

SESIÓN 3 La herencia

OBJETIVO

Explicar los principales procesos hereditarios que determinan las características de los individuos.

INTRODUCCIÓN

La existencia de una gran diversidad de seres vivos y de la gran variedad entre los integrantes de un grupo son el resultado de la herencia biológica y los cambios ocurridos en ella. Es evidente que hay una gran semejanza entre los seres vivos que habitan el planeta, primero, todos estamos hechos de células y tenemos necesidades vitales tales como nutrirnos, utilización de la energía, reproducirnos, etc. Desde siempre el hombre se interesó por descubrir el mecanismo hereditario, pero su complejidad es tal que solamente a fines del siglo pasado se pudo conocer el modo de transmisión de los genes.

MAPA CONCEPTUAL



DESARROLLO

La **herencia genética** es la transmisión a través del material genético contenido en el núcleo celular, de las características anatómicas, fisiológicas o de otro tipo, de un ser vivo a sus descendientes. El ser vivo resultante tendrá características de uno o de los dos padres.

La herencia consiste en la transmisión a su descendencia de los caracteres de los ascendentes. El conjunto de todos los caracteres transmisibles, que vienen fijados en los genes, recibe el nombre de [genotipo](#) y su manifestación exterior en el aspecto del individuo el de [fenotipo](#).

a rama de la biología que se encarga del estudio de la herencia es la genética, [ciencia](#) muy nueva (con 100 años aprox.), pero con grandes avances, a raíz de la [tecnología](#) científica (con el [microscopio](#)) y el avance en otras materias ([bioquímica](#), atología molecular, etc.).

Las características se conocen desde la antigüedad por el cultivo (al alterar condiciones del medio y ciclos reproductores), el ganado (para conseguir especies y domesticación), etc. Sin embargo, la genética empieza con el siglo por las aportaciones de Mendel, que se descubren al inicio del siglo y comienzan el estudio de la herencia.

Gregorio Mendel es el primer en encontrar el camino científico para los estudios sobre la herencia. En 1896 entrega sus trabajos a la Real [Sociedad Botánica](#) de [Inglaterra](#), que la archiva hasta 1920. Era un monje de estudios teológicos, naturalista por afición, quien estudiando en Viena la [historia](#) natural comienza a observar parecidos evidentes y decide estudiar estas semejanzas.

Para que los genes se transmitan a los descendientes es necesaria una reproducción idéntica que dé lugar a una réplica de cada uno de ellos; este fenómeno tiene lugar en la [meiosis](#).

Las variaciones que se producen en el genotipo de un individuo de una determinada especie se denominan variaciones genotípicas. Estas variaciones genotípicas surgen por cambios o [mutaciones](#) (espontáneas o inducidas por agentes mutagénicos) que pueden ocurrir en el [ADN](#). Las mutaciones que se producen en los [genes](#) de las células sexuales pueden transmitirse de una generación a otra. Las variaciones genotípicas entre los individuos de una misma especie tienen como consecuencia la existencia de fenotipos diferentes. Algunas mutaciones producen enfermedades, tales como la [fenilcetonuria](#), [galactosemia](#), [anemia falciforme](#), [síndrome de Down](#), [síndrome de Turner](#), entre otras. Hasta el momento no se ha podido curar una enfermedad genética, pero para algunas patologías se está investigando esta posibilidad mediante la [terapia génica](#).

Lo esencial de la herencia queda establecido en la denominada teoría cromosómica de la herencia, también conocida como [teoría cromosómica de Sutton y Boveri](#):

1. Los genes están situados en los cromosomas.
2. Los genes están dispuestos linealmente en los cromosomas.
3. La recombinación de los genes se corresponde con el intercambio de segmentos cromosómicos ([Crossing over](#)).

