

PREGUNTAS T2

1. Cada replica tiene la cantidad de la especie pero, se ¿expresan todos los genes?

Un gen: activo e inactivo. Recuérdese que un gen es un fragmento de ADN que normalmente incluye una región que codifica una proteína. Todas las células de un organismo tienen esencialmente el mismo conjunto de genes en su ADN. Para hacer una proteína, la región codificadora de un gen se transcribe primero en unas copias de ARN que son luego traducidas para hacer una proteína de un tipo particular: la información pasa del ADN al ARN a la proteína. En la medida en que este proceso de fabricar ARN y proteínas a partir de un gen está en marcha en una célula, podemos decir que el gen está activo o que se está expresando. Cuando un gen está activo, el ARN y la proteína correspondientes se acumulan en la célula. En algunas células, sin embargo, la transcripción de la región codificadora de un gen en ARN puede no tener lugar, de modo que no se producen moléculas de ARN o proteínas a partir de este gen. El gen sigue estando ahí, en el núcleo de la célula, pero en este caso se dice que está inactivo o que no se expresa. El hecho de que un gen esté activo o inactivo en una célula no es una cuestión aleatoria, sino algo perfectamente regulado. En cualquier momento durante el desarrollo de un organismo, un gen puede estar activo en algunas células y ese mismo gen estar inactivo en otras. Puede haber células en una parte del organismo, digamos por ejemplo en el hígado, en las que un gen en particular se esté expresando, y células en otras partes, por ejemplo en el cerebro, en el que este mismo gen no se esté expresando. Podemos referirnos a esta pauta regional de la actividad de los genes como la pauta de expresión del gen. Este es un concepto fundamental al que me referiré muchas veces, así que es importante recordar que la pauta de expresión de un gen se refiere a en qué lugares del organismo este gen está activo o inactivo en un momento dado.

La forma más fácil de determinar si un gen está activo o inactivo en una célula es averiguar si las moléculas de ARN o de proteína derivadas de este gen están presentes en la célula o no. Si el gen está activo, el ARN y la proteína correspondientes tienen que estar presentes en la célula; mientras que si está inactivo, estos productos estarán ausentes. Identificar los productos de un gen concreto es una tarea complicada porque hay decenas de miles de genes en el ADN de cada célula y cada uno de ellos codifica una proteína diferente.

2. ¿Cuáles son las leyes de Mendel?

Gregor Mendel es considerado padre de la genética moderna, a la que contribuyó enormemente con sus investigaciones sobre herencia mediante la enunciación de las 3 leyes aquí comentadas. En resumen, Mendel demostró que:

En la **primera Ley**, al realizar los cruces de dos razas puras, la primera generación filial resultarían heterocigotos y dominantes.

Con la **segunda ley**, al cruzar unos ejemplares del resultado de la F1 observó que las características que habían desaparecido en la primera generación, volvían a manifestarse en la segunda generación.

En la **tercera ley**, se hace referencia al caso de que se contemplen dos caracteres distintos. Cada uno de ellos se transmite siguiendo de manera independiente las leyes anteriores, como si no existiera presencia del otro carácter.

1ª ley de Mendel: Principio de la uniformidad de los heterocigotos de la primera generación filial

Establece que si se cruzan dos razas puras (un homocigoto dominante con uno recesivo) para un determinado carácter, los descendientes de la primera generación serán todos iguales entre sí, fenotípica y genotípicamente, e iguales fenotípicamente a uno de los progenitores (de genotipo dominante), independientemente de la dirección del cruzamiento. Expresado con letras mayúsculas las dominantes (A = amarillo) y minúsculas las recesivas (a = verde), se representaría así: AA x aa = Aa, Aa, Aa, Aa. En pocas palabras, existen factores para cada carácter los cuales se separan cuando se forman los gametos y se vuelven a unir cuando ocurre la fecundación.

	A	A
a	Aa	Aa
a	Aa	Aa

2.ª ley de Mendel: Ley de la segregación de los caracteres en la segunda generación filial

Esta ley establece que durante la formación de los gametos, cada alelo de un par se separa del otro miembro para determinar la constitución genética del gameto filial. Es muy habitual representar las posibilidades de hibridación mediante un cuadro de Punnett.

Mendel obtuvo esta ley al cruzar diferentes variedades de individuos heterocigotos (diploides con dos variantes alélicas del mismo gen: Aa) y pudo observar en sus experimentos que obtenía muchos guisantes con características de piel amarilla y otros (menos) con características de piel verde, comprobó que la proporción era de 3/4 de color amarilla y 1/4 de color verde (3:1). Aa x Aa = AA, Aa, Aa, aa.

	A	a
A	AA	Aa

a	Aa	aa
---	----	----

3.ª ley de Mendel: Ley de la independencia de los caracteres hereditarios

En ocasiones es descrita como la 2.ª ley, en caso de considerar solo dos leyes (criterio basado en que Mendel solo estudió la transmisión de factores hereditarios y no su dominancia/expresividad). Mendel concluyó que diferentes rasgos son heredados independientemente unos de otros, no existe relación entre ellos, por lo tanto el patrón de herencia de un rasgo no afectará al patrón de herencia de otro. Solo se cumple en aquellos genes que no están ligados (es decir, que están en diferentes cromosomas) o que están en regiones muy separadas del mismo cromosoma. En este caso la descendencia sigue las proporciones. Representándolo con letras, de padres con dos características AALL y aall (donde cada letra representa una característica y la dominancia por la mayúscula o minúscula), por entrecruzamiento de razas puras (1.ª Ley), aplicada a dos rasgos, resultarían los siguientes gametos: AL x al = AL, Al, aL, al.

	AL	Al	aL	al
AL	AL-AL	Al-AL	aL-AL	al-AL
Al	AL-Al	Al-Al	aL-Al	al-Al
aL	AL-aL	Al-aL	aL-aL	al-aL
al	AL-al	Al-al	aL-al	al-al

Al intercambiar entre estos cuatro gametos, se obtiene la proporción AALL, AALI, AAIL, AAll, AaLL, AaLI, AaLL, AaLI, aALL, aALI, aALL, aAll, aaLL, aaLI, aaLL, aall.

Como conclusión tenemos: 9 con "A" y "L" dominantes, 3 con "a" y "L", 3 con "A" y "l" y 1 con genes recesivos "aall".

3. Leyes Mendelianas de la recombinación genética. En qué consisten las leyes de: la Segregación y la recombinación

La ley de la segregación nos permite predecir cómo se hereda una sola característica asociada a un solo gen.

