

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
SUBÁREA DE MANEJO Y MEJORAMIENTO DE
PLANTAS**



**INTRODUCCIÓN A LA FITOGENÉTICA Y AL
FITOMEJORAMIENTO.**

Dr. FRANCISCO VÁSQUEZ

GUATEMALA, JULIO 2020

INTRODUCCIÓN A LA FITOGENÉTICA Y AL FITOMEJORAMIENTO

PRÓLOGO

El objetivo de este documento es proporcionar al lector una introducción a dos disciplinas científicas que en el campo de la Agronomía han tenido grandes impactos en la agricultura de los países alrededor del mundo. Estas dos disciplinas son la **Fitogenética**, ciencia de la genética vegetal que proporciona los conocimientos básicos de la herencia de las características en los vegetales. Seguidamente y derivado de ella se desarrolló el mejoramiento genético vegetal o **Fitomejoramiento**, que trata de aplicar los principios de la Fitogenética para mejorar las características de los cultivos que utiliza el hombre. No podemos dejar de mencionar otra actividad científica que deriva del Fitomejoramiento, que es de muy reciente aparición, es la conocida como la **Tecnología de Semillas**, que trata de incrementar las semillas de materiales genéticos que se han obtenido no solo del mejoramiento genético moderno sino también de materiales genéticos que no precisamente provienen de esta disciplina, sino que además de la actividad tradicional que desarrollan los agricultores en sus campos de cultivo que se consideran parte de los recursos fitogenéticos. La Tecnología de Semillas, es pues una actividad importante para mantener la calidad física, fisiológica y de sanidad de las semillas que representan la identidad de un material genético en particular. Estas tres disciplinas están íntimamente relacionadas, por un lado, la Fitogenética aportando el entendimiento de los mecanismos de la herencia que aplicados por el Fitomejoramiento, genera nuevos materiales genéticos de distintas especies que se utilizaran en la producción agrícola. Sin embargo, los fitomejoradores finalizan su mejoramiento con pequeñas cantidades de semillas que es necesario incrementar sin perder sus características genéticas, fisiológicas, físicas, de sanidad etc., que la debe garantizar la Tecnología de Semillas.

Los aportes que ha dado el mejoramiento de plantas a la agricultura son incalculables, a tal grado que se le asigna a esta disciplina ser la responsable del incremento de la producción de alimentos para un mundo que crece de manera alarmante en nuestro planeta. Le hemos llamado a este documento "INTRODUCCIÓN A LA FITOGENÉTICA Y AL FITOMEJORAMIENTO" sin olvidar el papel de la Tecnología de Semillas. Para una mejora en el entendimiento de estas disciplinas, lo hemos dividido en unidades de contenido, tratando de coleccionar la información pertinente en cada una de ellas. Las primeras seis unidades se dedican a la definición de la Fitogenética, su surgimiento como una rama de la Genética y ésta como rama de la Biología. Para luego adentrarnos en el Fitomejoramiento.

El contenido del curso se organiza en unidades, así la unidad I, describe la definición del concepto de Fitogenética, así como su relación con el Fitomejoramiento o mejoramiento de

plantas. En la Unidad II, se revisan los conceptos de floración, polinización y fecundación en las plantas. En la unidad III, se aborda la reproducción de las plantas superiores. La unidad IV se aborda la clasificación de las plantas cultivadas según los fitomejoradores en Autógamas y Alógamas y especies de reproducción asexual. La Unidad V trata el tema de la evolución y diversidad de plantas cultivadas, muy relacionado con el tema de la biodiversidad. La unidad VI, se profundiza sobre la genética de la incompatibilidad y androesterilidad y su uso en el mejoramiento genético. De las unidades VII a la X, se describen los principios de la mejora genética y los principales métodos de mejoramiento utilizados en el Fitomejoramiento tanto de especies autóginas, Alógamas y especies de reproducción asexual. En la unidad XI se abordan los temas relacionados con la Biotecnología, destacando el apareamiento de las variedades transgénicas y su uso y consecuencias en la agricultura. La unidad XII trata de la relación de los programas de Fitomejoramiento y la tecnología de semillas. En la unidad XIII se describen los principales procedimientos para determinar la calidad de las semillas. La unidad XIV se aborda la legislación que se aplica a la producción de semillas. Así mismo la legislación sobre la propiedad intelectual de las obtenciones vegetales.

Es el mejor deseo del autor que este documento motive a las y los interesados de estas disciplinas a continuar consultando otras fuentes bibliográficas con la que se pueda ampliar los conocimientos en estas tres áreas de aplicación en la agronomía. Por último, este documento puede servir de base para orientación o de texto para cursos relacionados con estas disciplinas.

Dr. FRANCISCO VÁSQUEZ

Guatemala, julio 2020.

INTRODUCCIÓN A LA FITOGENÉTICA Y AL FITOMEJORAMIENTO

PRÓLOGO

El objetivo de este documento es proporcionar al lector una introducción a dos disciplinas científicas que en el campo de la Agronomía han tenido grandes impactos en la agricultura de los países alrededor del mundo. Estas dos disciplinas son la **Fitogenética**, ciencia de la genética vegetal que proporciona los conocimientos básicos de la herencia de las características en los vegetales. Seguidamente y derivado de ella se desarrolló el mejoramiento genético vegetal o **Fitomejoramiento**, que trata de aplicar los principios de la Fitogenética para mejorar las características de los cultivos que utiliza el hombre. No podemos dejar de mencionar otra actividad científica que deriva del Fitomejoramiento, que es de muy reciente aparición, es la conocida como la **Tecnología de Semillas**, que trata de incrementar las semillas de materiales genéticos que se han obtenido no solo del mejoramiento genético moderno sino también de materiales genéticos que no precisamente provienen de esta disciplina, sino que además de la actividad tradicional que desarrollan los agricultores en sus campos de cultivo que se consideran parte de los recursos fitogenéticos. La Tecnología de Semillas, es pues una actividad importante para mantener la calidad física, fisiológica y de sanidad de las semillas que representan la identidad de un material genético en particular. Estas tres disciplinas están íntimamente relacionadas, por un lado, la Fitogenética aportando el entendimiento de los mecanismos de la herencia que aplicados por el Fitomejoramiento, genera nuevos materiales genéticos de distintas especies que se utilizaran en la producción agrícola. Sin embargo, los fitomejoradores finalizan su mejoramiento con pequeñas cantidades de semillas que es necesario incrementar sin perder sus características genéticas, fisiológicas, físicas, de sanidad etc., que la debe garantizar la Tecnología de Semillas.

Los aportes que ha dado el mejoramiento de plantas a la agricultura son incalculables, a tal grado que se le asigna a esta disciplina ser la responsable del incremento de la producción de alimentos para un mundo que crece de manera alarmante en nuestro planeta. Le hemos llamado a este documento "INTRODUCCIÓN A LA FITOGENÉTICA Y AL FITOMEJORAMIENTO" sin olvidar el papel de la Tecnología de Semillas. Para una mejora en el entendimiento de estas disciplinas, lo hemos dividido en unidades de contenido, tratando de coleccionar la información pertinente en cada una de ellas. Las primeras seis unidades se dedican a la definición de la Fitogenética, su surgimiento como una rama de la Genética y ésta como rama de la Biología. Para luego adentrarnos en el Fitomejoramiento.