La [transferencia genética horizontal](#) es factor de confusión potencial cuando se infiere un [árbol filogenético](#) basado en la [secuencia](#) de un [gen](#). Por ejemplo, dadas dos bacterias lejanamente relacionadas que han intercambiado un gen, un árbol filogenético que incluya a ambas especies mostraría que están estrechamente relacionadas puesto que el gen es el mismo, incluso si muchos de otros genes tuvieran una divergencia substancial. Por este motivo, a veces es ideal usar otras informaciones para inferir filogenias más robustas, como la presencia o ausencia

de genes o su ordenación, o, más frecuentemente, incluir el abanico de genes más amplio posible.

Herencia mendeliana.

Gracias a los estudios del agustino Gregorio Mendel que, en 1856 comenzó una investigación en el huerto de su convento que le llevo al conocimiento de las leyes de la herencia biológica. Realizó sus experimentos en razas de guisantes común, raza que seleccionó y cultivó reiteradamente. Mendel utilizó, lo mismo que sus seguidores inmediatos, organismos diplontes procedentes de un cigoto que, al tener dos series de cromosomas, tiene dos series de genes. Pero mucho más sencillo es el estudio en los seres procariontes pues, al ser haploide, falta en ellos la meiosis y tienen una serie única de genes. Sin embargo, por haberse conocido primeramente la herencia mendeliana, se estudiará ésta en primer lugar.

Leyes de Mendel

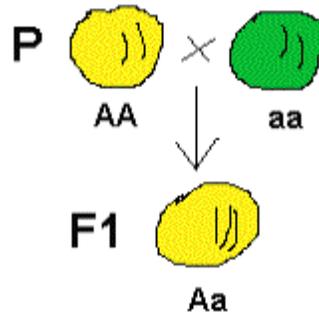
Conviene aclarar que Mendel, por ser pionero, carecía de los conocimientos actuales sobre la presencia de pares de alelos en los seres vivos y sobre el mecanismo de transmisión de los cromosomas, por lo que esta exposición está basada en la interpretación posterior de los trabajos de Mendel.

A continuación se explican brevemente las leyes de Mendel:

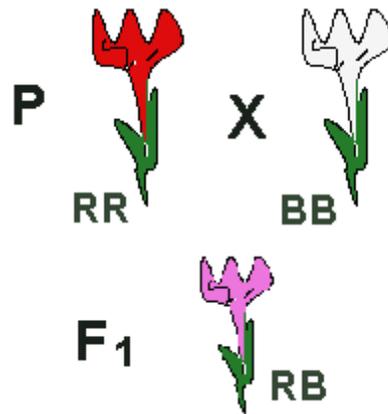
Primera ley de Mendel: A esta ley se le llama también *Ley de la uniformidad de los híbridos de la primera generación* (F_1), y dice que cuando se cruzan dos variedades individuos de raza pura, ambos homocigotos, para un determinado carácter, todos los híbridos de la primera generación son iguales.

Los individuos de esta primera generación filial (F_1) son heterocigóticos o híbridos, pues sus genes alelos llevan información de las dos razas puras u homocigóticas: la dominante, que se manifiesta, y la recesiva, que no lo hace..

Mendel llegó a esta conclusión trabajando con una variedad pura de plantas de guisantes que producían las semillas amarillas y con una variedad que producía las semillas verdes. Al hacer un cruzamiento entre estas plantas, obtenía siempre plantas con semillas amarillas.