Al cruzar entre sí dos dihíbridos los caracteres hereditarios se separan, puesto que son independientes, y se combinan entre sí de todas las formas posibles en la descendencia.

Si se cruzan líneas que difieren en más de un alelo, los alelos son independientes. Es decir, cada uno de los caracteres hereditarios se transmite a la prole con total independencia

de los restantes. Los **genes** son independientes entre sí, no se mezclan ni desaparecen generación tras generación.

Sin embargo hay que hacer una observación importantísima a la tercera ley de Mendel: **la transmisión independiente de los caracteres no se cumple siempre, sino solamente en el caso de que los dos caracteres a estudiar no se hayan transmitido juntos en el mismo cromosoma**. No se cumplen cuando los dos genes considerados se encuentran en un mismo cromosoma (en este caso los caracteres se transmiten ligados)

4. Generaciones parentales y filiales.
5. Segregación genética.
6. Cruces genéticos.
7. El chic cuadrado y su aplicación.
8. Mutaciones y causas selección artificial

1. Generaciones parentales y filiales

Generación filial:

Generación de individuos productos de cruzamientos. La primera generación se denomina F1, la segunda generación F2 y así sucesivamente. Son relativos a la generación parental.

Descendencia producida por un determinado apareamiento o cruce en una secuencia genética.

Generación filial: Es la descendencia de un cruce determinado.

Generación filial 1: Son los hijos de los primeros progenitores.

Generación filial 2: Son los nietos de los progenitores de la generación filial 1.

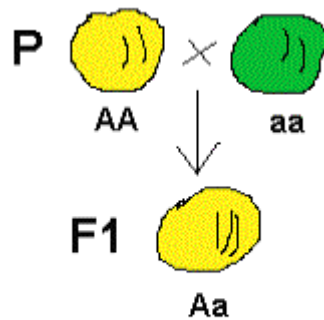
Generación filial: Es la descendencia producida por un determinado apareamiento o cruce en una secuencia genética.

Generación filial 1: Es la primera generación de descendientes híbridos resultantes de un cruce genético.

Generación filial 2: Es la segunda generación de descendientes híbridos resultantes de un cruce genético

Generaciones parentales

Las dos cepas de un organismo que constituyen el punto de partida de un experimento de cruzamientos genéticos; sus descendientes constituyen la generación F1.



5. Segregación genética

Separación de los cromosomas homólogos y su distribución aleatoria en los diferentes gametos en la meiosis.

Transmisión al azar de alelos de un locus de padres a hijos via meiosis. También conocido como primera ley de Mendel.

Proceso de separación de los alelos de un locus durante la meiosis: al separarse los dos cromosomas homólogos de un par, cada alelo pasa a un gameto distinto. En sentido más amplio se aplica a la separación de alelos y su distribución a células hijas diferentes, que se produce tanto en la meiosis como en la mitosis.



6. Cruces Genéticos

Reproducción sexual de dos individuos diferentes, que resulta en una prole que se queda con parte del material genético de cada progenitor.

Soraida Montejo
Gissele Zubieta
Ximena Villamil

Los organismos parientes deben ser genéticamente compatibles y pueden ser de variedades diferentes o de especies muy cercanas.

7. El cuadrado y su aplicación

El chi cuadrado

El estadístico ji-cuadrado (o chi cuadrado), que tiene distribución de probabilidad del mismo nombre, sirve para someter a prueba hipótesis referidas a distribuciones de frecuencias. En términos generales, esta prueba contrasta frecuencias observadas con las frecuencias esperadas de acuerdo con la hipótesis nula.

Prueba de ajuste a chi-cuadrado (χ^2)

Permite aceptar o rechazar, con un valor de probabilidad y unos grados de libertad determinados, una hipótesis de partida (H_0).

Para ello compara los valores esperados según la hipótesis con los valores observados en el experimento.

Su expresión es:

$$\chi^2 = \sum \frac{(\text{Observado} - \text{Esperado})^2}{\text{Esperado}}$$

Una vez obtenido hay que mirar tabla de χ^2 :

Grados de libertad	Probabilidad										
	0.95	0.90	0.80	0.70	0.50	0.30	0.20	0.10	0.05	0.01	0.001
1.	0.004	0.02	0.06	0.15	0.46	1.07	1.64	2.71	3.84	6.64	10.83
2.	0.10	0.21	0.45	0.71	1.39	2.41	3.22	4.60	5.99	9.21	13.82
3.	0.35	0.58	1.01	1.42	2.37	3.66	4.64	6.25	7.82	11.34	16.27
4.	0.71	1.06	1.65	2.20	3.36	4.88	5.99	7.78	9.49	13.28	18.47
5.	1.14	1.61	2.34	3.00	4.35	6.06	7.29	9.24	11.07	15.09	20.52
6.	1.63	2.20	3.07	3.83	5.35	7.23	8.56	10.64	12.59	16.81	22.46
7.	2.17	2.83	3.82	4.67	6.35	8.38	9.80	12.02	14.07	18.48	24.32
8.	2.73	3.49	4.59	5.53	7.34	9.52	11.03	13.36	15.51	20.09	26.12
9.	3.32	4.17	5.38	6.39	8.34	10.66	12.24	14.68	16.92	21.67	27.88
10.	3.94	4.86	6.18	7.27	9.34	11.78	13.44	15.99	18.31	23.21	29.59
No significativo									Significativo		

Datos: valor de X^2 y grados de libertad.

Buscar valor de X^2 obtenido (teniendo en cuenta el grado de libertad del problema) en la tabla.

Si la probabilidad de ajuste es mayor a 0.05 (No significativo) aceptamos la H_0 . Si es menor (significativo), rechazamos la H_0 .

EJEMPLO

El cruzamiento entre plantas de baya roja y hoja dentada y plantas de baya incolora y hoja lisa produjo toda la descendencia de bayas rojas y dentadas. Al cruzar esta descendencia entre sí, se obtuvo lo siguiente:

FENOTIPO	N° PLANTAS MUESTREADAS
Roja dentada	500
Roja lisa	200
Incolora dentada	160
Incolora lisa	140
	Nt= 1000

Soraida Montejo
Gissele Zubieta
Ximena Villamil

¿Son independientes la coloración de la baya y la forma de la hoja, y por tanto, los genes que los controlan?

SOLUCIÓN

1.- Plantear hipótesis de partida Los genes son independientes, por tanto esperamos en una F₂ las proporciones 9:3:3:1.