El contenido del curso se organiza en unidades, así la unidad I, describe la definición del concepto de Fitogenética, así como su relación con el Fitomejoramiento o mejoramiento de plantas. En la Unidad II, se revisan los conceptos de floración, polinización y fecundación en las

plantas. En la unidad III, se aborda la reproducción de las plantas superiores. La unidad IV se aborda la clasificación de las plantas cultivadas según los fitomejoradores en Autógamas y Alógamas y especies de reproducción asexual. La Unidad V trata el tema de la evolución y diversidad de plantas cultivadas, muy relacionado con el tema de la biodiversidad. La unidad VI, se profundiza sobre la genética de la incompatibilidad y androesterilidad y su uso en el mejoramiento genético. De las unidades VII a la X, se describen los principios de la mejora genética y los principales métodos de mejoramiento utilizados en el Fitomejoramiento tanto de especies autóctonas, Alógamas y especies de reproducción asexual. En la unidad XI se abordan los temas relacionados con la Biotecnología, destacando el apareamiento de las variedades transgénicas y su uso y consecuencias en la agricultura. La unidad XII trata de la relación de los programas de Fitomejoramiento y la tecnología de semillas. En la unidad XIII se describen los principales procedimientos para determinar la calidad de las semillas. La unidad XIV se aborda la legislación que se aplica a la producción de semillas. Así mismo la legislación sobre la propiedad intelectual de las obtenciones vegetales.

Es el mejor deseo del autor que este documento motive a las y los interesados de estas disciplinas a continuar consultando otras fuentes bibliográficas con la que se pueda ampliar los conocimientos en estas tres áreas de aplicación en la agronomía. Por último, este documento puede servir de base para orientación o de texto para cursos relacionados con estas disciplinas.

Dr. FRANCISCO VÁSQUEZ

Guatemala, julio 2020.

UNIDAD I

1. LA FITOGENÉTICA Y EL FITOMEJORAMIENTO

1.1. Algunas definiciones del concepto fitogenética

En el campo de la Agronomía, los conceptos que se relacionan con nuestra materia de estudio, no son muy claros, la Fitogenética, el Fitomejoramiento, la Fitotecnia, el Mejoramiento de plantas, la Genotecnia Vegetal, son entre otros algunos conceptos que nos parecen similares. Trataremos de dar una idea general sobre lo que la literatura reporta de ellos y trataremos de fijar una línea divisoria entre estos. El autor de este documento reconoce que es muy difícil encontrar esas líneas divisorias, incluso en las Universidades del país que cuentan con la carrera de Ingeniero Agrónomo o Ingeniero Forestal, resulta que el curso de Fitomejoramiento en una de ellas equivale al curso de Fitogenética en otra. En la Facultad de Agronomía para asignarse el curso de Fitomejoramiento, es necesario haber aprobado previamente, es decir como prerrequisito el curso de Fitogenética que resulta correcto, como veremos más adelante.

Aunque el presente no es un curso de Lógica Formal, es preciso aclarar que el concepto es la forma más simple de ideación (de idea) del entendimiento, son ejemplos de conceptos: "árbol", "célula", "genética", "planta", "Fitogenética". Sin embargo, el contenido del concepto se determina en la definición, es a través de la definición que precisamos el concepto. Una anécdota, nos clarificará al respecto. Un profesor pregunta a sus alumnos en un examen de Lógica "De un concepto de célula", entre otras respuestas dadas por alumnos se tuvieron: la parte más importante de los seres vivos, elemento anatómico de los seres vivos, cavidad pequeña y otras. La sorpresa fue que de los 200 alumnos examinados solo el 2% dio la respuesta correcta, la cual era "célula". Explicaba el catedrático que el 98% había dado la definición, pero no el concepto. Tan sencilla la respuesta, el concepto de célula es célula. Así que no es lo mismo concepto que definición.

La palabra Fitogenética, está compuesta por dos raíces latinas *Phitom* que significa planta y *génesis* que significa engendramiento o principio de una cosa. Como recordamos la Genética es la rama de la biología que se encarga del estudio de la fisiología de la herencia, estudiando los mecanismos por los cuales se conserva y transmite la semejanza entre los padres y los hijos, así mismo la variación y principalmente las leyes que gobiernan dichos mecanismos. Reyes (1,985), indica que la **Fitogenética**, es el estudio de la herencia de las características en los vegetales, tiene como sinónimo: **genética vegetal**.

Este mismo autor, indica que:

El concepto de *Genotecnia* fue sugerido por el Doctor mexicano Basilio Alfonso Rojas Martínez quien lo definió como el conjunto de prácticas, técnicas y métodos

de la Genética aplicada para el mejoramiento de las características deseables en los seres vivos. En forma específica aquellos útiles al hombre. Existen, por tanto, los términos Genotecnia Animal y Genotecnia Vegetal. (Reyes Castañeda, 1985, pág. 1)

Lo anteriormente expuesto nos deja claro que la Fitogenética estudia los mecanismos de la herencia que opera en los vegetales, pero su aplicación ya corresponde a la *Genotecnia Vegetal*.

La *Fitogenética*: “es el término que indica el estudio de la herencia de las características en las plantas. Es sinónimo de Genética vegetal” (Reyes Castañeda, 1985, pág. 1).

Para abordar la Genética de las plantas. Brewbaker (1967) dice: “Que es necesario darle importancia aquellos temas que tienen efectos en la agricultura, como la herencia poligénica, las interacciones de genotipo y ambiente, la poliploidía, los letales genéticos, la reconstrucción genómica y la regulación de los sistemas de reproducción” (p.XII). Es por eso que en esta unidad en la medida de lo posible seguiremos esta recomendación de este autor pero se tocarán otros que también más recientemente han influido en la Fitogenética.

La *Genotecnia Vegetal*, dice Márquez:

Es el estudio de los métodos para la obtención de variedades mejoradas de diferentes tipos, haciendo énfasis que se hace mediante caracteres métricos o cuantitativos, de utilidad para el hombre, sin dejar por un lado los caracteres cualitativos. Agrega este autor, que la *Genotecnia Vegetal* se dedica al mejoramiento de las plantas a nivel de campo experimental y del establecimiento de experimentos o ensayos de rendimiento ya sea en estaciones experimentales o en campos de agricultores. Así mismo separa a los especialistas en mejoramiento citogenético, fisiológico y molecular. (Márquez, 1985, pág. 4)

Este autor mexicano ha publicado un libro de nombre “*Genotecnia Vegetal*” en dos tomos en el cual desarrolla los métodos de mejoramiento en los vegetales resaltando el uso de la estadística y los diseños experimentales asociados al mejoramiento de las plantas. Este libro es utilizado en este documento para profundizar sobre el mejoramiento genético vegetal desde la genética de poblaciones, es decir en el contexto genético-estadístico.

Brauer, se refiere a la Genotecnia vegetal: “a la aplicación de los conocimientos de la herencia para obtener mejores variedades de plantas” (Brauer, 1969, pág. 11).

1.2. El surgimiento de la Fitogenética como ciencia

El inicio de la Fitogenética, ocurre justamente con los trabajos realizados por Gregor Mendel o Gregor Johann Mendel quien nació el 22 de julio de 1822 y falleció el 6 de enero de 1884. Fue un monje agustiniano y naturalista, nacido en Heinzendorf, Austria (actual República Checa), quien describió las llamadas Leyes de la herencia que llevan su nombre y que marca el inicio de la Genética como ciencia. Estas leyes de la herencia establecen la

forma en que se transmiten ciertos caracteres de los seres orgánicos de una generación a otra en el reino vegetal pero que posteriormente explicaban el mecanismo hereditario en todos los seres vivos. Gregor Mendel formuló estas leyes a partir de una serie de experimentos realizados entre 1856 y 1865 que consistieron en cruzar diferentes variedades de guisantes o arvejas y estudiar determinados rasgos: el color y la ubicación de las flores en la planta, la forma y el color de las vainas de guisantes, la forma y el color de las semillas y la longitud de los tallos de las plantas. (Ruiza, Fernández , & Tamaro , Biografía de Gregor Mendel, 2004)

Es decir que los trabajos de Mendel que es considerado como el padre de la Genética, al mismo tiempo es el inicio de la ciencia que hoy conocemos como Fitogenética. Para sus estudios tomó una planta conocida comúnmente como arveja (*Pisum sativum*) en America Latina y como Chícharo en España y realizó una serie de cruzamientos utilizando la polinización controlada. Las siete características contrastantes que utilizó en sus experimentos con arveja se resumen en la figura siguiente.