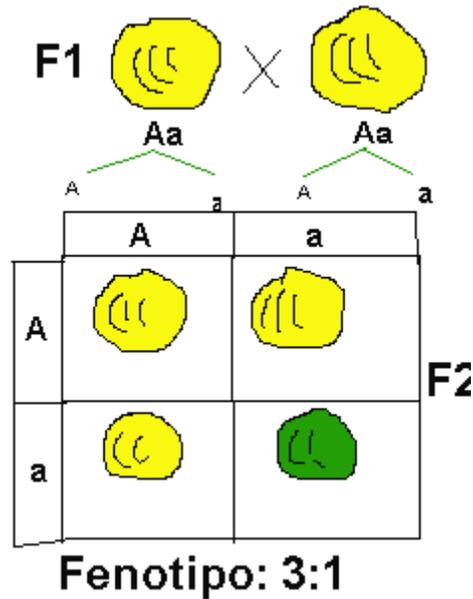


Otros casos para la primera ley. La primera ley de Mendel se cumple también para el caso en que un determinado gen dé lugar a una [herencia intermedia](#) y no dominante, como es el caso del color de las flores del "dondiego de noche". Al cruzar las plantas de la variedad de flor blanca con plantas de la variedad de flor roja, se obtienen plantas de flores rosas, como se puede observar a continuación:



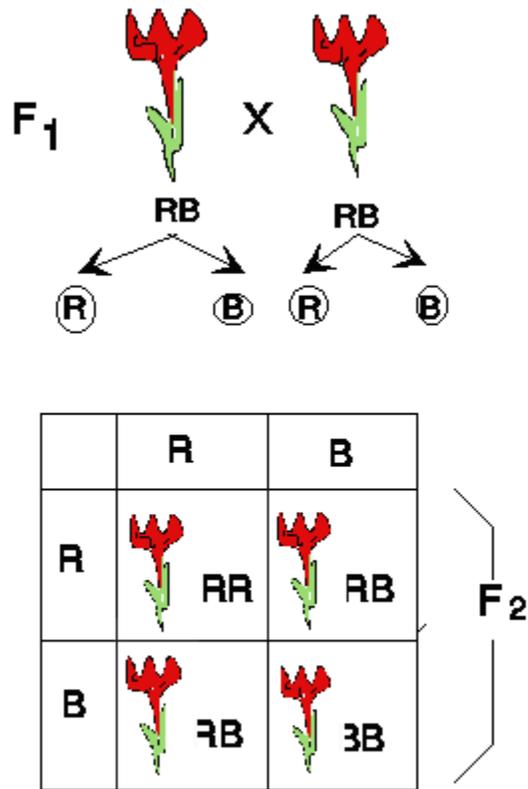
Segunda ley de Mendel: A la segunda ley de Mendel también se le llama de *la separación o disyunción de los alelos*.

Experimento de Mendel. Mendel tomó plantas procedentes de las semillas de la primera generación (F1) del experimento anterior y las polinizó entre sí. Del cruce obtuvo semillas amarillas y verdes en la proporción que se indica en la figura. Así pues, aunque el alelo que determina la coloración verde de las semillas parecía haber desaparecido en la primera generación filial, vuelve a manifestarse en esta segunda generación.



Los dos [alelos](#) distintos para el color de la semilla presentes en los individuos de la primera generación filial, no se han mezclado ni han desaparecido, simplemente ocurría que se manifestaba sólo uno de los dos. Cuando el individuo de [fenotipo](#) amarillo y [genotipo](#) Aa, forme los gametos, se separan los alelos, de tal forma que en cada gameto sólo habrá uno de los alelos y así puede explicarse los resultados obtenidos.

Otros casos para la segunda ley. En el caso de los genes que presentan [herencia intermedia](#), también se cumple el enunciado de la segunda ley. Si tomamos dos plantas de flores rosas de la primera generación filial (F1) y las cruzamos entre sí, se obtienen plantas con flores blancas, rosas y rojas. También en este caso se manifiestan los alelos para el color rojo y blanco, que permanecieron ocultos en la primera [generación filial](#).



