

**LAS LEYES DE MENDEL Y EL CONCEPTO DE LA HERENCIA:  
UNA INTERPRETACIÓN DESDE UNA PERSPECTIVA HISTÓRICA Y  
EPISTEMOLÓGICA DE LAS CIENCIAS Y UN  
ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LOS TEXTOS  
ESCOLARES EN SU APRENDIZAJE**

**POR  
DIANA MARÍA VELÁSQUEZ SIERRA**

**MONOGRAFÍA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE  
LICENCIADA EN EDUCACIÓN BÁSICA CON ÉNFASIS EN CIENCIAS  
NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL**

**ASESOR  
YIRSEN AGULAR MOSQUERA  
PROFESOR U DE A**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
FACULTAD DE EDUCACIÓN  
MEDELLÍN**

**2008**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
<b>1. ESTADO DEL ARTE</b>	<b>7</b>
<b>2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>11</b>
<b>3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>...14</b>
3.1. OBJETIVO GENERAL	..14
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	...14
<b>4. MARCO TEÓRICO: RECONTEXTUALIZACIÓN CONCEPTUAL DE LAS LEYES DE MENDEL</b>	<b>.15</b>
4.1. EL CARÁCTER CONTEXTUAL DE LA ACTIVIDAD CIENTÍFICA.....	15
4.2. UN CASO PARTICULAR: LAS LEYES DE MENDEL	.19
4.2.1. EL DEBATE CIENTÍFICO Y LAS EXPLICACIONES MÁS ACEPTADAS EN EL CONTEXTO MENDELIANO	..20
4.2.2. PROBLEMAS CONCEPTUALES A LOS QUE LAS INVESTIGACIONES MENDELIANAS PRETENDÍAN DAR RESPUESTA.....	25
4.2.3. PARTICULARIDADES DE LOS EXPERIMENTOS	.õ 26
4.2.4. RECONTEXTUALIZACIÓN DE ALGUNOS CONCEPTOS DE LA GENÉTICA MENDELIANA	.õ õ õ .28
4.2.5. RECONTEXTUALIZACIÓN DE LOS EXPERIMENTOS Y LAS GENERALIZACIONES HECHAS POR MENDEL	õ õ õ õ õ õ õ 33
4.3. EL PAPEL DE LA EXPERIMENTACIÓN EN LA TEORÍA MENDELIANA	õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ ..õ .41
4.4. LA TRASCENDENCIA DE LAS INVESTIGACIONES MENDELIANAS	õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ .44
4.5. RECONTEXTUALIZACIÓN DE LA GENÉTICA MENDELIANA EN LA ENSEÑANZA, A PARTIR DEL USO DE LA HISTORIA Y LA EPISTEMOLOGÍA DE LAS CIENCIAS	õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ .48

<b>5. MARCO METODOLÓGICO</b>	<b>..54</b>
5.1. DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO	... .54
5.2. DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN	.55
5.2.1. TEXTOS ESCOLARES	... .55
5.2.2. ESTUDIANTES	..56
5.3. FASES DE LA INVESTIGACIÓN	57
<b>6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>.62</b>
6.1. ANÁLISIS DE TEXTOS ESCOLARES	..62
6.1.1. COMPONENTES HISTÓRICO Y EPISTEMOLÓGICO	...62
6.1.2. COMPONENTE METODOLÓGICO	...68
6.2. ANÁLISIS DE INSTRUMENTOS DE APLICACIÓN CON ESTUDIANTES	..74
<b>7. CONCLUSIONES</b>	<b>86</b>
<b>8. IMPLICACIONES DIDÁCTICAS</b>	<b>..92</b>
<b>9. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>...94</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>.98</b>

## INTRODUCCIÓN

### **La historia y epistemología en la enseñanza de las ciencias**

La introducción de un enfoque histórico y epistemológico de la ciencia ha adquirido en la actualidad una creciente importancia en el ámbito de la educación en ciencias (Lombardi, 1997). Respecto al aprendizaje, algunos autores (Gagliardi, 1988; Matthews, 1994; Mora, 1997) afirman que la historia de las ciencias y la epistemología permiten, entre otras cosas, mostrar a los estudiantes que los conocimientos actuales no son ~~verdades~~ verdades eternas sino construcciones sociales realizadas en un contexto social definido con sus respectivos procesos e implicaciones de los cuales el estudiante debe ser consciente (Gagliardi, 1986, 1988), además proporciona una mejor comprensión de los conceptos científicos ya que ayuda precisamente a que los estudiantes no aprendan simplemente una sucesión de conclusiones, sino cómo se llegó a ellas y qué alternativas se discutieron y descartaron en el contexto (Matthews, 1994; Mora, 1997), lo que posibilita cambios respecto a la concepción de la naturaleza de la ciencia a través de la reconstrucción de los contextos, también demuestra que la ciencia es mutable y cambiante y que, en consecuencia, el conocimiento científico actual es susceptible de ser transformado (Matthews, 1994). De este modo, cuando se pretende que los estudiantes no solo se apropien de ciertos contenidos conceptuales, es decir, de las teorías científicas como tales, sino que también avancen en su comprensión de la naturaleza de la ciencia, de su proceso de construcción y de sus implicaciones sociales, culturales y demás, la historia de las ciencia se hace indispensable sobre todo para mostrarla como un proceso de construcción social y evitar visiones absolutistas de la ~~verdad~~ verdad y del conocimiento científico.