Semilla		Flor	Vaina		Tallo	
Forma	Cotiledones	Color	Forma	Color	Lugar	Tamaño
						
Gris y Redondo	Amarillo	Blanco	Lleno	Amarillo	Vainas axilares. Las flores crecen a los lados	Largo (~3m)
						
Blanco y Arrugado	Verde	Violeta	Constreñido	Verde	Vainas terminales. Las flores crecen en la cúspide	Corto (~30cm)
1	2	3	4	5	6	7

Figura 1. Los siete caracteres que observó [Gregor Mendel](#) en sus experiencias genéticas con los [guisantes](#). Fuente: Elaborado por María Ruiz, con base en el diagrama encontrado en el libro denominado Biología celular y molecular del autor James Darnell. (1; Márquez, 1985).

El éxito de los trabajos de Mendel se refiere Brauer (1969):

Se debió a su procedimiento de trabajo y algunas circunstancias fortuitas, como haber escogido caracteres que se heredan independientemente tanto en las plantas de arveja (*P. sativum*) como en las de frijol (*Phaseolus vulgaris*). Además, Mendel no pretendió estudiar la herencia del conjunto de caracteres de una planta, sino que, de manera singular, caracteres específicos que los progenitores heredaban a su descendencia en los cruzamientos. Llevaba registros cuidadosos y bien organizados, basados en observaciones directas y preferiblemente medibles. Otro

aspecto importante de Mendel fue que hizo cuantificaciones de individuos portadores de un carácter determinado y pudo llegar a conclusiones muy firmes con respecto al número proporcional de los fenotipos. (p.34-35)

Otro aspecto que se debe considerar en el estudio de Mendel es que trabajó con arveja (*P. sativum*) que es una especie vegetal que se autopoliniza, es decir es autógama pues trasmite a su descendencia las características de manera constante y uniforme.

Mendel para efectuar los diferentes cruzamientos seleccionó siete características, las que nse presentan en el cuadro siguiente.

Cuadro 1. Las siete características seleccionadas por Mendel para realizar sus cruzamientos en la arveja (*P. sativum*). Cuadro elaborado con base a lo reportado por Mendel. (Mendel, 1865, págs. 4-5)

No.	Caracter	Dominante	Recesiva
1	Diferencia en la forma de las semillas	Redonda o lisa	Rugosa
2	Diferencia en el color de la semilla de albúmina (endosperma o cotiledones)	Amarillo	Verde
3	Diferencia en el color de la cubierta o testa de semillas	Gris que está correlacionado con flores violetas	Blanca que está correlacionada con el color blanco de las flores.
4	A la diferencia en la forma de las vainas maduras	Lisa	Constreñida o Rugosa
5	Diferencia en el color de las vainas inmaduras	Verde	Amarilla
6	A la diferencia en la posición de las flores	Axial (a lo largo del tallo)	Terminal
7	la diferencia en la longitud del tallo	Largo	Corto

Para cada uno de los siete caracteres del cuadro anterior, Mendel montó una serie de experimentos para cada uno de ellos, pero tuvo una dedicación extraordinaria, ya que todos los datos que recogía de cada cruce eran registrados y guardados para luego ser analizados, en el cuadro siguiente se muestra parte de sus experimentos.

Cuadro 2. Número de experimentos y cruzamientos realizado para los siete caracteres estudiados por Mendel y el número de plantas utilizadas. Tomado de (Mendel, 1865, pág. 6).

No. De experimento	No. De cruzamientos	No. De plantas
Primero	60	15
Segundo	58	10
Tercero	35	10
Cuarto	40	10
Quinto	23	5
Sexto	34	10
Séptimo	37	10

En los siete experimentos realizados, los cruzamientos se hicieron en doble vía o de manera recíproca, es decir que si para cada carácter, evaluado para una planta que en una cruce se comportó como hembra (♀) en el cruce recíproco, esta misma planta se comporta como macho (♂) para ese carácter.

De los hallazgos de Mendel en los diferentes cruzamientos encontró que: “los híbridos obtenidos en cada cruzamiento de los siete caracteres, el híbrido resultante expresaba la característica de uno de los parentales y que la característica contrastante no se observaba en el híbrido. Esa característica que presentaba el híbrido en el cruzamiento, Mendel dijo que era “dominante” y la característica que quedaba latente, le denominó carácter recesivo”. (Mendel, 1865, pág. 7).

El carácter recesivo, se le denominó así porque no aparece en el híbrido, más sin embargo reaparece en las progenies posteriormente.

En los cruzamientos efectuados tomando las siete características que había seleccionado que se describen en la figura 1, al cruzar una planta de arveja con semilla lisa con otra planta con semillas rugosas, independientemente quien sea el progenitor masculino o femenino, experimentó que el híbrido resultante exhibía un carácter de manera fija y completa (semilla lisa), a ese carácter le denominó dominante y el carácter contrastante que no se exhibía o permanecía latente en el proceso de cruzamiento le llamó carácter recesivo (semilla rugosa). (Mendel, 1865)

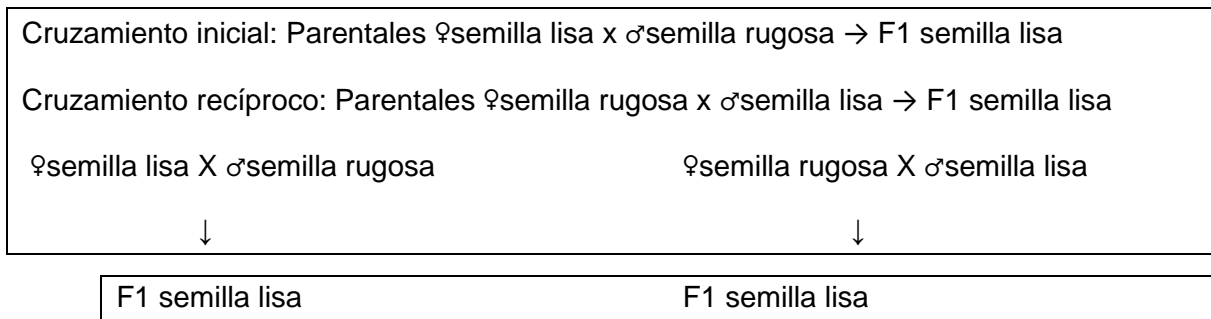


Figura 1. Representación del resultado de las cruzas y los resultados obtenidos

Continuó con sus cruzamientos y cuando cruzó plantas de la F1 (con semilla lisa), se encontró que en la generación obtenida (o sea modernamente es la F2) obtuvo un total de 7324 semillas de las cuales 5474 fueron lisas y 1850 tenían semillas rugosas, obteniendo una proporción de 2.96: 1.

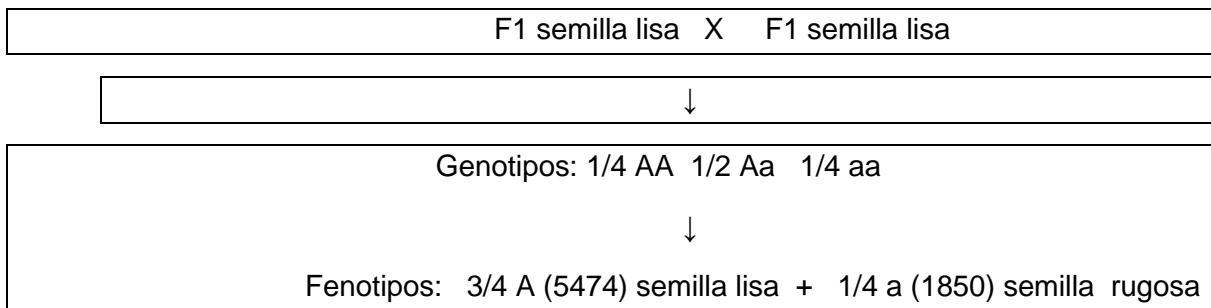


Figura 2. Representación del resultado de las cruzas y las proporciones obtenidas en las descendencias.