Fenotipo	Nº de plantas muestreadas	Nº plantas esperados
Roja dentada	500	$9/16 * 1000 = 562.5$
Roja lisa	200	$3/16 * 1000 = 187.5$
Incolora dentada	160	$3/16 * 1000 = 187.5$
Incolora lisa	140	$1/16 * 1000 = 62.5$
	Nt=1000	Nt= 1000

2.- Contrastar la hipótesis usando una chi cuadrado

$$X^2 = 107.9$$

$$G.L. = \text{fenotipos} - 1 = 4 - 1 = 3$$

3.- Mirar en la tabla de chi cuadrado el valor obtenido y mirar la probabilidad de ajuste.

Significativo: por tanto rechazamos hipótesis de partida o nula

8. Mutaciones y causas selección artificial

MUTACIONES

La definición que dio De Vries (1901) de la mutación era la de cualquier cambio heredable en el material hereditario que no se puede explicar mediante segregación o recombinación.

La definición de mutación a partir del conocimiento de que el material hereditario es el ADN y de la propuesta de la Doble Hélice para explicar la estructura del material hereditario (Watson y Crick, 1953), sería que una mutación es cualquier cambio en la secuencia de nucleótidos del ADN.

La mutación es la fuente primaria de variabilidad genética en las poblaciones, mientras que la recombinación al crear nuevas combinaciones a partir de las generadas por la mutación, es la fuente secundaria de variabilidad genética.

MUTACIÓN SOMÁTICA Y MUTACIÓN EN LA LÍNEA GERMINAL

Mutación somática: afecta a las células somáticas del individuo. Como consecuencia aparecen individuos mosaico que poseen dos líneas celulares diferentes con distinto genotipo. Una vez que una célula sufre una mutación, todas las células que derivan de

Soraida Montejo
Gissele Zubieta
Ximena Villamil

ella por divisiones mitóticas heredarán la mutación (herencia celular). Un individuo mosaico originado por una mutación somática posee un grupo de células con un genotipo diferente al resto, cuanto antes se haya dado la mutación en el desarrollo del individuo mayor será la proporción de células con distinto genotipo. En el supuesto de que la mutación se hubiera dado después de la primera división del cigoto (en estado de dos células), la mitad de las células del individuo adulto tendrían un genotipo y la otra mitad otro distinto. Las mutaciones que afectan solamente a las células de la línea somática no se transmiten a la siguiente generación.

Mutaciones en la línea germinal: afectan a las células productoras de gametos apareciendo gametos con mutaciones. Estas mutaciones se transmiten a la siguiente generación y tienen una mayor importancia desde el punto de vista evolutivo.

NIVELES MUTACIONALES

Es una clasificación de las mutaciones basada en la cantidad de material hereditario afectado por la mutación:

Mutación génica: mutación que afecta a un solo gen.

Mutación cromosómica: mutación que afecta a un segmento cromosómico que incluye varios genes.

Mutación genómica: mutación que afecta a cromosomas completos (por exceso o por defecto) o a juegos cromosómicos completos.

MUTACIÓN ESPONTÁNEA E INDUCIDA

Mutación espontánea: se produce de forma natural o normal en los individuos.

Mutación inducida: se produce como consecuencia de la exposición a agentes mutagénicos químicos o físicos.

MUTACIONES GÉNICAS

Sustituciones de bases: cambio o sustitución de una base por otra en el ADN.

Transiciones: cambio de una purina (Pu) por otra purina, o bien cambio de una pirimidina (Pi) por otra pirimidina.

Transversiones: cambio de una purina (Pu) por una pirimidina (Pi) o cambio de una pirimidina (Pi) por una purina (Pu).

Inserciones o adiciones y deleciones de nucleótidos: se trata de ganancias de uno o más nucleótidos (inserciones o adiciones) y de pérdidas de uno o más nucleótidos (deleciones). Tienen como consecuencia cambios en el cuadro o pauta de lectura cuando el número de nucleótidos ganado o perdido no es múltiplos de tres.

Duplicaciones: consiste en la repetición de un segmento de ADN del interior de un gen.

Soraida Montejo
 Gissele Zubieta
 Ximena Villamil

Inversiones: un segmento de ADN del interior de un gen se invierte, para ello es necesario que se produzcan dos giros de 180°, uno para invertir la secuencia y otro para mantener la polaridad del ADN.

Transposiciones: un segmento de un gen cambia de posición para estar en otro lugar distinto del mismo gen o en otro lugar del genoma.

TIPOS DE MUTACIONES GÉNICAS

En la siguiente tabla se resumen algunos tipos de mutaciones génicas en el ADN y en sus consecuencias en las proteínas.

Tipos de mutaciones génicas	Resultados y ejemplos
En el ADN	En el ADN
Transiciones	Pu→Pu o Pi→Pi: AT→GC, GC→AT, CG→TA y TA→CG
Transversiones	Pu→Pi o Pi→Pu: AT→CG, AT→TA, GC→TA, GC→CG, TA→GC, TA→AT, CG→AT y CG→GC
En la proteína	En la proteína
Mutación silenciosa	Tripletes que codifican para el mismo aminoácido: AAG(arg)→CGG(arg)
Mutación neutra	Tripletes que codifican para aminoácidos equivalentes distintos. AAA(lys)→AGA(arg). Ambos son aminoácidos básicos
Mutación cambio de sentido	Aparece un nuevo triplete que codifica para un aminoácido de distinto tipo. La proteína pierde su función.
Mutación sin sentido	Aparece un triplete de terminación o FIN: CAG(gln)→UAG(FIN)
Mutación cambio de fase o pauta de lectura	Adición o deleción de un único par de nucleótidos o de varios pares de nucleótidos, siempre que no sean múltiplo de tres.

MUTACIONES ESPONTÁNEAS

Las principales causas de las mutaciones que se producen de forma natural o normal en las poblaciones son tres:

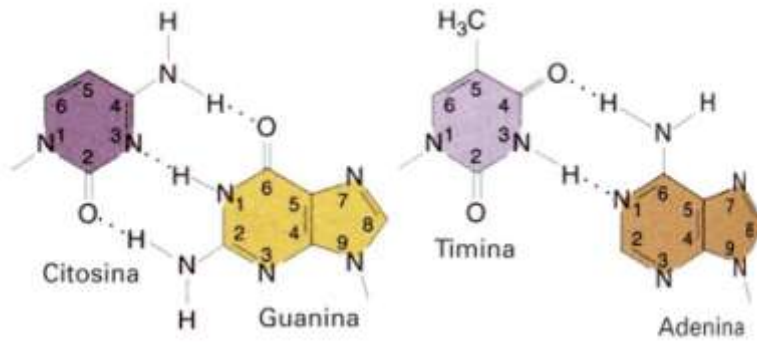
- ✓ Errores durante la replicación.
- ✓ Lesiones o daños fortuitos en el ADN.
- ✓ Los elementos genéticos transponibles.