Por otra parte, en lo que respecta a la enseñanza, la historia y la epistemología de las ciencias son muy importantes, ya que los procesos de reflexión sobre

cuestiones epistemológicas en torno a la naturaleza de la ciencia, suponen la manifestación y toma de conciencia por parte de los profesores de sus posiciones sobre la enseñanza y el aprendizaje, ya que sus actuaciones en el aula, es decir, su modelo didáctico, está determinado, entre otros aspectos, por la imagen que éste tenga del conocimiento y de la ciencia (Palacio y Ramírez, 1998). De esta manera, en el contexto escolar, la historia y la epistemología de las ciencias pueden ser un componente muy importante en el proceso de enseñanza, ya que permite que el profesor tenga un conocimiento sólido de los temas a enseñar, es decir, que no solamente conozca las teorías y las definiciones que aparecen en los textos, sino también la manera cómo se llegó a ellos, para poder tener una actitud crítica y reflexiva frente a la disciplina científica, de ahí que el qué y el cómo enseñar no sean solamente cuestiones centradas en aspectos metodológicos sino que pueden ser una vía que permite tomar postura frente a los modos de concebir la ciencia y, a su vez, los modos de transmitirla: las teorías científicas se traducen en contenidos escolares que no dependen de una visión dogmática y cerrada, sino de una interpretación de las concepciones subyacentes a cada teoría.

### **Libros de texto como herramienta de enseñanza y aprendizaje**

Se toma como punto de partida para esta investigación el análisis de textos escolares, puesto que constituyen, una de las principales herramientas de trabajo que se utiliza en el contexto escolar, la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias depende en gran medida de éste, ya que es utilizado por la mayor parte de los profesores y de los estudiantes como el recurso didáctico principal (Bruce, 1991; Islas y Guridi, 1999), pero además de la gran influencia que tienen el libro de texto sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje, se desprende también la repercusión que este recurso tiene sobre la manera pasiva de aprender ciencias: se trata de absorber conocimientos más no de comprenderlos; como señalan Islas y Guridi (1999) son muy pocos los casos en los que los estudiantes analizan los conceptos que son utilizados en los

textos, ya que no toman en cuenta las implicaciones de los conceptos que allí aparecen ni tampoco la utilidad de éstos para analizar y/o resolver diversas situaciones.

De acuerdo con lo anterior, se quiere resaltar aquí la relevancia de los textos como herramienta de aprendizaje, anotando que en ellos es importante conocer como se tratan algunos conceptos científicos y revisar la manera de cómo los estudiantes interactúan con ellos, asumiendo que existe una estrecha relación entre el estudiante y el libro de texto, lo cual implica acomodar las prácticas de enseñanza para que ellos se apropien de diversos aspectos tratados en los libros y los adecuen a problemas contextualizados que los haga más comprensibles; dichas prácticas aparecen más ligadas a la revisión de las interacciones entre los libros y los estudiantes que es el objeto de esta investigación, resaltando aspectos importantes de cada uno para favorecer el aprendizaje. En este sentido, el análisis de los textos y una adecuada interpretación de los contenidos y estructuras de los mismos, pueden tener un papel muy importante sobre los procesos de aprendizaje, pues este instrumento puede ser una vía de análisis y reflexión para que puedan ser utilizados en los contextos escolares, pero es el profesor quien debe proponer una mayor contextualización de los problemas que allí aparecen.

### **La genética mendeliana como área de investigación didáctica**

De la experiencia realizada a través de la presente investigación y de la lectura de los documentos que fueron revisados para la misma, surgen diversas razones que resaltan la importancia de la genética como campo de investigación en la enseñanza de las ciencias, una de ellas es que, aunque es un tema muy actual y de gran importancia en el ámbito social y educativo (Bugallo, 1995; Ayuso y Banet, 2002), no está suficientemente tratado en el contexto escolar; en los libros de texto, por ejemplo, la importancia que se le asignan a los contenidos de genética es escasa y en caso de estar presentes

son tratados de forma descriptiva y se incluyen muchos conceptos y ejercicios que los estudiantes no comprenden (Esperbén y Birabén, 2007), por lo que el tema de la herencia ha sido de alguna manera demeritado.