Mendel (1965), determinó: “Que, en la primera generación del híbrido obtenido, (que modernamente es la F2) reapareció el carácter recesivo (semilla rugosa) y el dominante (semilla lisa) expresado en una proporción promedio de tres es a uno (3:1), de tal manera que, si son cuatro plantas producidas por la generación del híbrido, tres de ellas tendrán el carácter dominante (semilla lisa) y una el recesivo (semilla rugosa) sin importar quien es el progenitor masculino o femenino. De manera similar sucedió con el resto de los siete caracteres de la arveja observadas en la figura 1 y de manera categórica dijo que no encontró formas transicionales (intermedias) de los caracteres en los cruzamientos realizados en todo el experimento” (p.9).

A pesar que sus trabajos de investigación en cruzamientos con arveja (*Pisum sativum*)

Fueron publicados en 1865, éstos fueron redescubiertos en Europa en 1900 por Hugo de Vries, científico holandés, por el científico austríaco Erich Tschermak von Seysenegg (1871-1962) y el científico alemán Karl Correns (1864-1933), son los tres científicos que rescataron a Mendel; aunque cada uno ignoraba la existencia de los otros. (Curtis, Schnek, & Barners, 2008, pág. 175)

Dos científicos ingleses, dieron grandes aportes a la Genética y valoraron los trabajos realizados por Mendel en Arveja. El primero de ellos es Reginald Punnett (1875-1967) el genetista inmortalizado por implementar para los cruzamientos genéticos el tablero de Punnett.

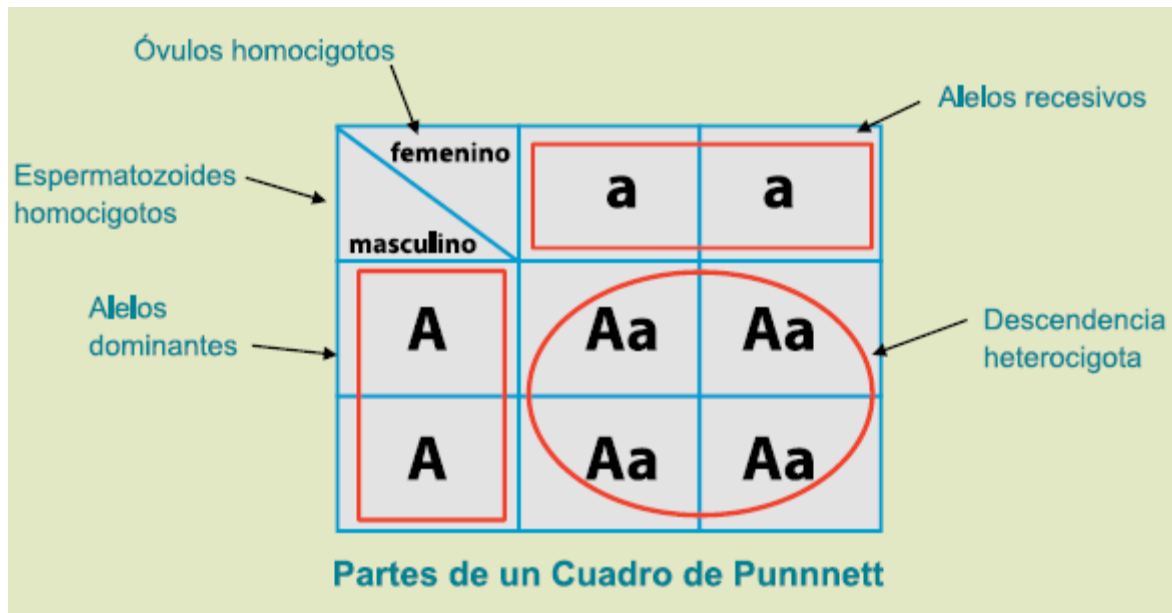


Figura 3. Cuadrado de Punnett, que nos ayuda a predecir las **proporciones** genotípicas y fenotípicas de la descendencia en los cruzamientos. Tomado de <https://genddzb.blogspot.com/2019/02/el-cuadro-punnett-el-cuadro-de-punnett.html>.

El otro científico inglés es el zoólogo William Bateson (1861-1926). Bateson era un partidario de las ideas mendelianas y tradujo al inglés las obras de Mendel. Bateson, quien introdujo el término genética, demostró que las leyes de la herencia aplicables a los vegetales podían extenderse a los animales. Bateson dijo que Mendel era el fundador de la Genética clásica,

Thomas Hunt Morgan fue otro científico que describió el modo en que los genes se transmitían a través de los cromosomas. Recordemos que cuando Mendel hizo sus experimentos no se había descubierto los cromosomas ni los genes. “Morgan aseguró, que “la ley de la segregación de los genes” y “la ley de la transmisión independiente de los genes” habían sido descubiertas por Mendel, por lo que se refirió a ellas como “primera ley de Mendel” y “segunda ley de Mendel”, respectivamente. La existencia de los genes ha sido confirmada por los estudios bioquímicos de las macromoléculas orgánicas y por las observaciones del microscopio electrónico” (Ruiza, Fernandez, & Tamaro, Bibliografías y vidas. La enciclopedia en línea, 2004)

1.3. Importancia de la fitogenética y el mejoramiento de plantas:

La importancia de estas disciplinas, que de hecho están complementadas, la podemos resumir en el incremento en la producción por unidad de superficie que genera un aumento de la producción global de alimentos. En los Estados Unidos de Norteamérica, dice Pedro Reyes” se estima que de 1915 a 1964, en casi 50 años, la producción de trigo, maíz, avena, soya y tabaco, gracias al mejoramiento genético vegetal, se incrementó el rendimiento de estos cultivos en 32,4% para el caso de la avena y hasta 117.3%, para el caso de tabaco” (Reyes Castañeda, 1985, pág. 6). Como el objetivo final de la mejora de plantas es generar variedades de alta producción y de alta calidad es innegable el aporte que estas han dado en el incremento de la producción principalmente en los cereales y leguminosas.

Generalmente, cada país posee una institución dedicada a la generación de variedades de los cultivos importantes, para el caso nuestro el INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS -ICTA- es la institución encargada por el Estado para realizar dicha actividad. En efecto han sido muchos las variedades comerciales que se han generado y liberado en el país para que sean usadas por los agricultores y que desafortunadamente no existen estudios profundos que evalúen el impacto que estas han tenido en la economía del país.

Resumiendo, los logros que se han alcanzado en el mejoramiento de plantas ha sido fundamentalmente en el desarrollo de fenotipos superiores en frutales, hortalizas, leguminosas, cereales, pastos, ornamentales y especies industriales, entre otras, que han venido satisfacer las necesidades de alimentos y en otros casos los gustos de los consumidores.

Hoy en día que nos encontramos a las puertas de tratados de libre comercio con otros países el mejoramiento genético tendrá que actualizarse para producir lo que se exige en los mercados que ya no serán mercados solo nacionales sino internacionales, esto viene a ser un reto para las Facultades de Agronomía del país en capacitar Agrónomos que se inserten en estos nuevos mercados de mano de obra ya que la competencia también será internacional.

