LECTURAS CRÍTICAS

**ALGUNAS EXPLICACIONES
SOBRE LAS LEYES
MENDELIANAS
Y EL MENDELISMO
COMPLEJO**

Arcesio Salamanca-Carreño
Universidad Cooperativa de Colombia
Sede Arauca

Documentos de docencia | Course Work

coursework.ucc.edu.co

No. 17, diciembre de 2015

<http://dx.doi.org/10.16925/greylit.1143>

NOTA LEGAL

El presente documento de trabajo ha sido incluido dentro de nuestro repositorio de literatura gris por solicitud del autor, con fines informativos, educativos o académicos. Asimismo, los argumentos, datos y análisis incluidos en el texto son responsabilidad absoluta del autor y no representan la opinión del Fondo Editorial o de la Universidad.

DISCLAIMER

This coursework paper has been uploaded to our grey literature repository due to the request of the author. This document should be used for informational, educational or academic purposes only. Arguments, data and analysis included in this document represent authors' opinion not the Press or the University.

ACERCA DEL AUTOR

Arcesio Salamanca-Carreño es especialista en Mejoramiento Genético (E), profesor instructor de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Cooperativa de Colombia, sede Arauca, Colombia. Correo electrónico: arcesio.salamanca@campusucc.edu.co

CÓMO CITAR ESTE DOCUMENTO

Salamanca-Carreño, A. Algunas explicaciones sobre las leyes mendelianas y el mendelismo complejo. (Documento de docencia No. 17). Bogotá: Ediciones Universidad Cooperativa de Colombia; 2015. doi: <http://dx.doi.org/10.16925/greylit.1143>

Este documento puede ser consultado, descargado o reproducido desde nuestro repositorio de documentos de trabajo (<http://coursework.ucc.edu.co>) para uso de sus contenidos, bajo la licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

RESUMEN

Las leyes mendelianas son consideradas las reglas fundamentales de la transmisión de la herencia e integran los contenidos de la genética clásica. En el presente ensayo se redacta en forma breve los fundamentos de las leyes mendelianas aplicadas a las observaciones fenotípicas de los organismos, y se hace una explicación de los efectos y algunas modificaciones de la herencia mendeliana en algunos caracteres en la producción animal. Se parte desde la acción de genes dominantes y recesivos, considerados de naturaleza cualitativa, y se da ejemplos explicativos de la acción entre genes y alelos. En el escrito se concluye que las leyes de la herencia son la base para estudios avanzados de la genética y principios de mejoramiento animal, aunque sigue persistiendo información de discusión sobre si son dos o tres las leyes mendelianas.

Palabras clave: genotipo, herencia, locus, alelo, dominante, recesivo.

INTRODUCCIÓN

Fueron dedicados más de ocho años a estudiar siete caracteres en unas 34 variedades, sembrando unas 28 mil plantas de arvejas o guisantes (*Pisum sativum*) por el monje austriaco Gregorio Mendel. Sus resultados fueron postulados mediante esquemas matemáticos sobre la forma de transmisión de los caracteres hereditarios que aparecen en forma discreta. El conjunto de esas reglas que son elementales y que exponen la transmisión de caracteres de padres a hijos se han denominado “las leyes mendelianas”, hoy comúnmente nombradas “leyes de la herencia”.

El interés de Mendel por utilizar los guisantes en sus experimentos fue debido a su facilidad de consecución en el mercado, su bajo precio y su producción amplia de descendencia en un tiempo relativamente corto. Los primeros cruzamientos los realizó entre plantas que diferían para un solo carácter denominado cruzamiento monohíbrido y luego estableció cruces entre plantas diferentes para dos caracteres o cruzamientos dihíbridos. Los experimentos fueron plasmados teniendo en cuenta siete caracteres con solo dos valores: forma de la semilla (lisa o rugosa); color de la semilla (amarillo o verde); color de la flor (púrpura o blanco); forma de la legumbre (lisa o rugosa); color de la legumbre madura (verde o amarillo); posición de las flores (axial o terminal) y talla de las plantas (alta o enana).

Por otra parte, en la descendencia de los cruzamientos existen algunas modificaciones en las segregaciones mendelianas debido a la existencia de más de dos alelos por gen y a la interacción entre ellos, produciendo cambios fenotípicos observables en los organismos, llegando inclusive a presentarse un alelo recesivo letal. A este tipo de expresiones se les ha denominado “el mendelismo complejo”.