Otra razón para resaltar, es que la importancia de la genética ha aumentado en el ámbito de la enseñanza y la didáctica de las ciencias le ha prestado especial atención a esta área en las últimas décadas (Bugallo, 1995; Ayuso y Banet, 2002); algunas investigaciones realizadas en este campo, resaltan aspectos importantes que pueden aportar en los procesos de aprendizaje, entre ellos, el desarrollo de la capacidad de los estudiantes para aplicar modelos de pensamiento matemático en torno a la genética mendeliana y el reconocimiento de las experiencias cotidianas en relación con la naturaleza abstracta de los conceptos implicados (Bugallo, 1995); asimismo, en algunas investigaciones se resalta cómo la herencia mendeliana y los contenidos relacionados, se constituyen en un ejemplo con el que se pueden experimentar algunos aspectos sobre la naturaleza de las ciencias y con ellos se podría contribuir a que los estudiantes perciban el conocimiento científico, como una construcción en continua revisión y perciban también el trabajo colectivo de una comunidad de investigadores.

Por último, se tiene que los conceptos de genética son, como señala Gagliardi (1986, 1988), conceptos estructurantes en la organización del conocimiento biológico, que tienen que ver con temas muy importantes como reproducción, evolución, célula, entre otros; en el mismo sentido, Ayuso y Banet (2002) afirman que ofrecer a los estudiantes un marco conceptual elemental sobre la localización, la transmisión y los cambios de las características hereditarias contribuirá a que éstos comprendan mejor el significado de ciertos fenómenos biológicos importantes, como la división celular, o la reproducción de los seres vivos; por lo tanto, es de gran importancia la investigación didáctica sobre estos contenidos para una adecuada inclusión de los mismos en la enseñanza.

## **1. ESTADO DEL ARTE**

Para la construcción del estado del arte se hizo una revisión de diversas fuentes bibliográficas de diferente índole, que incluyen estudios realizados en torno al campo de investigación en particular (historia y epistemología de las ciencias), a investigaciones sobre análisis de textos y sobre el área de la genética, así como fuentes de primera mano y estudios epistemológicos en torno a éstas últimas. A continuación se especifica la selección de fuentes que se hizo para la construcción de la investigación:

### **1.1. Textos científicos originales**

En este caso interesa solo el artículo publicado por Gregor Mendel (1866), *experimentos en híbridos de plantas*, que aportó a la recontextualización e interpretación de las Leyes de Mendel desde un contexto histórico, lograda en el marco teórico de la investigación; se partió de la revisión de este tipo de textos para la construcción del estado del arte tratando de ser consecuente con la importancia conferida a la historia y la epistemología de las ciencias en esta investigación, particularmente con la idea de construir los contextos y las dinámicas científicas que el análisis de fuentes de primera mano permite.

### **1.2. Estudios epistemológicos en torno a las Leyes de Mendel**

Estas fuentes fueron estudiadas con el fin de aportar elementos a la recontextualización conceptual de Las leyes de Mendel que hace parte del marco teórico de la investigación, en este caso se revisaron algunos estudios históricos y epistemológicos que se han realizado en al marco de la interpretación de las formulaciones mendelianas, textos que se constituyen en importantes fuentes que permiten rastrear de manera más adecuada el debate conceptual de la época; entre estos textos cabe destacar los de

Oldham y Brouwer (1984); Jiménez y Fernández (1987); Mejía-Rivera, (2007); Drouin (1991); Esperbén y Birabén (2007); Rodero (1991); los cuales aportaron aspectos fundamentales para la recontextualización e interpretación del concepto, pretendidas en este trabajo.

### **1.3. Referentes teóricos en historia, epistemología y sociología de las Ciencias.**

Las revisiones bibliográficas realizadas en este caso se refieren a los aportes teóricos que, desde algunos autores, se tomaron para resaltar y argumentar la concepción de ciencia que se defiende en este trabajo, en este caso, la ciencia como construcción social, para tal efecto se han incluido como referentes de la investigación los aportes y perspectivas de Matthews (1991, 1994); Kuhn (1971, 1982); Elkana (1983); Chalmers (2000); Lombardi (1997).