1.1. El fitomejoramiento

El **Fitomejoramiento** también se conoce como **mejoramiento genético de plantas**. Este nace “Con la agricultura misma, desde que el hombre (o la mujer) coleccionan por primera vez semillas de plantas que ha sembrado de *ex profeso* en parcela de tierra, es lógico esperar que de éstas escogieron para la siembra siguiente las provenientes de los mejores individuos, mejores en el sentido que satisficieran sus necesidades. Se va así mejorando las poblaciones de plantas” (Márquez, 1985, pág. 1)

Sin embargo, Márquez (1985), indica que el **mejoramiento genético moderno** inicia en la primera década del siglo XX, a raíz del redescubrimiento de los trabajos de Mendel, que en el año 1900 lo hicieron Correns, De Vries y Tschermak, luego de 35 años que estaban enterrados. Además, el descubrimiento del maíz híbrido, la Genética cuantitativa especialmente lo que se considera su piedra angular como lo es la ley de Hardy y Weimberg

y por último el aporte de la Biometría y la Estadística. Existe otro concepto que es la **Genotecnia Vegetal**, el cual fue acuñado por el Mexicano Basilio Rojas, que originalmente le llamó “métodos fitotécnicos” que se refería a todo lo del mejoramiento genético en los vegetales.

Existe otro concepto que lo propone el también mexicano Pedro Reyes, que es el de **Fitotecnia**, el cual define como: “conjunto de técnicas y prácticas agrícolas aplicadas al cultivo de las plantas con miras a obtener una mejor y mayor producción” (Reyes Castañeda, 1985, pág. 1).

El mismo autor sugiere que:

“la Fitogenotecnia (**Fitomejoramiento**) se considera el arte y la ciencia de: conservar, mejorar, o cambiar el genotipo o la herencia de las plantas cultivadas formando nuevas variedades o mejorando las ya existentes y de cultivo común para los agricultores. Es arte porque con la habilidad del fitomejorador se pueden observar y distinguir los genotipos superiores de importancia económica, en el conjunto de plantas de una población y por los artificios usadas para su distinción. Agrega que es ciencia porque el fitomejorador conoce y aplica el método científico para solucionar los problemas que afronta. El método científico, dice, es la explicación de los hechos o fenómenos formulando hipótesis, su prueba respectiva mediante experimentos y la obtención de principios o leyes que los rigen. Aplicando el **método inductivo**, mediante el cual, estudiando una pequeña muestra, se puede inferir el conocimiento de una población, que es justamente lo que los agrónomos hacemos en el campo por medio de los diseños experimentales aplicados a la agricultura”. (Reyes Castañeda, 1985, págs. 1-2)

Como hemos revisado anteriormente muchos autores utilizan un conjunto de conceptos que pareciera que son sinónimos: *Fitogenética*, *Fitomejoramiento*, *Fitotecnia*, *Genotecnia vegetal*, *Mejoramiento genético vegetal*, etc. Es la opinión del autor de este documento y que para efectos del curso que compartimos, quiero indicar que la **Fitogenética** es el estudio de los principios o el conocimiento de los mecanismos de la herencia y la variación en los vegetales. Cuando estos principios o leyes son aplicados a los vegetales, con el objeto de obtener mejores individuos o poblaciones para satisfacer las necesidades o gustos del ser humano, estamos frente a la **Fitogenética aplicada** o **Fitomejoramiento**, con los siguientes sinónimos, a saber: *Fitotecnia*, *Mejoramiento genético vegetal*, *Genotecnia vegetal*, o simplemente *Mejoramiento de plantas*. En ese sentido mientras que la Fitogenética nos proporciona las bases científicas para entender los mecanismos hereditarios en los vegetales, con el Fitomejoramiento (y sus sinónimos) aplicamos estos conocimientos para obtener materiales genéticos (variedades, líneas, híbridos) que satisfagan las necesidades del ser humano, sean estas alimenticias, de

vivienda, vestuario, medicinales u otras. Claro que en algunas veces es difícil separar una de la otra, a esto se debe que los conceptos antes mencionados se utilicen indistintamente y en este curso se mezclan los conceptos básicos y aplicados. De tal suerte que, aunque el curso se denomine **Fitogenética** incluimos la parte de su aplicación en la agricultura, es decir la Fitogenética aplicada o Fitomejoramiento pues el fin último de esta ciencia es la producción de las variedades vegetales que le interesan al ser humano. Por esta razón los apuntes de este curso están orientados a Fitogenética y Mejoramiento de plantas.

Para establecer el "parte aguas", entre la *Fitogenética* y el *Fitomejoramiento*, se ilustra el siguiente ejemplo. El botánico Johannsen en 1,909, en sus estudios en frijol (*Phaseolus vulgaris*) propuso la teoría de la "línea pura" (principio fitogenético) el cual sirvió de base para la obtención del método de mejoramiento de plantas autógamas conocido como la selección individual (esto ya es *Fitomejoramiento* o sus sinónimos).

Como hemos dicho anteriormente la Fitogenética y el Fitomejoramiento son complementarios, pues no se podría realizar una mejora genética efectiva sin que se conozcan los principios genéticos que regulan las características a modificar en los vegetales.

1.2. Objetivos del mejoramiento genético vegetal:

Según Allard (19809) dice que: "El hombre depende absolutamente de las plantas para su alimentación. Todo lo que come, prácticamente sin excepción, o es vegetal o se deriva más o menos directamente de los vegetales, como, por ejemplo, la carne, huevos y productos lácteos. Además de las plantas se derivan, directa o indirectamente, la mayoría de ropas, drogas, combustibles y materiales de construcción" (p.13).

Como indica un investigador inglés de nombre Norman Simmonds (1979):

Los objetivos de los programas de mejoramiento de plantas pueden analizarse desde dos puntos de vista, uno económico y el otro biológico, en nuestro caso solo analizaremos el biológico, el cual está representado por los factores de **rendimiento** y **calidad**. En la práctica el rendimiento es mucho más importante que la calidad. La calidad se refiere aspectos relacionados con el cultivo, ya sea de carácter químicos, físicos, mecánicos o estéticos. (p.40)

En cuanto al **rendimiento**, según se menciona en diversas literaturas, una mejora en la producción se refiere a una mejora en todos aquellos factores que ayudan a que la cantidad de producto obtenido sea mayor, como lo indica Brauer (1969):

Producir más por unidad de superficie mediante la obtención de nuevas variedades de plantas, se necesita producir más grano, más forraje, más frutos y verduras en menor área de terreno. Para lograr lo anterior se necesitan plantas más eficientes, capaces de aprovechar mejor el agua, los fertilizantes, el clima y que sean más resistentes a los daños causados por factores externos, es decir factores tales como lo son resistencia a temperaturas adversas, plagas, enfermedades, estrés, exceso o falta de sales, al acamé, etc., además de otros factores como lo son el obtener plantas más altas y robustas, que nos den frutos mayores que aumenten la producción. (p.19)

Existen muchos ejemplos de como se ha incrementado el rendimiento en los cultivos y los efectos que se ha tenido en la producción. Por ejemplo “en las grandes planicies de Los Estados Unidos de América, en donde se introdujo trigo rojo tipo Turkey, el cual resultó ser bastante resistente a las bajas temperaturas y la sequía, y a la vez resultó ser bastante productivo, convirtiéndose en una verdadera fuente de alimento para el mundo (Poehlman, 1979).

Con relación a la mejora de los rendimientos en los cultivos alimenticios Pereira (1999) dice que: “El crecimiento de los rendimientos de maíz en porcentaje y en promedio para le región de Centro américa, El Caribe y México de 1961- 1997, se obtuvo un incremento de rendimiendo del 2.23% para el periodo de 1961-70; de 3.35% para el periodo de 1971-80; de 0.30% en el periodo de 1981-90 y en el periodo de 1991-97 fue de 1.46%” (p. 114). Indica que este aumento se ha debido en otras razones al uso del Mejoramiento genético en la producción de materiales genéticos.