Retrocruzamiento

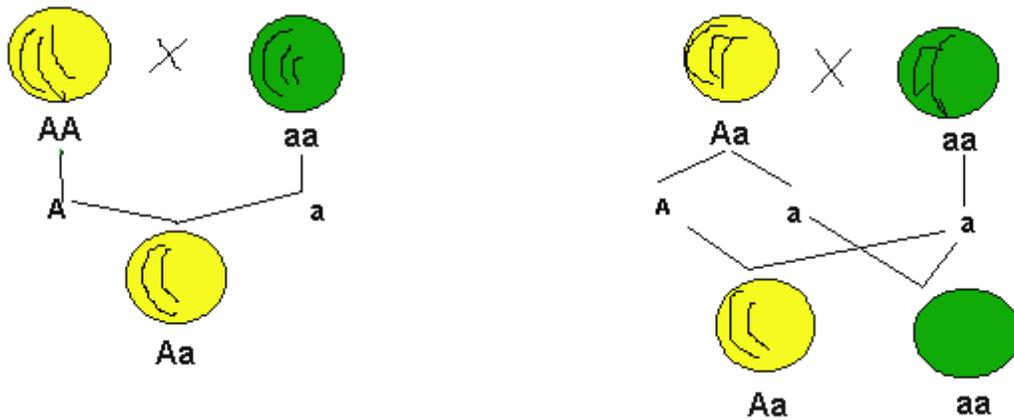
Retrocruzamiento de prueba.

En el caso de los genes que manifiestan herencia dominante, no existe ninguna diferencia aparente entre los individuos heterocigóticos (Aa) y los homocigóticos (AA), pues ambos individuos presentarían un fenotipo amarillo.

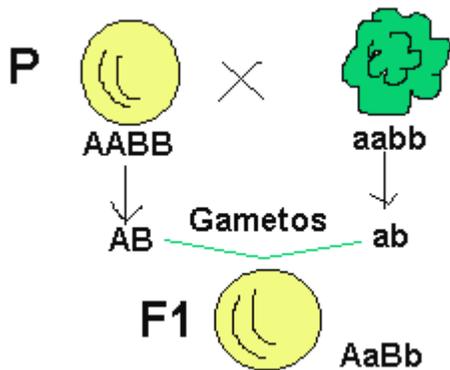
La prueba del retrocruzamiento, o simplemente cruzamiento prueba, sirve para diferenciar el individuo homo- del heterocigótico. Consiste en cruzar el fenotipo dominante con la variedad homocigótica recesiva (aa).

- Si es homocigótico, toda la descendencia será igual, en este caso se cumple la primera Ley de Mendel.

- Si es heterocigótico, en la descendencia volverá a aparecer el carácter recesivo en una proporción del 50%.



Tercera ley de Mendel. Se conoce esta ley como la de la *herencia independiente de caracteres*, y hace referencia al caso de que se contemplen dos caracteres distintos. Cada uno de ellos se transmite siguiendo las leyes anteriores con independencia de la presencia del otro carácter.



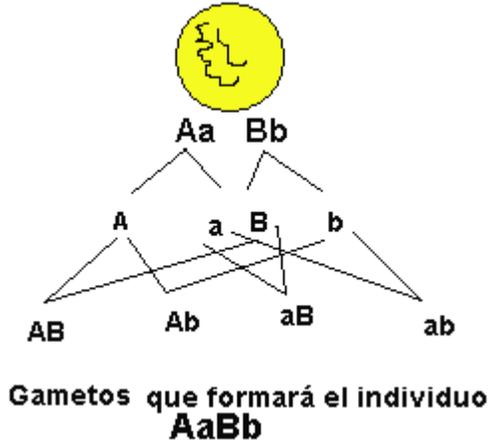
Experimento de Mendel. Mendel cruzó plantas de guisantes de semilla amarilla y lisa con plantas de semilla verde y rugosa (Homocigóticas ambas para los dos caracteres).

Las semillas obtenidas en este cruzamiento eran todas amarillas y lisas, cumpliéndose

así la primera ley para cada uno de los caracteres considerados, y revelándonos también que los alelos dominantes para esos caracteres son los que determinan el color amarillo y la forma lisa.