ERRORES EN LA REPLICACIÓN

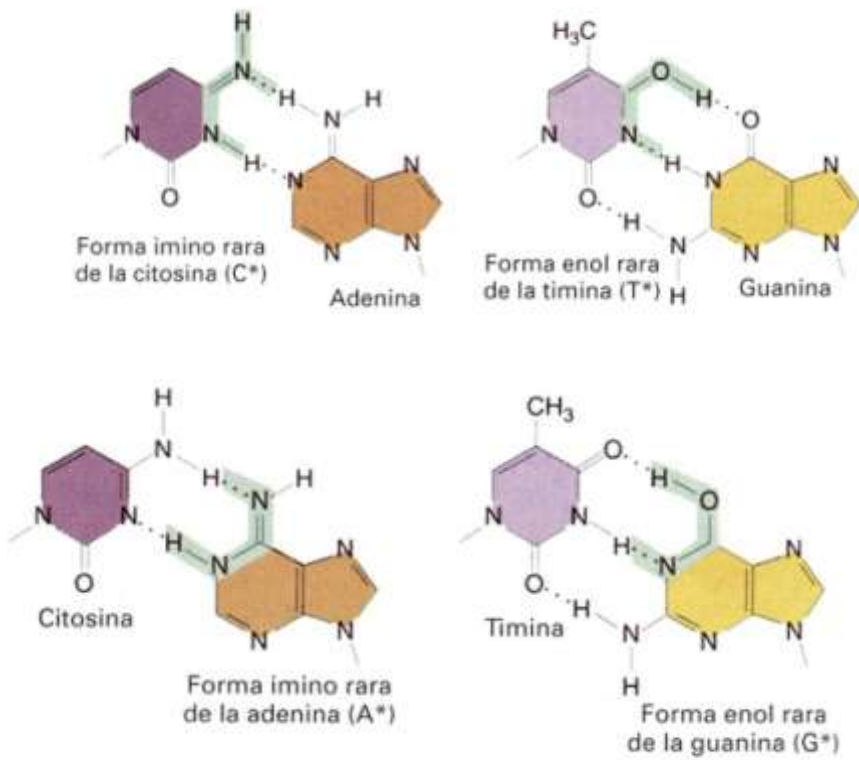
Tautomeria:

Emparejamiento entre las bases normales “ceto”

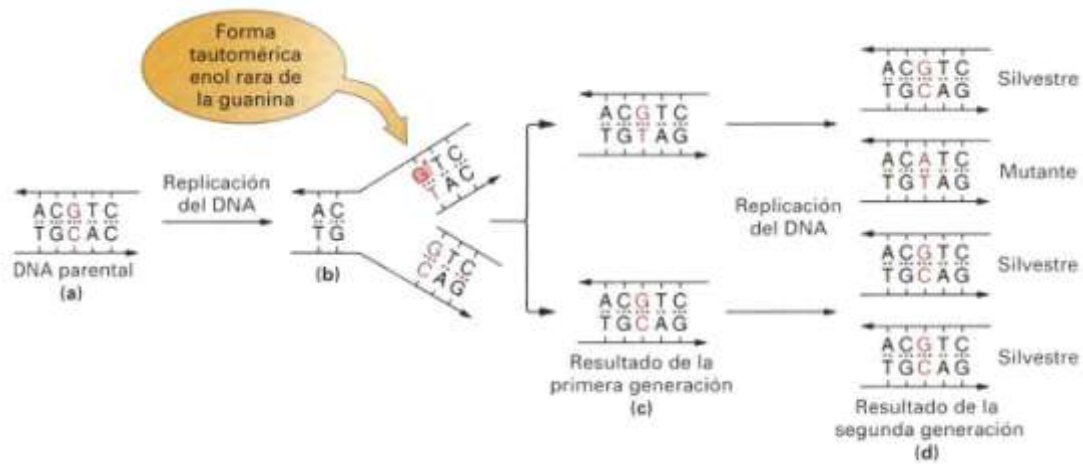
Soraida Montejo
Gissele Zubieta
Ximena Villamil