Otro ejemplo ocurrió con el sorgo, el cual tuvo su introducción con éxito en los Estados Unidos hace unos cien años. Esta especie de origen tropical probablemente africano, estuvo confinada en su origen a las partes más cálidas de las llanuras del sudoeste, pero gradualmente, se han ido obteniendo variedades más tempranas, hasta que, en la actualidad, el cultivo del sorgo ha adquirido importancia en algunos estados tan septentrionales como Dakota del Sur. Además, con el sorgo se han mejorado caracteres agronómicos, ya que las variedades que se introdujeron en un principio debían de ser cosechadas a mano debido a su altura excesiva. La obtención de variedades enanas con una altura de 1 a 1.50 m ha hecho posible la recolección con cosechadoras, lo cual ha sido el factor más importante en el desarrollo del cultivo del sorgo (Allard, 1980).

Con relación a la **calidad**, muchas veces se refieren a demandas de la sociedad de sus gustos. Simmonds (1979), reconoce la existencia de: “Cuatro grupos principales de características de calidad, a saber: **organolépticas** (los sabores, olores, texturas y colores);

químicas (criterios industriales como en el contenido de aceite, grados brix en la caña de azúcar y aceites esenciales en las plantas medicinales etc.); **mecánicas** (como en el caso de la resistencia de las fibras) y **biológicas** (como en los forrages, en los cuales el crecimiento del animales el criterio último de su calidad)” (p.51).

1.3. Los programas de mejoramiento genético

Se acepta que el mejoramiento genético vegetal (MGV) se inició con el hombre primitivo, en el momento que dejó de ser nómada y se volvió sedentario, aprovechando los recursos que los rodeaba. Las especies vegetales útiles que tenemos hoy fueron seleccionadas en el pasado por generaciones anteriores que basados en el conocimiento empírico, es decir apoyado en la experiencia y la observación, y no en la teoría. En la Mesopotamia, muchos siglos antes de Cristo, se reporta la polinización artificial de la palma datilera, sin embargo, se hacía de forma empírica sin que el hombre comprendiera los procesos de reproducción

El Conocimiento sobre los mecanismos hereditarios en los vegetales (Fitogenética), ha permitido la formulación de Programas de Mejoramiento Genético (PMG) para cada especie de interés, es decir el conocimiento de los principios fitogenéticos aplicados a la obtención de variedades vegetales para uso de los productores (Fitomejoramiento).

Para el caso particular de Guatemala el –ICTA-, es la institución creada por el Decreto 68-72 el cual norma en el Artículo 3, que el objetivo del instituto, entre otros es: ...producir materiales y métodos para incrementar la productividad agrícola. (Congreso de la República de Guatemala, 1972) Este instituto ha desarrollado programas de mejoramiento genético para cada una o varias especies vegetales. Así por ejemplo ha creado programas de mejoramiento genético para cultivos como maíz, frijol, trigo, sorgo, arroz, hortalizas y otras de importancia económica para el país.

Como hemos mencionados en el epígrafe anterior, los PMG se planifican para cada especie en particular; sin embargo debe tenerse presente que previo a iniciar cualquier programa de mejoramiento es necesario definir claramente los objetivos, a corto, a mediano y a largo plazo. La meta al final de los programas es generar materiales genéticos resistentes a una plagas o enfermedad, adaptada a una condición climática, mejor calidad de un nutrimento etc. No olvidar que los objetivos deben tomar en cuenta tres sectores de la población y sus demandas, es decir: los productores, los consumidores y los agroindustriales. Se recomiendan que los programas sean flexibles, en su estructura permitiendo ajustar los objetivos a las necesidades de los mercados.

Los PMG trabajan para el futuro ya que la generación de una variedad comercial puede tomar más de diez años, por tanto, los objetivos que se definan deben perdurar en

el tiempo. Es recomendable efectuar una buena revisión de literatura en la planificación del programa a desarrollar y es imprescindible visitar otras instituciones que estén desarrollando o hayan desarrollado otro proyecto similar, no solo para saber que han hecho sino de que manera puede lograrse una colaboración en el proyecto que se desarrollará. Para nuestro país se han logrado interesantes proyectos de investigación conjunta entre dos o tres instituciones.

De vital importancia es conocer el modo de reproducción de la especie con que se trabajará y el grado de cruzamiento (si es alógama), esto resulta importante cuando se trata de especies exóticas que tenemos poco conocimiento de ellas, para su conocimiento es necesario conducir estudios preliminares. La característica que se está mejorando debe conocerse perfectamente su herencia y su grado de influencia del ambiente sobre ella.

La preparación Técnico-Científica del mejorador es condición básica para tener éxito en el programa, hoy en día es necesario que sea un buen administrador con capacidad de tomar decisiones acertadas en el momento que se le pidan. El mejorador se encontrará con muchos obstáculos tales como: poca disponibilidad de recursos económicos, falta de áreas experimentales, dificultades para la consecución de germoplasma, etc.

1.3.1. La administración de un programa de mejoramiento genético

Los programas de mejoramiento actúan como un sistema, con entradas y salidas, las entradas consisten en nuevas combinaciones genéticas, nuevas fuentes de germoplasma que con el trabajo del fitomejorador utilizando técnicas apropiadas de selección o hibridación llega a generar nuevas variedades y nuevos híbridos que son las principales salidas del sistema. ¿Quizás la pregunta más grande que nos hacemos es cuando obtendremos nuestra nueva variedad o híbrido?, la respuesta es que puede ser un poco o muchos años dependiendo principalmente del ciclo generacional de la especie a mejorar, así por ejemplo en especies anuales el período mínimo para obtener una variedad trabajando un ciclo por año se necesita como mínimo de 8 a 10 años. En especies perennes como frutales y especies forestales el tiempo mínimo puede ser de unos 25 a 30 años. El sostenimiento de un programa de mejoramiento genético resulta oneroso, precisamente porque los resultados se obtienen a mediano y a largo plazo, en tal sentido en países en vías de desarrollo el Estado es el que provee los fondos para la investigación. Para el caso de Guatemala, como lo indicamos anteriormente, la institución dedicada con estos propósitos es el Instituto de Ciencia y tecnologías agrícolas ICTA. En este instituto se tiene por lo general un programa de mejoramiento por cada especie económica, así, existe un programa de maíz, de frijol, sorgo, arroz, trigo, etc. La iniciativa privada participa muy poco en la generación de variedades ya que hasta hace años recientes se han incorporado a este proceso. En este trabajo se pretende dar los elementos necesarios para diseñar un programa de mejoramiento genético en una especie vegetal determinada.

1.3.2. Que productos generan los programas de mejoramiento genético vegetal

En los países desarrollados existe una participación activa del sector privado en la generación de variedades para la producción agrícola, sin embargo, en países subdesarrollados como el nuestro los programas de mejoramiento genético son financiados con fondos públicos y los ejecutan las organizaciones del sector público, tal el caso del ICTA. Welsh (1981) afirma que:

El éxito de los programas de mejoramiento en países desarrollados como los Estados Unidos de Norteamérica (EE: UU) se ha debido a la cooperación del departamento de agricultura (USDA) y las universidades de ese país. Así la oficina nacional encargada de los programas de mejoramiento con las universidades reciben apoyo incluso económico del gobierno federal y de algunos productores privados cuando se investigan problemas muy específicos. (p.192)

Los programas de mejoramiento genético aportan sus productos en tres áreas que según Welsh (1981) son, como sigue:

1. Desarrollar la generación de variedades y de híbridos que serán utilizados por los productores en los sistemas de producción. Para el caso de Guatemala sin temor a equivocarnos la mayoría de materiales genéticos que se cultivan en granos básicos son generados por dicha institución. Este aspecto es el más importante.
2. Un segundo aspecto que deben cubrir los programas públicos de mejoramiento es el desarrollo de investigación básica en la agricultura como por ejemplo las relaciones huésped-patógeno en las diferentes enfermedades vegetales, la herencia de características en lo vegetales, el control genético del metabolismo, estudios fisiológicos, etc. Que se traducen en informes científicos. Esto constituye un elemento importante ya que retroalimenta el proceso de generación de materiales genéticos.
3. El tercer aspecto importante es el entrenamiento para estudiantes en la rama de mejoramiento genético, esto tiene mucha relación con lo anterior ya que los estudiantes pueden optar como tesis, temas de interés para la agronomía. (p.153)

1.3.3. Conocimiento de la especie a mejorar

Previo al trabajo de mejoramiento genético es importante que el fitomejorador conozca los aspectos, relacionados con la biología floral de la especie a mejorar, la morfología de toda la planta es parte del conocimiento fundamental antes de iniciar con el programa, pero principalmente la morfología floral, la disposición de las flores, la ubicación de los órganos reproductores, así como la época de producción de granos de polen, la receptividad del estigma y la forma de emasculación. Welsh (1981) al referirse al conocimiento previo que debe tener el Fitomejorador, incluye a la forma de reproducción de la especie y su mecanismo de fertilización si es por agentes eólico, o entomófila para el caso de alógamas o si se trata de especies de autofecundación, esto afectará la forma de

cruzamiento para generar variación por medio de cruzamientos controlados. Además el sistema reproductivo de la especie es de primera importancia, es decir si es sexual o asexual, de ser sexual si es una especie autógena o alógama.