El propósito del presente escrito es presentar una breve descripción de las leyes mendelianas y su complejidad, que sirva como guía de consulta para estudiantes y profesores que muestren interés por el desarrollo de la genética clásica o mendeliana y los principios del mejoramiento animal. Se puede inferir que el entendimiento de las leyes mendelianas es fundamental para el estudio de la genética y del mejoramiento animal y en la comprensión de caracteres de naturaleza cualitativa y cuantitativa.

PARÁFRASIS DE LAS LEYES MENDELIANAS

Dos de estas leyes hacen referencia al cruce entre organismos que difieren para un solo carácter, por ejemplo, alto (AA) y enano (aa). Si cruzamos dos organismos que se diferencian en un solo carácter (alto y enano), toda la descendencia, o F_1 , son altos (Aa), sí y solo sí A es dominante; esta ley es denominada “Ley de la uniformidad”. Pero si cruzamos entre sí los F_1 , la descendencia aparece en las proporciones tres altos (AA , Aa , Aa) uno enano (aa); esta es la segunda ley y es denominada como “Ley de la segregación de caracteres independientes”.

Mendel también tuvo inquietud por cruzar organismos que fueran diferentes para dos caracteres, por ejemplo, cruzó padres que diferían en dos pares de alelos. El experimento consistió en cruzar plantas de color de la semilla amarilla y forma redonda ($GGWW$) con plantas de color de semilla verde y forma arrugada ($ggww$); los resultados de la descendencia F_1 fueron todas amarilla redonda ($GgWw$) y en la F_2 las proporciones fueron nueve amarilla redonda ($G-W-$), tres amarilla y arrugada ($G-ww$), tres verde y redonda ($ggW-$) y una verde y arrugada ($ggww$), es decir una proporción de 9:3:3:1. A estas derivaciones las denominó como “Ley de la combinación independiente”.

Después de sus valiosos estudios, hacia 1910 Thomas Morgan en sus experimentos con la mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*) demuestra que los genes se encuentran localizados dentro de unas estructuras llamadas *cromosomas*. Hoy en día el estudio de los cromosomas, desde su estructura hasta los diferentes cambios en su número, está muy avanzado.

¿CÓMO SE PUEDE INTERPRETAR QUE ES UN ANIMAL HOMOCIGOTO?

La herencia que nos dejó el padre Gregorio Mendel fue la “herencia de los caracteres cualitativos”. En su época (1866), no se sabía que la herencia la determinan los *genes* y que estos están constituidos por ADN y formados por pares de *alelos*, los cuales se localizan dentro de los *cromosomas*. Posteriormente se descubrió que en los cromosomas existe un lugar donde están los genes, denominado *locus* en singular o *loci* en plural.

Mendel en sus experimentos, al cruzar plantas altas con plantas enanas, aplicó el término *dominante* a aquel valor que tomó el carácter de mayor expresión en la F_1 (alto) de un cruce entre *líneas puras*, sin tener en cuenta el segundo carácter (enano).

Igualmente, aplicó el término *recesivo* a aquel carácter que solo se expresa cuando el segundo carácter es igual (enano); explicado de otra forma, el carácter recesivo es aquel que se “oculta” en la primera generación pero que vuelve a aparecer en la segunda generación cuando se cruzan líneas puras.

Siguiendo con la terminología y definiciones, se considera a un organismo *homocigoto* aquel que tiene dos copias de un alelo, un locus o un fragmento de ADN iguales en los dos homólogos (*AA*, *aa*), que también se denomina *línea pura*. Contrario a este, aparece el *heterocigoto*, que es aquel organismo cuyos dos alelos son diferentes, expresándose el alelo dominante (*Aa*).

Esta contextualización se puede explicar de la siguiente forma: todo animal está formado de células (células musculares, células hepáticas, células nerviosas, etc.).

Cada célula posee un núcleo con funciones especiales. Imaginemos esto como una pelota que tiene en su interior otra más pequeña, donde la pelota grande representa la célula y la pequeña representa el núcleo. El núcleo contiene pequeños cuerpos de diferentes formas, denominados cromosomas; y los cromosomas a su vez están formados por unidades más pequeñas designados como genes. Los genes son los encargados de la transmisión de la herencia.

En el proceso de procreación, el padre aporta el espermatozoide y la madre aporta el óvulo. Entonces, lo que será el nuevo individuo lo determinan los genes de los cromosomas del óvulo y del espermatozoide.