Bases apareadas de manera incorrecta

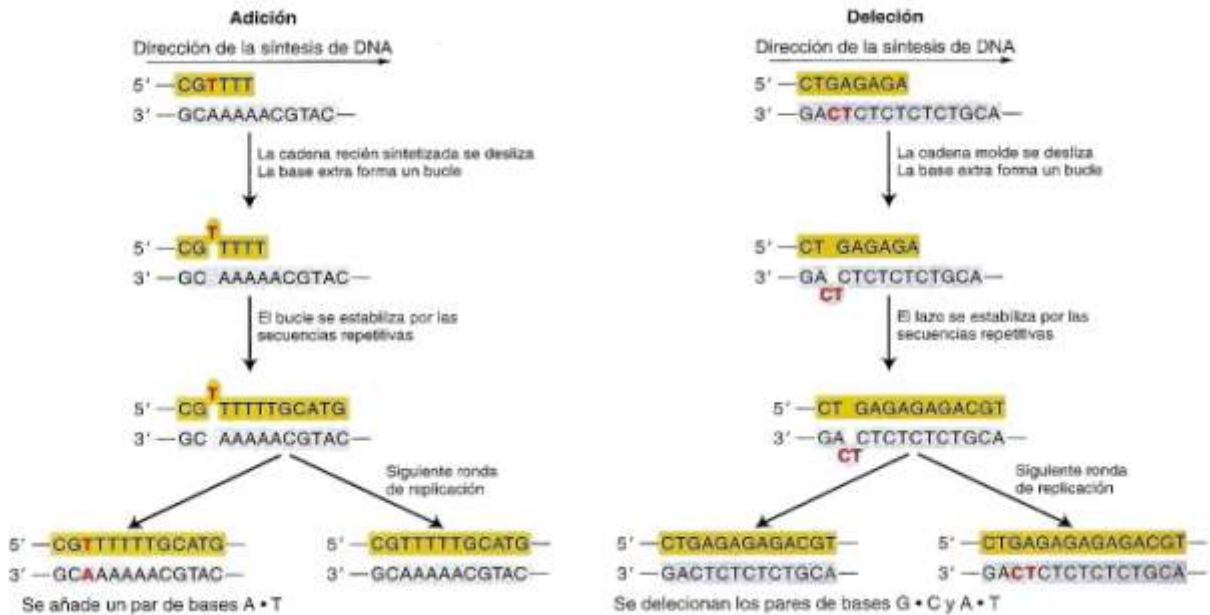


Los desplazamientos tautoméricos causan mutaciones



Errores espontáneos durante la replicación

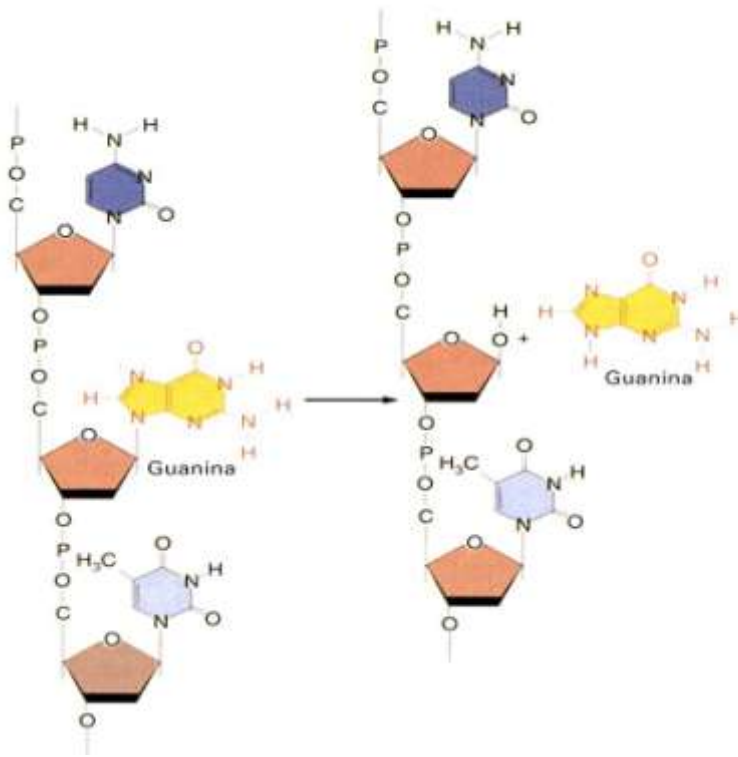
Alineamiento incorrecto: Las mutaciones indel causan un desplazamiento del marco de lectura.



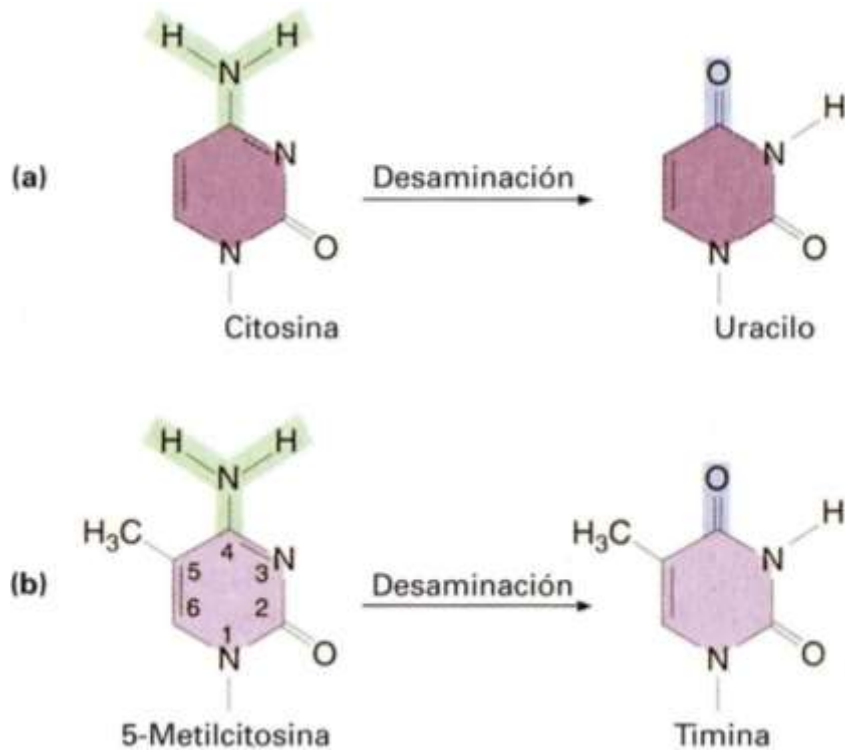
Lesiones espontáneas del DNA

Despurinización del DNA

Soraida Montejo
Gissele Zubieta
Ximena Villamil



Desaminación del DNA



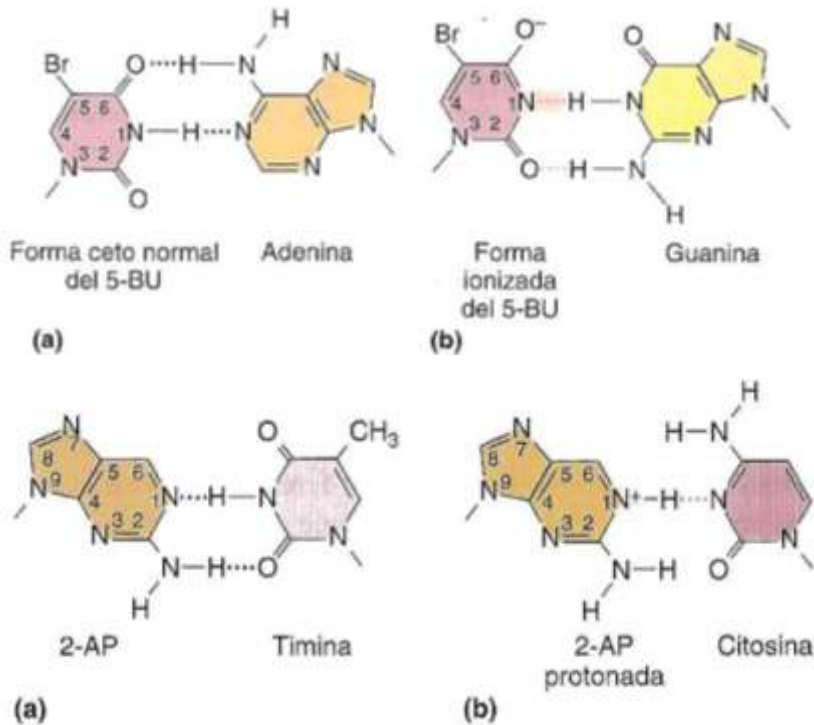
Mutaciones inducidas por agentes químicos