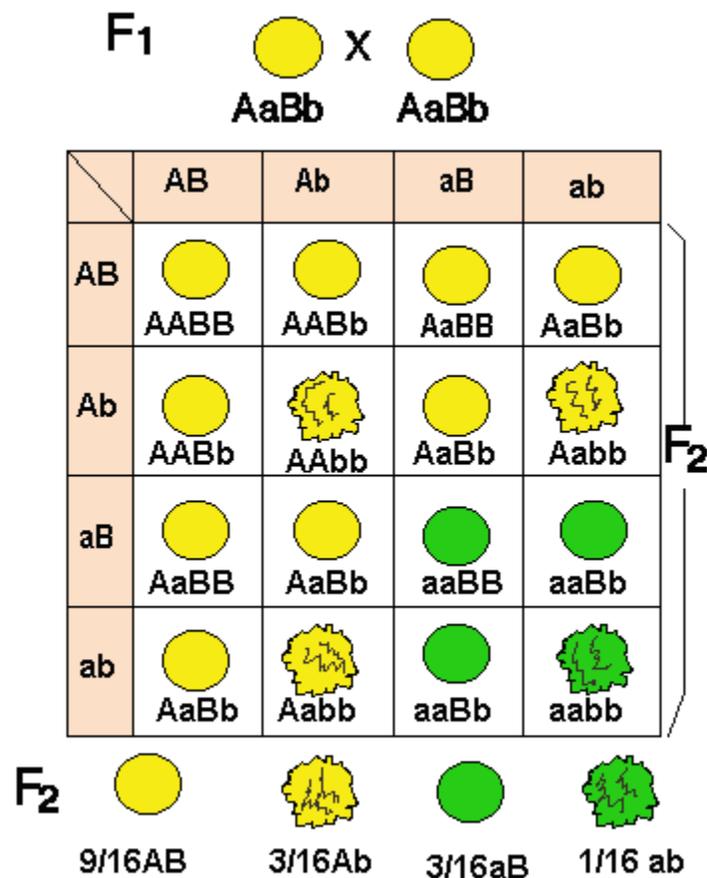
Las plantas obtenidas y que constituyen la F1 son dihíbridas (AaBb).

Estas plantas de la F1 se cruzan entre sí, teniendo en cuenta los gametos que



formarán cada una de las plantas. Se puede apreciar que los alelos de los distintos genes se transmiten con independencia unos de otros, ya que en la segunda generación filial F2 aparecen guisantes amarillos y rugosos y otros que son verdes y lisos, combinaciones que no se habían dado ni en la generación parental (P), ni en la filial primera (F1).

Asímismo, los resultados obtenidos para cada uno de los caracteres considerados por separado, responden a la segunda ley.



Teoría cromosómica

Genes ligados: En la época en la que Mendel realizó sus investigaciones no se conocían los genes ni el papel de la meiosis en la herencia de los caracteres. En 1902, W.S. Sutton en Estados Unidos y T. Boveri en Alemania, propusieron la hipótesis de que los factores hereditarios de Mendel se localizaban en los cromosomas, ya que creían que la separación de los cromosomas durante la meiosis era la base para explicar las leyes de Mendel. En 1911, T.H. Morgan, después de realizar numerosos experimentos con la mosca de la fruta o del vinagre (*Drosophila melanogaster*) concluyó que los genes se localizan en los cromosomas y, por tanto, los genes que están en el mismo cromosoma tienden a heredarse juntos, y se denominan por ello genes ligados.

Posteriormente se observó que caracteres ligados, en un pequeño número de individuos, se heredaban separados, lo cual no concordaba con la teoría cromosómica, pero tampoco cumplía la predicción mendeliana de total independencia en su transmisión. Esto hizo suponer a Morgan que los genes se disponen linealmente en los cromosomas, y los cromosomas se pueden entrecruzar (sobrecruzamiento de cromátidas en la meiosis) intercambiando fragmentos (recombinación génica). Nace así la teoría cromosómica de la herencia, la cual ha tenido aportaciones posteriores, y hoy día puede resumirse en los siguientes postulados:

- Los factores (genes) que determinan los factores hereditarios del fenotipo se localizan en los cromosomas.
- Cada gen ocupa un lugar específico o locus (en plural es loci) dentro de un cromosoma concreto.
- Los genes (o sus loci) se encuentran dispuestos linealmente a lo largo de cada cromosoma.
- Los genes alelos (o factores antagónicos) se encuentran en el mismo locus de la pareja de cromosomas homólogos, por lo que en los organismos diploides cada carácter está regido por un par de genes alelos.