Pero, ¿cómo actúa la herencia? El óvulo fecundado por un espermatozoide técnicamente se llama *zigoto*, y la palabra homocigoto significa igual o semejante. Si cada padre ha aportado el gen dominante que determina el valor de un carácter (gen *B*), el hijo es genéticamente *BB* y decimos que es puro u homocigoto para ese carácter. Caso contrario sucedería si un padre contribuye con el gen *B*, y el otro padre contribuye con el recesivo (gen *b*), el hijo es, entonces, *Bb* y diremos que es heterocigoto. Sin embargo, sucede algo muy importante y es que este hijo heterocigoto es dominante y “enmascara” dentro de su composición genética el gen que transmite para el carácter recesivo.

Lo anterior se puede ilustrar con el siguiente ejemplo del color del pelaje en la raza lechera Holstein (figura 1). Se supone que el toro Holstein es homocigoto para el color blanco y negro y decimos que su constitución genética es *BB*; y la vaca común es de color blanca y colorada y su constitución genética es *bb*. Los hijos del cruzamiento *BB* x *bb* son todos heterocigotos y de color blanco (*Bb*).

Figura 1. Diagrama que esquematiza la descendencia del cruce de dos animales homocigotos (BB , bb) y su respectivo cruce de prueba. No significa que toda la F_1 son machos, ni que en la F_2 se producen dos machos y una hembra, ni que en el cruce de prueba se producen dos hembras y dos machos, es solo la forma de ilustrar el esquema.

Fuente: elaboración propia

Un productor puede comprar un toro con fenotipo negro pero genotípicamente puede estar en condición BB o Bb . Sin embargo, ¿cómo puede saber un productor que un toro Holstein es homocigoto o heterocigoto? El señor Mendel explicó la forma de responder esta pregunta. La prueba consiste en realizar un cruzamiento entre la descendencia F_1 con uno de los padres recesivos, y lo denominó un *cruzamiento de prueba*. Si en la descendencia de este cruce aparece un animal de color rojo significa que el animal negro que compró el productor no es homocigoto para ese carácter.

Otra condición similar también en bovinos es la presencia o ausencia de cuernos, donde el carácter “sin cuernos” es dominante (CC) sobre el carácter “con cuernos” (cc). En un cruce de $CC \times cc$ toda la F_1 es Cc , sin cuernos. El comportamiento de los siguientes cruces es equivalente al ejemplo anterior.

En otras palabras, la homocigosis puede considerarse sinónimo de “pureza” y no explica que sea un animal mejorante, y se da constantemente para eventos de juzgamiento y de competencias feriales, lo que aumenta el valor o precio económico de un animal pero no los caracteres genéticos productivos.

Hoy en día es común en el sentir popular de todos los ganaderos, profesionales y técnicos la interpretación de “animal puro” como sinónimo de “animal mejorante”. Esto se puede explicar por la confusión del estudio de la herencia en la producción pecuaria. La condición de “puro” puede hacer referencia a los “caracteres externos del animal y de su ascendencia para lograr un registro en una Asociación de Criadores” [1]. En este sentido, es muy valioso el análisis de los registros genealógicos del animal.

ALGUNAS VARIACIONES DEL MENDELISMO

¿Qué sucedería si se expresaran al mismo tiempo los dos alelos? Un ejemplo para este caso está representado en el color del ganado Shorthorn. En estos bovinos el color rojo es dominante (RR) sobre el color blanco (rr); al cruzar un animal rojo con uno blanco, toda la F_1 presenta un color intermedio llamado roano o rosillo. Por su aspecto fenotípico, todo animal Shorthorn de color roano se considera heterocigoto (Rr), es decir, fenotípicamente es un animal que carece de “pureza”. En términos genéticos, se denomina una dominancia intermedia.

En aves, es muy común este tipo de dominancia y un ejemplo representativo es el que aparece cuando se cruzan gallinas de plumaje normal (AA) con gallos de plumaje “rizado fuerte” (aa); en la descendencia todas las gallinas son de fenotipo plumaje “rizado suave”.