Agentes químicos

Modificación de bases inducidas químicamente (genera emparejamientos incorrectos)

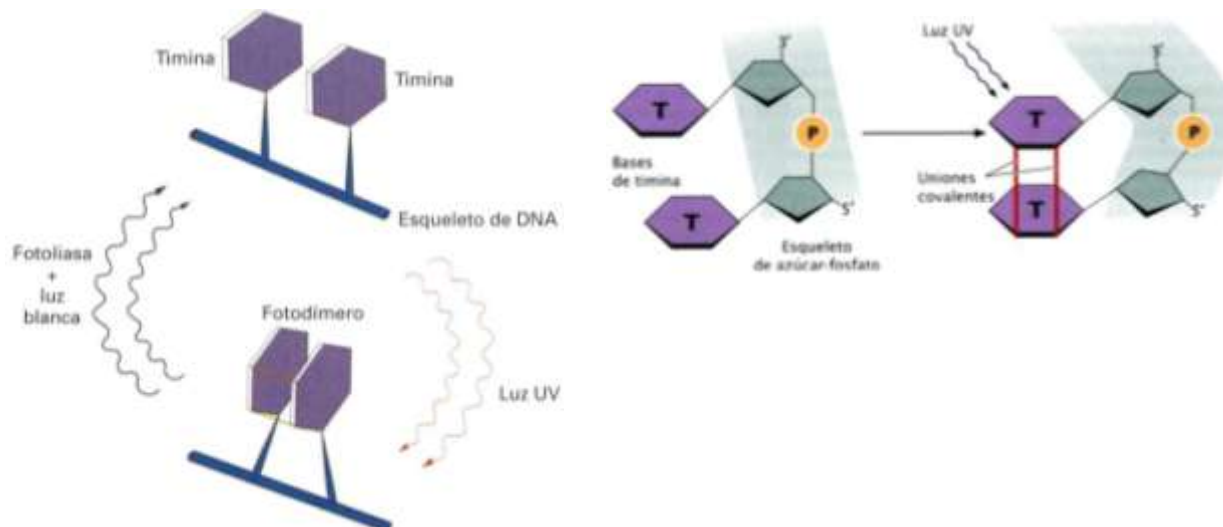
Análogos de bases

- 5-bromouracilo -> análogo a la timina -> aparea con Guanina además de Adenina
- 2-aminopurina -> análogo adenina -> aparea Timina o Citosina



Mutaciones inducidas por agentes físicos

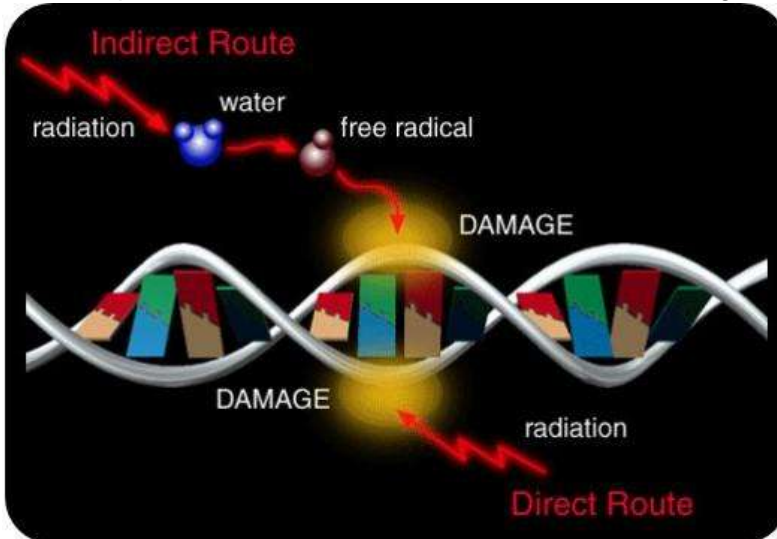
No ionizante -> UV -> Dímeros de timina





Radiaciones ionizantes

- ✓ Roturas cromosómicas - roturas de doble cadena (efectos letales)
- ✓ Apareamiento incorrecto – roturas del enlace n-glucosídico



MUTACIÓN INDUCIDA

Es la mutación producida por el tratamiento con un agente físico o químico que afecta las moléculas de ADN de un organismo.

Existen agentes físicos y químicos que producen mutaciones en el ADN. Como por ejemplo los efectos que tienen los Rayos X en el ADN del maíz y la cebada, descubrimiento que se le atribuye a H.J Muller y Stadler en 1928.

Las radiaciones ionizantes (Rayos X) producen los siguientes efectos a nivel celular:

2. **Efectos genéticos:** alteración en los genes
3. **Efectos citogenéticos:** alteración en los cromosomas: roturas cromosómicas y translocaciones
4. **Efectos fisiológicos:** alteración en las enzimas y hormonas

Beneficios de la mutación inducida:
La mutación inducida ha dado lugar a variedades como el arroz, el trigo, la cebada, las manzanas, los cítricos, la caña de azúcar y el banano. Hay más de 2,300 variedades distribuidas oficialmente. La aplicación de la mutación inducida ha tenido significantes consecuencias económicas en la agricultura y en la producción de alimentos.

SELECCIÓN ARTIFICIAL

Soraida Montejo
Gissele Zubieta
Ximena Villamil

Este es el término que se le atribuye a la modificación de las especies a través de cruzamientos selectivos. Es decir, la selección que hace el ser humano de rasgos deseables en plantas y animales. Un buen ejemplo es la selección de ovejas modificadas para obtener miembros con la mejor lana posible.

La diversidad de plantas que la agricultura moderna produce actualmente para satisfacer las demandas de la población mundial, es el resultado de numerosas modificaciones genéticas ocurridas de forma natural y de forma artificial (por la mano del hombre) por medio de la agricultura tradicional desde hace, aproximadamente, 10 mil años. Numerosos ejemplos muestran que las especies vegetales que el hombre utiliza para sus necesidades, son diferentes a sus antecesores como resultado de años de mejoramiento. La modificación genética de plantas comenzó a través de la reproducción selectiva: preservar semillas de las plantas más vigorosas, para sembrarlas posteriormente. A lo largo de un período de muchos años, esta selección resultó en variedades de cultivo con mayor rendimiento. Inclusive, el proceso de selección se ha llevado a cabo en los animales, no solo en el ganado, sino también en perros, gatos, peces, etc.

