>Su1</i>	Enzima	VL
Soja	Crec. determinado de los brotes con inflorescencia terminal	<i>GmTFL1b</i>	Cofactor de transcripción	VL
Tomate	Fruto mayor (debido a mayor proliferación celular)	<i>FAS</i>	Factor de transcripción	VL
Tomate	Expansión del cuello del fruto del tomate	<i>OVATE</i>	Factor de transcripción	VL
Tomate	Frutos con 3-4 lóculos en lugar de 2	<i>LC</i>	Factor de transcripción	VL
Vid	Falta de antocianinas (uva blanca)	<i>MybA</i>	Factor de transcripción	VL

A partir de datos de Meyer y Purugganan (2013). Mayúscula, alelo dominante; minúscula, alelo recesivo.

CLASIFICACIÓN DE LOS CARACTERES AGRONÓMICOS:

1.- RENDIMIENTO: considerado el más importante por afectar a la productividad (tamaño de las distintas partes de la planta, número de frutos, espigas, ramificaciones, etc.).

2.- CALIDAD: se buscan productos de características mejoradas (organolépticas o en cuanto a contenido nutricional).

3.- RESISTENCIA A ESTRESSES BIÓTICOS: enfermedades que producen microorganismos patógenos (hongos, virus, bacterias) o plagas (insectos y nematodos).

4.- RESISTENCIA A ESTRESSES ABIÓTICOS: factores de naturaleza no biológica (sequía, calor, concentración de ciertas sustancias, etc.).



<https://www.elcorteingles.es/supermercado/0110118165500846-brocoli-penca-pieza-500-g/>



<https://www.elcorteingles.es/supermercado/0110118160300275-coles-de-bruselas-micro-bolsa-350-g/>



<https://www.elcorteingles.es/supermercado/0110118102300045-uva-blanca-sin-semillas-seleccion-al-peso/>



<https://www.elcorteingles.es/supermercado/0110118107600696-tomate-tipo-raf-asurcado-al-peso/>



<https://www.elcorteingles.es/supermercado/0110118166701021-trevijano-quinoa-tricolor-bolsa-150-g/>



<https://www.elcorteingles.es/supermercado/0110118141800369-el-corte-ingles-seleccion-pistachos-tostados-de-espana-tarrina-375-g/>