Todas estas observaciones permitieron a Morgan elaborar la teoría cromosómica de la herencia.

En la actualidad sabemos muchas cosas que desconocían los genetistas de principio de siglo sobre todo que los genes son porciones concretas de ADN. Por ello, hoy nos parece evidente que los genes estén en los cromosomas, ordenados linealmente.

HERENCIA NO MENDELIANA

No todas las características se heredan de una manera tan simple como el color de las semillas de arvejilla. En realidad hemos analizado que la herencia simple, en la que solamente interviene un par de genes, es la excepción y no la regla.

También hemos analizado que el ligamiento y el crossing-over introducen variaciones en los resultados que describiera Mendel al aplicar su segunda ley. Cabe preguntarnos: ¿Mendel se equivocó?. No fue así. El material que Mendel seleccionó para trabajar arrojó resultados que concordaban con lo que sus hipótesis le hacían esperar. Pero con otros materiales no se puede llegar a los mismos resultados. Hoy, entonces, se considera que existen genes que se comportan respondiendo a la herencia mendeliana, mientras que otros quedan incluidos en la **herencia NO Mendeliana**, tal es el caso del ligamiento y crossing-over, como así también los casos que se describirán a continuación:

- Dominancia incompleta
- Alelos múltiples
- Codominancia
- Herencia ligada al sexo

Herencia ligada al sexo

Otros de los investigadores contribuyeron a la conformación de la genética post-mendeliana fue Thomas Morgan, entre una serie sin fin que aparecieron después que la genética mendeliana fue aceptada como básica para el estudio de la herencia biológica.

Morgan entre otras cosas reconoció la presencia de los cromosomas sexuales y de lo que se conoce en genética como "herencia ligada al sexo".

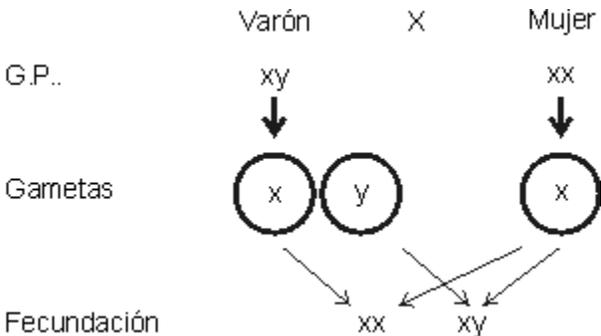
la especie humana, los genes "diferenciadores" del sexo se encuentran en cromosomas particulares: los **cromosomas sexuales, gonosomas o alosomas**.

El par sexual puede estar constituido por:

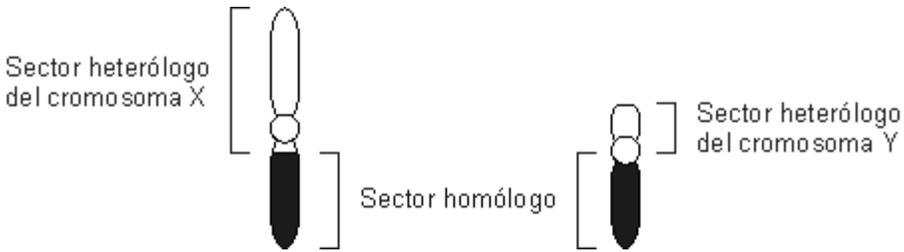
Cromosomas del par sexual	sexo
Dos cromosomas X = XX	Femenino

Un cromosoma X y un cromosoma Y = XY	Masculino
--	-----------

El sexo de un individuo queda determinado en el momento de la fecundación, dependiendo del cromosoma sexual que aporta el espermatozoide (X ó Y), ya que el óvulo siempre aporta un X.