La fuerza fundamental en la evolución de las plantas cultivadas o silvestres son las mutaciones: cambios casuales y azarosos en la estructura o el número de cromosomas, capaces de inducir procesos que llevan a cambiar la forma, estructura y crecimiento de una planta. El hombre ha aprovechado algunos tipos de mutaciones útiles para el mejoramiento de los cultivos. Un ejemplo histórico es el de la remolacha azucarera. Para satisfacer la demanda de azúcar en Europa, el mejorador de plantas francés Vilmorin tomó como base una remolacha forrajera con poco más del 6% de azúcar. A lo largo de varias generaciones de cruzamientos, fue escogiendo los tipos de mayor contenido de azúcar, y a través de una selección paulatina llegó a obtener una planta nueva, la remolacha azucarera, con 10 a 20% de azúcar.

Un tipo de mutaciones, que genera los llamados poliploides, es de gran interés para los productores. En este caso la mutación consiste en doblar o multiplicar el número básico de cromosomas (n). Se encuentran individuos o especies con 3 veces el número básico de cromosomas o triploidía ($3n$), tetraploidía ($4n$), hexaploidía ($6n$), etc. Numerosas plantas cultivadas son poliploides, entre ellas la caña de azúcar, tabaco, maní, trigo, uva, papa, ananá, algodón, banana, naranja de ombligo, etc.

La frutilla se originó a través del cruzamiento de dos especies de fresas de jardín de origen geográfico diferente, cuando se plantaron juntas en jardines ingleses a mediados del siglo XIX.

El tabaco, se originó a partir del cruce entre dos especies diferentes y posterior doblamiento del número de cromosomas: *Nicotiana sylvestris* ($2n=24$) con *Nicotiana tomentosa* ($2n=24$) resultando *Nicotiana tabacum* ($4n=48$).

Debido a que la mejora de los cultivos depende de la diversidad genética, por ejemplo, nuevas fuentes de genes y expresión de los genes existentes, el mejoramiento continuo requiere y continuará requiriendo aún mayor diversidad. Esta necesidad de diversidad condujo a nuevas estrategias en la reproducción de las plantas cuando los agricultores

Soraida Montejo
Gissele Zubieta
Ximena Villamil

descubrieron que los cruces entre ciertas especies estrechamente relacionadas podían producir frutos fértiles. Esta reproducción cruzada interespecífica o intergenérica, natural o intencional, permitió una nueva recombinación y selección de genes que provee nuevas fuentes de diversidad genética y de rasgos deseables.

La reproducción cruzada entre especies presenta dos posibles resultados:

1. la creación de nuevas especies que contengan todos los genes de los múltiples progenitores. De esta manera se obtuvo el triticale, un híbrido fértil entre el trigo y el centeno, producto de un doblaje espontáneo de cromosomas.
2. la recombinación, en la cual se mantiene un genoma simple, que consiste en una mezcla de genes seleccionados al azar de cada una de las especies parentales. Largos segmentos de cromosomas que contienen miles de genes individuales han sido incorporados de esta manera de una especie a otra. Este tipo de tecnología se emplea actualmente por criadores de muchos cultivos, incluyendo cereales, tomate, maíz, trigo, girasol, soja, algodón, entre otros, todos los cuales son producto de extensa modificación y selección genética.

Los productos que ocurren naturalmente de cruzamientos interespecíficos han sido empleados por miles de años, y muchos de los alimentos que se comen actualmente, provienen de tales cruces. Un buen ejemplo es el trigo hexaploide cultivado, el cual tiene tres genomas diferentes, cada uno derivado de una especie silvestre ancestral. A veces, el cruzamiento de dos especies puede producir un embrión viable, que en condiciones naturales se desarrolla durante un período de tiempo y luego muere. Sin embargo, usando la técnica conocida como rescate de embriones mediante cultivo in vitro, el embrión puede ser recuperado poco después de la fertilización y colocado en un sistema de cultivo. De este modo, el embrión puede desarrollarse hasta ser una planta madura y fértil. El cultivo de tejidos puede así preservar y aumentar el acceso a la diversidad genética

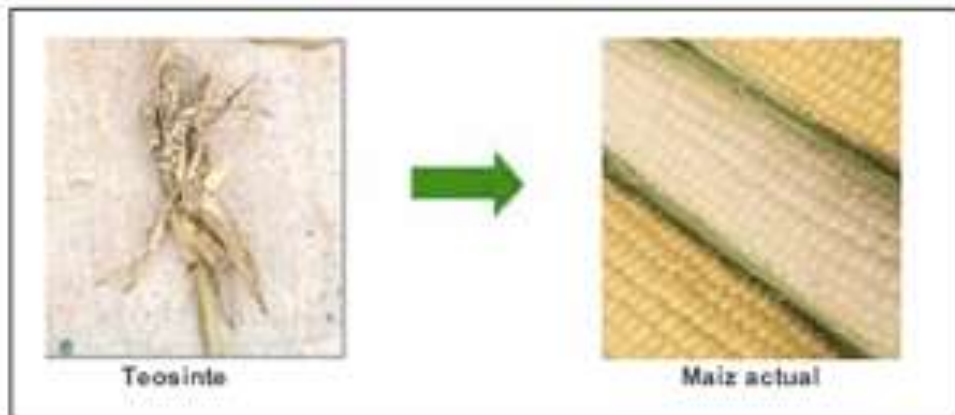
Selección natural y selección artificial en plantas cultivadas
En las plantas cultivadas los factores de selección natural son los mismos que en las especies silvestres.

1. de origen ambiental: temperatura, luz, fotoperíodo, sequía, salinidad, etc;
2. características intrínsecas de la especie: capacidad de competencia, eficiencia de reproducción, etc.

La respuesta de un organismo a esos factores se expresa en su grado de adaptación y, como se dijo previamente, se mide por su supervivencia. Sin embargo, en las plantas cultivadas se debe agregar a los factores naturales, la acción del hombre, es decir la selección artificial que actúa conjuntamente con la natural. Esto hace que el total de fuerzas selectivas resulte diferente en plantas silvestres y en plantas domesticadas. Cuando el hombre elige variantes con alguna característica de interés favoreciendo su reproducción en tiempo y espacio, o genera nuevas modificaciones genéticas en las plantas y cambia el hábitat, se modifica fundamentalmente la influencia de la selección natural.

Cambia las condiciones de suelo y microclima, protege a las plantas de la competencia con las malezas y plagas, incrementa la cantidad de nutrientes disponibles y del agua, y somete a las plantas a prácticas que cambian su forma natural. El cultivo favorece la supervivencia de plantas que en condiciones naturales tendrían pocas posibilidades de sobrevivir.