1.3.4. Establecer la variabilidad genética con que se cuenta de la especie a mejorar

Otro aspecto importante es la variabilidad genética con que se cuenta de la especie a mejorar, o sea las fuentes de germoplasma. Estas fuentes pueden provenir de parientes silvestres de nuestra especie a mejorar, de cultivares primitivos o cultivares avanzados o se recurrirá a inducir variabilidad por medio de la inducción de mutaciones.

En 1,971 se propuso el concepto de Gene Pool, que traducido libremente al español se puede entender como “Reservorio Genético” en el cual se diseña la utilización de germoplasma en un programa de mejoramiento genético vegetal.

En el diseño del Reservorio genético, se ubican tres Reservorios genéticos o tres Gene pools, representados por RG 1, RG 2 Y RG 3 de manera concéntrica, tal y como se aprecia en la figura 3. EL Reservorio Genético 1 o primario, se ubica la especie o cultivar de interés a mejorar, además, se encuentra todo aquel germoplasma que presenta características importantes que son fácilmente transferidas a nuestra especie de interés, los cruzamientos son fáciles y se obtienen progenies fértiles. El Reservorio Genético 2 o secundario, incluye todo aquel germoplasma que se puede utilizar con ciertas restricciones, ya que las cruza son difíciles y los híbridos obtenidos algunas veces son fértiles pero por lo general son estériles. Por último, tenemos el Reservorio Genético 3 o terciario, en donde ubicamos el germoplasma cuyo uso es muy dificultoso, solo puede utilizarse con muy serias restricciones, aún más los híbridos obtenidos son por general completamente estériles. A veces se utilizan técnicas muy sofisticadas como el rescate de embriones. En este esquema a medida que nos alejamos del RG1 el uso del germoplasma también se aleja. Fuera de estos tres reservorios ya no se puede utilizar el germoplasma (**Harlan & De Wet, 1971**). Este ha sido el esquema general del reservorio genético como hipótesis de la utilización del germoplasma, sin embargo, muy recientemente, con el avance que se ha tenido en una nueva herramienta en el campo de la Genética como lo es la Ingeniería Genética, es posible que este esquema haya cambiado.

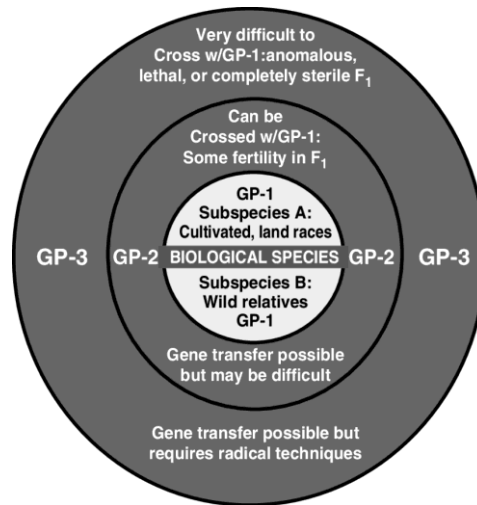


Figura 4. Representación gráfica de un reservorio genético o “gene pool” el cual fue tomado de: https://www.researchgate.net/publication/261724715_Landmark_Research_in_Grain_Le_gumes/citation/download.

1.4. Científicos que han aportado importantes conocimientos para la Fitogenética

En 1,694, los experimentos realizados por el **Camerarius** lo llevaron a concluir que las plantas también se reproducían sexualmente y que el polen funcionaba como el macho en los animales y el óvulo como lo femenino en los animales.

En 1,760, **Kolreuter** condujo el primer experimento en la hibridación vegetal colocando polen de una planta de tabaco sobre el estigma de otra planta de la misma especie

Gregorio Mendel (1822-1884), un monje austriaco, trabajando en los jardines del Monasterio de Altbrünn, experimentando con hibridaciones en arveja (*Pisum sativum*), y aplicando el método científico y anotando meticulosamente los resultados obtenidos en sus ensayos, formuló sus hipótesis relacionadas con la herencia, las que fueron publicadas en el año de 1,866.

En 1,859, se publica la obra de **Carlos Darwin** el "origen de las especies", sin ninguna base experimental explicaba como las características de los padres se transmitían a la descendencia

Los trabajos de Mendel fueron redescubiertos en el año 1900, por tres científicos, a saber: **Hugo de Bries** (holandés), **Carl Correns** (alemán) y **Erik Von Tschermak-Seysenegg** (austriaco). Estos llegaron a los mismos resultados que Mendel había obtenido 30 años atrás. Lo anterior sirvió para reconocer el trabajo meritorio que Mendel había descubierto y con razón hoy se le conoce como el padre de la genética, dando las bases para que la genética se convirtiera en una ciencia, y de esa cuenta el arte del mejoramiento genético se ha transformado de un arte a una verdadera disciplina científica

A finales del siglo XIV, **Francis Galton**, primo de Carlos Darwin, interesado en la herencia aplica por primera vez los métodos de análisis estadístico a los fenómenos de la variación y la herencia, en la medición del grado de perecimiento entre los padres y sus descendientes, estableciendo las bases de la Biometría, rama de la biología fundamental para el Mejoramiento Genético, **dedicada a medir y analizar datos biológicos**.

El botánico **Johannsen** en 1,909, en sus estudios en frijol (*Phaseolus vulgaris*) propuso la teoría de la "línea pura", así mismo introduce el concepto de **genotipo** (principio Fitogenético) el cual sirvió de base para la obtención del método de mejoramiento de plantas autógamas conocido como la selección individual (esto ya es Fitomejoramiento o sus sinónimos).

En 1912 **East y Hayes** señalaron la importancia del vigor híbrido siendo, pero fue **Shull** en 1,914 quien propone el concepto de **Heterosis**, de gran importancia en la hibridación como método de mejoramiento

Los trabajos publicados por **R.A. Fisher** en 1918 fueron fundamentales para formación de una rama de la Genética conocida como Genética Biométrica.

En 1,926 se publican los trabajos del ruso **N. I Vavilov** sobre el Origen de las plantas cultivadas en el que indica que el origen de las mismas ocurre en puntos diferentes alrededores del planeta.

Los estudios sobre la estabilidad de los genotipos evaluados en experimentos, destacan los trabajos de **Stringfield y Salter** en 1,934; **Yates y Cochran** en 1,938; **Finlay y Wilkinson** en 1,963 y los e **Eberhart y Russell** en 1,966.

En 1,960, D.S. **Falconer** publica el libro "Introducción a la Genética Cuantitativa", un documento básico que resume los avances en la Genética de poblaciones, así como el estudio de los caracteres métricos. En 1,971 **Harlan y de Wet** proponen el concepto de Gene Pool para la utilización de germoplasma. Aunque es muy difícil reunir todos los

eventos importantes que han servido de base para el desarrollo de la Fitogenética y el Mejoramiento genético, únicamente hemos anotado los más relevantes.