Los cromosomas sexuales constituyen un par de homólogos, sin embargo un segmento de cada cromosoma presenta genes particulares y exclusivos (segmento heterólogo).



Los varones sólo llevan un representante de cada gen ubicado en el sector heterólogo del X (en tanto poseen un X) y las mujeres portan dichos genes por pares (en tanto poseen dos X). Por consiguiente, la transmisión y expresión de estos genes dependen del sexo de los individuos.

Entonces:

La herencia ligada al sexo se refiere a la transmisión y expresión en los diferentes sexos, de los genes que se encuentran en el sector heterólogo del cromosoma X.

Son ejemplos de genes ligados al sexo los que determinan en sus portadores la aparición de rasgos como la **hemofilia** (trastorno en la coagulación sanguínea) y el **daltonismo** (ceguera parcial para los colores).

RESUMEN

La **herencia genética** es la transmisión a través del material genético contenido en el núcleo celular, de las características anatómicas, fisiológicas o de otro tipo, de un ser vivo a sus descendientes. El ser vivo resultante tendrá características de uno o de los dos padres. La herencia consiste en la transmisión a su descendencia de los caracteres de los ascendentes. El conjunto de todos los caracteres transmisibles, que vienen fijados en los genes, recibe el nombre de genotipo y su manifestación exterior en el aspecto del individuo el de fenotipo.

Gregorio Mendel es el primer en encontrar el camino científico para los estudios sobre la herencia. En 1866 entrega sus trabajos a la Real Sociedad Botánica de Inglaterra, que la archiva hasta 1920. Era un monje de estudios teológicos, naturalista por afición, quien estudiando en Viena la historia natural comienza a observar parecidos evidentes y decide estudiar estas semejanzas. Para que los genes se transmitan a los descendientes es necesaria una reproducción idéntica que dé lugar a una réplica de cada uno de ellos; este fenómeno tiene lugar en la meiosis.

Herencia mendeliana.

Gracias a los estudios del agustino Gregorio Mendel que, en 1856 comenzó una investigación en el huerto de su convento que le llevo al conocimiento de las leyes de la herencia biológica. Realizó sus experimentos en razas de guisantes común, raza que seleccionó y cultivó reiteradamente.

Leyes de Mendel

Conviene aclarar que Mendel, por ser pionero, carecía de los conocimientos actuales sobre la presencia de pares de alelos en los seres vivos y sobre el mecanismo de transmisión de los cromosomas, por lo que esta exposición está basada en la interpretación posterior de los trabajos de Mendel. A continuación se explican brevemente las leyes de Mendel:

Primera ley: A esta ley se le llama también *Ley de la uniformidad de los híbridos de la primera generación (F₁)*,.

Segunda ley: A la segunda ley de Mendel también se le llama de *la separación o disyunción de los alelos*.

Tercera ley. Se conoce esta ley como la de la *herencia independiente de caracteres*, y hace referencia al caso de que se contemplen dos caracteres distintos. Cada uno de ellos se transmite siguiendo las leyes anteriores con independencia de la presencia del otro carácter.

Teoría cromosómica

Lo esencial de la herencia queda establecido en la denominada teoría cromosómica de la herencia, también conocida como teoría cromosómica de Sutton y Boveri. La transferencia genética horizontal es factor de confusión potencial cuando se infiere un árbol filogenético basado en la secuencia de un gen. Nace así la teoría cromosómica de la herencia, la cual ha tenido aportaciones posteriores, y hoy día puede resumirse en los siguientes postulados:

- Los factores (genes) que determinan los factores hereditarios del fenotipo se localizan en los cromosomas.
- Cada gen ocupa un lugar específico o locus (en plural es loci) dentro de un cromosoma concreto.
- Los genes (o sus loci) se encuentran dispuestos linealmente a lo largo de cada cromosoma.
- Los genes alelos (o factores antagónicos) se encuentran en el mismo locus de la pareja de cromosomas homólogos, por lo que en los organismos diploides cada carácter está regido por un par de genes alelos.