Resulta familiar el aspecto de una mazorca de maíz. Sin embargo no siempre fueron como parecen. Hace unos 8000 años algunos indígenas que habitaban en México comenzaron a realizar la domesticación del maíz moderno a partir de su antecesor el teosinte. Este tipo de maíz produce unas mazorcas diminutas de no más de 5 cm de largo, con pocos granos. La planta es muy diferente a la del maíz actual que solo tiene un tallo como una inflorescencia masculina terminal y varias femeninas en las axilas del tallo. En el teosinte pueden observarse varios tallos con varias inflorescencias masculinas terminales y femeninas axilares. De los aproximadamente 25.000 genes que tiene el maíz, se ignora cuántos fueron eliminados a lo largo de la evolución, cuántos mutados, duplicados o modificados de alguna forma por la naturaleza y la mano del hombre. Las modificaciones genéticas que fueron siendo seleccionadas, natural y artificialmente, a lo largo del tiempo dieron lugar a variedades con alto rendimiento y distintas resistencias a enfermedades y plaga. Actualmente, el maíz no es capaz de sobrevivir sin la intervención del hombre.



Características de las plantas cultivadas
Los rasgos que caracterizan a las plantas cultivadas pueden resaltar mejor si se los compara con sus correspondientes tipos silvestres. Las características principales de las especies cultivadas son las siguientes:

- ✓ **Mayor variabilidad:** la variabilidad es mucho mayor en plantas cultivadas que en silvestres dado que el hombre promueve la variabilidad y la conservación de germoplasma. En las etapas primitivas de la agricultura el hombre plantaba por lo común muchas variedades de la misma especie. A medida que los cultivos se tecnificaron el número de cultivares usados se redujo. Hoy en día las semilleras ofrecen nuevos cultivos mejorados, y esta oferta se renueva año a año. Esto resulta en la necesidad de conservar colecciones de variedades primitivas que van dejando de usarse, a las cuales hay que recurrir en búsqueda de genes para mejorar el rendimiento o la resistencia a las plagas o enfermedades de los cultivos relacionados.
- ✓ **Altos rendimientos:** El rendimiento se expresa por lo general en peso o tamaño. El hombre escoge con frecuencia formas más grandes para el cultivo, las cuales se caracterizan por tener células de mayor tamaño que los tipos corrientes, lo que determina un incremento en las dimensiones de las hojas, frutos, tallos o semillas. Generalmente estas formas gigantes se encuentran en poliploides. El pasto

Timothy por ejemplo es un hexaploide que produce mucho más forraje que las formas diploides de las que se originó. Pero hay casos en que sin haber cambio en el número de cromosomas el tamaño incrementa notablemente. Tal es el caso de los tomates en que los frutos de algunos cultivares llegan a pesar hasta 50 veces más que sus congéneres silvestre, sin que haya variado el número de cromosomas.

- ✓ **Riqueza de formas:** Como resultado de un largo cultivo y de selección intensa es frecuente que una especie cultivada presente formas numerosas, diferentes en su estructura y utilización. Un caso de esos se presenta en la col, *Brassica olerácea*. Esta especie crece silvestre en algunos lugares de Europa como una planta de follaje esparcido. Su domesticación es muy antigua y en el largo cultivo ha presentado formas muy diversas, que el hombre ha sabido conservar. La berza tiene hojas planas que tienden a enrollarse. El repollo de follaje más abundante forma una cabeza compacta y se conocen muchos cultivares de diferente forma y color. Los bretones dan pocas hojas, anchas y muy recortadas. En la col de Bruselas hay yemas en forma de repollos diminutos a lo largo del tallo. El brócoli tiene hojas verdes muy divididas en un casco y una inflorescencia menos apretada la coliflor. En la coliflor hay al final del tallo una inflorescencia blanca y carnosa. El nabocol tiene un tallo carnoso casi esférico con hojas espaciadas. Además se conocen otros tipos de coles a menudo tan diferentes que se han colocado taxonómicamente en otras especies.
- ✓ **Semillas o espigas no caedizas:** La transición en los cereales de plantas con semillas caedizas a permanentes es el resultado de alguna mutación. En las gramíneas hay una zona de separación en la base de cada espiga, que la separa de la inflorescencia. Cuando esta zona no se forma, las espigas permanecen adheridas al eje y su recolección es más fácil.
- ✓ **Cambios en los medios de dispersión:** Existen medios mecánicos como apéndices, que fijan las semillas a la piel de los animales; estos se hallan en los tipos silvestres por ejemplo de la remolacha, pero no se encuentran en las variedades cultivadas. En los tabacos cultivados las cápsulas donde se alojan las semillas permanecen cerradas mientras que en muchas especies silvestres de *Nicotiana* se abren para dejar salir las semillas.
- ✓ **Cambios de estructura:** Los cambios de estructura se reflejan en un incremento del rendimiento, ya sea porque se aumenta el número de partes útiles, como hojas o semillas, o porque la proporción utilizable de ellas sea menor. Un ejemplo del primer caso se presenta en trigo en que las formas primitivas son de espigas mucho menores, tanto por el número de granos como por su tamaño. En las especies cultivadas por sus frutos la proporción de la parte comestible es mayor que en las silvestres. Eso se debe a engrosamiento de las paredes, carencia o menor número de semillas, etc. Lo mismo se observa en ciertos órganos subterráneos, como el caso de las zanahorias silvestres con varias raíces delgadas y duras mientras que las formas en cultivo tienen una sola raíz y carnosa.
- ✓ **Pérdida de principios tóxicos:** Muchas plantas silvestres contienen principios tóxicos que las defienden de sus depredadores. Estos principios se han eliminado por selección durante muchas generaciones de cultivo, tal es el caso de las papas, mandioca, lupines, tomate, etc.
- ✓ **Cambios en el sistema de polinización:** Estos cambios se producen por cambios en las estructuras florales en ambientes donde, por ejemplo, no existen los

Soraida Montejo
Gissele Zubieta
Ximena Villamil

insectos que realizan la polinización. El tomate es un ejemplo, que si bien en su ámbito natural es de polinización cruzada puede desarrollar líneas autofértiles por adaptaciones en las flores.

- ✓ **Tipos anuales derivados de perennes:** En el algodón por ejemplo, las formas anuales permitieron extender el cultivo hacia zonas tropicales donde los días más cortos no permiten florecer a los algodoneiros perennes