No podemos dejar de mencionar que el surgimiento de la era de la Genética Molecular, que para muchos científicos ocurrió con el trabajo publicado por el Estadounidense James Dewey Watson y el inglés Francis Harry Compton Crick, quienes en 1953 publicaron en una de las revistas más prestigiosas del mundo como lo es la revista "Nature" el trabajo titulado "Molecular structure of nucleic acids. A structure for deoxyribose nucleic acid" (Estructura molecular de los ácidos nucleicos. Una estructura para el ácido nucleico desoxirribosa. Dentro de la Genética Molecular se ha desarrollado la Ingeniería Genética que ha revolucionado el campo de la Genética. **(Avers, 1991)**)

Recientemente, hemos escuchado acerca de las supervariedades que se han obtenido a través del uso de la biotecnología como auxiliar en el mejoramiento genético vegetal. Unas de estas supervariedades son obtenidas por la Ingeniería Genética que se desarrolló a partir del conocimiento de la estructura del ADN. El desarrollo de la bioquímica y la enzimología han permitido a los fitomejoradores trasladar genes de una especie a otra sin importar el reino al que pertenecen. Este tema se profundiza en una de las unidades del curso.

1.5. LA TECNOLOGÍA DE SEMILLAS

La **Tecnología de Semillas** es una disciplina reciente que poco a poco ha tomado importancia en la Agricultura de los países. Tenemos que tener claro que el trabajo del Tecnólogo en semillas depende en gran medida del trabajo de los fitomejoradores, ya que al producirse un nuevo material genético este debe incrementarse para que sea comercializado pero este incremento de su semilla debe estar en manos del tecnólogo en semillas con el objeto de mantener la calidad genética. Pero para mantener esta calidad genética es necesario que los tecnólogos tengan los conocimientos y las técnicas necesarias para que el productor pueda adquirir en el mercado semillas de buena calidad. El trabajo del tecnólogo en semillas no solo es importante si no imprescindible en flujo de semillas mejoradas desde los fitomejoradores hacia los productores.

1.6. Relación entre la Fitogenética, el Fitomejoramiento y la Tecnología de semillas

Estas tres disciplinas se entrelazan entre sí, cada una aporta la base de la etapa posterior, en la figura infra, se representa esta relación que guardan estas disciplinas cuyo punto final son los agricultores o productores.

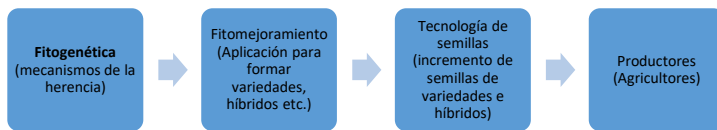


Figura 5. Representación gráfica de las relaciones entre tres disciplinas en proceso de mejoramiento de las plantas.

Bibliografía

- Allard, R. W. (1980). *Principios de la mejora genética de las plantas* (Cuarta ed.). (J. L. Montoya, Trad.) Barcelona, España: Omega.
- Avers, C. J. (1991). *Biología Celular*. (I. De León Rodríguez, & A. J. Pérez Zapata, Trads.) Mexico, Mexico: Iberoamericana.
- Brauer, O. (1969). *Fitogenética aplicada*. (Primera ed.). México, México: Limusa-Wiley .
- Brewbaker, J. (1967). *Genética Agrícola* (Primera ed.). (H. Sauza, Trad.) Ciudad de México, México: Uteha.
- Congreso de la República de Guatemala. (1972). Ley orgánica del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. *Decreto 68-72(68-72)*. Recuperado el 21 de marzo de 2020, de https://www.congreso.gob.gt/detalle_pdf/decretos/3130
- Cronquist , A. (1986). *Introducción a la Botánica* (Octava ed.). (A. M. Ambrosio, Trad.) México, México: CECSA.
- Curtis, H., Schnek, A., & Barners, S. (2008). *Biología* (7a. ed.). (M. Panamericana, Ed.) https://www.academia.edu/28117021/Biologia._Curtis_-

_Barnes_7ma_edici%C3%B3n_: Médica Panamericana. Recuperado el seis de junio de 2020, de https://www.academia.edu/28117021/Biologia._Curtis_-_Barnes_7ma_edici%C3%B3n_

Flores Vindas, E. (1989). *La planta: estructura y función*. San José, Costa Rica: Edición Tecnológica.

Font Quer, P. (1985). *Diccionario de Botánica*. Barcelona, España: Labor S.S.

Frankel, R., & Galun, E. (1977). *Pollination Mechanisms, Reproduction and Plant Breeding*. Berlin, Alemania: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Recuperado el 12 de junio de 2020

Goodenough, U. (1978). *Genetics*. Kent, Great Britan: W & J Mackay Ltd.

Harlan, J. R., & De Wet, J. (1971). Toward a rationa calssification of cultivated plants. *Taxon*, 509-517.

Hartmann, H. T., & Kester, D. E. (1980). *Propagación de plantas*. México, México: CECOSA.

Hayes, H. K., & Immer, F. R. (1947). *Métodos Fitotécnicos*. (A. E. Marino, & S. Horovitz, Trads.) Buenos Aires, Argentina: AGME AGENCY.

Herskowitz, I. H. (1987). *Principios de Genética*. México, México: Continental.

López Pereira, M. (1999). Impacto de la investigación en mejoramiento de maíz. *Agronomía Mesoamericana*(10(2)), 111-131. Recuperado el 21 de marzo de 2020, de http://www.mag.go.cr/rev_meso/v10n02_111.pdf

Márquez, F. (1985). *Genotecnia Vegetal. Métodos, Teoría y Resultados* (Vol. Tomo I. Primera Parte. Capítulo 1). México D.F., México: AGT.

Mendel, G. (1865). The Electronic Scholarly Publishing Project. 41. (T. E. Project, Ed.) Recuperado el 24 de marzo de 2020, de <http://www.esp.org/about/site/>

Poehlman, J. (1979). *Mejoramiento genético de las cosechas*. Mexico: Limusa.

Reyes Castañeda, P. (1985). *Fitogenotecnia. Básica y Apliicada*. (Primera ed.). México D.F., México: AGT.

- Robles, Sanchez, R. (1982). *Terminología genética y fitogenética*. México, México: Trillas.
- Ruiza, M., Fernández , T., & Tamaro , E. (2004). Biografía de Gregor Mendel. Barcelona, España. Recuperado el 24 de marzo de 2020, de <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/m/mendel.htm>
- Ruiza, M., Fernandez, T., & Tamaro, E. (2004). Bibliografías y vidas. La enciclopedia en línea. *Biografía de Thomas Hunt Morgan*. Barcelona, España. Recuperado el 10 de junio de 2020, de https://www.biografiasyvidas.com/biografia/m/morgan_thomas.htm
- Sánchez Monge, E. (1959). *Fitogenética (Mejora de plantas)*. Barcelona, España: Salvat. Recuperado el 19 de marzo de 2020, de file:///C:/Users/Usac/Downloads/Sanchez-MongeE_Fitogen_1955.pdf
- Simmonds, N. W. (1979). *Principles of crop improvement* (First ed.). New York, United States of America: Longman.
- Stansfield, W. D. (1991). *Genética* (Segunda ed.). (E. Fraga, Escamilla, Trad.) México, México: McGRAW-HILL.
- Vallejo Cabrera, F. A., & Estrada Salazar, E. I. (2002). *Mejoramiento Genético de plantas*. Palmira, Colombia. Recuperado el 26 de Julio de 2020, de https://www.academia.edu/24265572/Vallejo_Franco_Mejoramiento_Genetico_de_Plantas?auto=download
- Welsh, J. (1981). *Fundamentals of plant genetics and breeding*. New York, United States of America: John Wiley & Sons, Inc.