Todas estas observaciones permitieron a Morgan elaborar la teoría cromosómica de la herencia.

Herencia no Mendeliana

No todas las características se heredan de una manera tan simple como el color de las semillas de arvejilla. El material que Mendel seleccionó para trabajar arrojó resultados que concordaban con lo que sus hipótesis le hacían esperar. Pero con otros materiales no se puede llegar a los mismos resultados. Hoy, entonces, se considera que existen genes que se comportan respondiendo a la herencia mendeliana, mientras que otros quedan incluidos en la **herencia NO Mendeliana**, tal es el caso del ligamiento y crossing-over, como así también los casos que se describirán a continuación:

- Dominancia incompleta
- Alelos múltiples
- Codominancia
- Herencia ligada al sexo

Herencia ligada al sexo

Otros de los investigadores contribuyeron a la conformación de la genética post-mendeliana fue Thomas Morgan, entre una serie sin fin que aparecieron después que la genética mendeliana fue aceptada como básica para el estudio de la herencia biológica. Morgan entre otras cosas reconoció la presencia de los cromosomas sexuales y de lo que se conoce en genética como “herencia ligada al sexo”. La especie humana, los genes "diferenciadores" del sexo se encuentran en cromosomas particulares: los **cromosomas sexuales, gonosomas o alosomas**. El par sexual puede estar constituido por:

Cromosomas del par sexual	Sexo
Dos cromosomas X = XX	Femenino
Un cromosoma X y un cromosoma Y	Masculino

= XY

El sexo de un individuo queda determinado en el momento de la fecundación, dependiendo del cromosoma sexual que aporta el espermatozoide (X ó Y), ya que el óvulo siempre aporta un X. Los cromosomas sexuales constituyen un par de homólogos, sin embargo un segmento de cada cromosoma presenta genes particulares y exclusivos (segmento heterólogo). Los varones sólo llevan un representante de cada gen ubicado en el sector heterólogo del X (en tanto poseen un X) y las mujeres portan dichos genes por pares (en tanto poseen dos X). Por consiguiente, la transmisión y expresión de estos genes dependen del sexo de los individuos. Entonces: La herencia ligada al sexo se refiere a la transmisión y expresión en los diferentes sexos, de los genes que se encuentran en el sector heterólogo del cromosoma X. Son ejemplos de genes ligados al sexo los que determinan en sus portadores la aparición de rasgos como la **hemofilia** (trastorno en la coagulación sanguínea) y el **daltonismo** (ceguera parcial para los colores).

ACTIVIDADES

Elabora un cuadro sinóptico acerca de la herencia genética incluyendo todos los temas propuestos en esta sesión para tu apoyo visita el sitio:

http://132.248.225.10/licenciatura/guiasyprogramas/guias/1_histologia.pdf

BIBLIOGRAFÍA

Nieves Cante Miguel Ángel, *Biología II*, la ciencia de la vida. Editorial Pearson Prentice Hall, México 2007

Lira, G. I; Ponce, S. M; y López, V, M. L. (2003). *Biología II Diversidad, continuidad e interacción*. Edit. Esfinge. México

<http://genomasur.com/lectu.htm>

<http://www.biologia.edu.ar>

<http://www.oei.org.co/fpciencia/art05.htm#5>

<http://www.quimicaweb.net/Web-alumnos/GENETICA%20Y%20HERENCIA/Paginas/PRINCIPAL.htm>

<http://www.wikiteka.com/apuntes/teoria-cromosomica/>

http://132.248.225.10/licenciatura/guiasyprogramas/guias/1_histologia.pdf