En otros casos no todos los fenotipos que se expresan pueden ser por efecto de un gen dominante o de un gen recesivo. Existen muchos casos en los que la dominancia presenta una variación observable debido a la interacción entre varios genes o la interacción entre alelos y puede darse de varias formas. Un ejemplo muy común es el color del pelaje en los conejos, el cual está determinado por una serie de alelos de un mismo gen en un mismo locus que afectan el mismo carácter. Si cruzamos un conejo de color gris o pardo (Agutí) con un conejo de color blanco y orejas negras (Himalaya), en la F_1 van a nacer todos los conejos de color gris, y en la F_2 , por cada tres conejos de color gris va a aparecer un conejo blanco con orejas negras. Esto se

debe a que hay una serie de alelos en un mismo gen que está codificando para el color del pelaje, acción génica denominada como *alelos múltiples*.

La serie de alelos se identifica por una letra general para todos los alelos y la diferencia entre estos por un número o una letra ubicados como superíndice, como se observa en las tablas 1 y 2.

Tabla 1. Serie multialélica para el color del pelaje en el conejo

Fenotipo	Genotipo
Agutí	$C^1C^1, C^1C^2, C^1C^3, C^1c$
Chinchilla	C^2C^2, C^2C^3, C^2c
Himalaya	C^3C^3, C^3c
Albino	Cc

Fuente: adaptación de Correa [2]

En el color del pelaje de los bovinos también se presenta este tipo de acción alélica. La cincha blanca holandesa está regida por el gen S^1 , el tipo de Hereford, del patrón de la raza Hereford, por el gen S^2 , el color negro sólido sin manchas blancas por el gen S^3 , y el patrón de pelaje típico de razas Holstein, Guernsey, Jersey por el gen s (tabla 2). La combinación de diferentes cruces da como resultado animales de diferentes colores, como se puede observar en la figura 2.

Tabla 2. Serie multialélica para el color del pelaje en el bovino

Fenotipo	Genotipo
Cincha blanca holandesa	$S^1S^1, S^1S^2, S^1S^3, S^1s$
Patrón Hereford	S^2S^2, S^2S^3, S^2s
Patrón sólido	S^3S^3, S^3s
Patrón típico	Ss

Fuente: Ossa [3]

Figura 2. Descendencia del cruce de dos bovinos heterocigotos para el color blanco holandesa y patrón sólido

Fuente: elaboración propia

La *epístasis* es otra forma de acción génica en la cual genes no alélicos ubicados en el mismo cromosoma o en cromosomas diferentes interfieren en la expresión de otros genes sobre determinado carácter. En la forma de la cresta de gallinas se presenta una de las *epístasis* más comunes: cuando cruzamos gallinas de cresta roseta con gallinas de cresta guisante, toda la F_1 presenta cresta de nuez, pero en la F_2 las proporciones son nueve cresta de nuez, tres roseta, tres guisante y tres aserrada. Se consideran seis *epístasis* todas con modificaciones de la herencia mendeliana.

Siguiendo con las extensiones del mendelismo, existe otra forma de acción génica en la que un solo gen produce efecto en más de un carácter, denominándose “efecto *pleiotrópico*”. Por ejemplo, en algunas razas caninas se presenta el gen “mirlo”, que afecta el color del pelaje, de los ojos, del oído y la infertilidad. En el bovino el gen que produce el enanismo se considera pleiotrópico ya que estos animales presentan debilidad para respirar, movimientos desequilibrados y otros son poco tolerantes al calor.

CONCLUSIONES

La importancia de las leyes de mendelianas radica en el entendimiento sobre la transmisión de los caracteres de padres a hijos, como base fundamental para estudios avanzados de la genética y principios del mejoramiento animal. Algunos autores consideran que las leyes mendelianas son la ley de la segregación de caracteres

independientes y la ley de la combinación de caracteres, sin embargo, en la bibliografía sigue persistiendo la información sobre las tres leyes referenciadas en este documento.

Los caracteres estudiados por Mendel están bajo el control de genes mayores y son considerados de naturaleza cualitativa o caracteres de clase, produciendo diferentes categorías fenotípicas. Sin embargo, existen caracteres influenciados por muchos genes que generan múltiples valores, como pesos y producciones, que son considerados de naturaleza cuantitativa o caracteres de grado, los cuales producen una variación continua y están influenciados por el medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Arango LG. El "reproductor puro" y la producción animal. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 1983; 4(3-4): 123-5.
- [2] Correa A. La genética en el mejoramiento animal. En: Primer curso Nacional de Mejoramiento Animal. Colegio de Médicos Veterinarios y Zootecnistas de Antioquia. Medellín; 1987. p. 1-30.
- [3] Ossa GA. Mejoramiento genético aplicado a los sistemas de producción de carne. Bogotá D.C.: Produmedios; 2003.