### **1.4. Investigaciones en el campo de la enseñanza de las ciencias**

Estas fuentes incluyen investigaciones sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje de conceptos científicos y cuyos resultados proporcionaron algunos aportes que, entre otras cosas, evidenciaron algunas dificultades para el planteamiento del problema de la investigación y aportaron también a la justificación de la misma; para este caso se toman como referentes algunos estudios realizados tanto en el campo de la genética y en el análisis de textos escolares, así como investigaciones en historia y epistemología de las ciencias respecto a la enseñanza y el aprendizaje; de las fuentes analizadas, se tomaron las siguientes, como referentes para la investigación:

#### **1.4.1. Investigaciones basadas en el análisis de textos escolares**

Respecto a las revisiones realizadas para esta investigación, se evidenció que aunque la mayoría de los trabajos examinados se enfocan en analizar y

describir los contenidos de los textos, en algunos de ellos se logra profundizar sobre el por qué de la baja comprensión de algunos conceptos por parte de los estudiantes, pero en ninguno se proponen alternativas para la enseñanza. De las investigaciones revisadas, se le concedió un interés especial en este estudio a los resultados y aspectos de algunos trabajos: Islas y Guridi (1999); Muñoz y Bertomeu (2003); Cornejo (2006); Bruce (1991); Palacio y Ramírez (1998). En todas estas investigaciones hay aportaciones importantes, que han puesto en evidencia algunos aspectos problemáticos respecto al uso de los textos en la enseñanza de las ciencias y que, por ende, han sido tomados como referente para la formulación de la pregunta central que guía la investigación.

#### **1.4.2. Investigaciones respecto a la Historia y Epistemología en la enseñanza de las ciencias**

En el campo de la historia y la epistemología, se revisaron algunas investigaciones enfocadas hacia la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias; de las revisiones realizadas en esta área se destacan algunas de particular importancia: Gagliardi y Giordan (1986, 1988); Matthews (1991, 1994); Jiménez y Fernández (1987); Jiménez y Otero (1990); Bruce (1991); Lombardi (1997). A partir de estos referentes, se defiende la idea de que la inclusión de historia de las ciencias en el aula, puede proporcionar herramientas adecuadas para la enseñanza y el aprendizaje.

#### **1.4.3. Investigaciones realizadas en el área de la enseñanza de la genética**

En las últimas décadas, la genética ha sido uno de los temas de la biología más tratados por diversos autores en el campo de la didáctica de las ciencias y ha tenido gran difusión tanto en los campos social, científico, como educativo (Bugallo, 1995; Ayuso y Banet, 2002); sin embargo, muchos de los trabajos revisados en esta área, no se tomaron en cuenta para la presente

investigación, ya que se alejan en gran medida de los propósitos de la misma, no obstante, se consideraron algunos aportes de los siguientes trabajos: Bucallo (1995) que hace una interesante revisión bibliográfica sobre la didáctica de la genética y resalta la importancia de esta área en el campo general de la biología; Jiménez y Fernández (1987), que tratan el caso particular de las Leyes de Mendel en relación con la historia y la epistemología de las ciencias, y la importancia de los textos científicos originales en la educación científica; Ayuso y Banet (1995, 2002), que recogen en sus artículos algunos aspectos sobre el aprendizaje y la enseñanza de la herencia; Esperbén y Birabén (2007), que a partir de Las Leyes de Mendel, hacen una interesante reflexión en torno a la enseñanza de este concepto, resaltando entre otras cosas, aspectos históricos y epistemológicos a favor de la enseñanza.

### **1.5. Otras fuentes**

Además de las fuentes arriba mencionadas, se consultaron otras bibliografías que sirvieron de apoyo para la construcción del trabajo, entre ellas: Gutiérrez (1999); Stake (1998), que aportaron a la construcción de la metodología bajo el enfoque de investigación cualitativa. Otras bibliografías referenciadas en el trabajo son: Audesirk y Audesirk (1997); Papp (1993) <http://www.monografias.com/trabajos11/biogenet/biogenet.shtml#MENDEL>, de las cuales se tomaron aspectos conceptuales sobre las Leyes de Mendel que toman parte en el marco teórico de la investigación.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los autores mencionados, cuyas investigaciones han sido objeto de análisis en la revisión bibliográfica previamente realizada, han puesto de manifiesto, entre otras, tres dificultades importantes que han sido tomadas como punto de referencia para esta investigación:

La primera de ellas, se refiere a que la historia y la epistemología de las ciencias no han tenido la relevancia y significado suficientes para la enseñanza de las ciencias, lo cual puede deberse a varios aspectos, por un lado porque no son una herramienta de aprendizaje tradicional, es decir, en la forma tradicional en que se presenta el conocimiento científico, no se suele hacer referencia al proceso histórico de construcción del mismo (Jiménez y Otero, 1990; Gagliardi y Giordan, 1986), la presentación de las teorías científicas que se suele hacer en la enseñanza y con ello la imagen del conocimiento científico que se transmite, se hace sin relacionar el cuerpo de conceptos científicos con el conjunto de problemas a los que dan respuesta, o con los problemas que los científicos trataban de resolver en determinado momento histórico en el proceso de construcción (Jiménez y Otero, 1990) y difundiendo entre los estudiantes una imagen ahistórica y descontextualizada de la actividad científica (Bruce, 1991) de manera que los contenidos se aprenden como informaciones aisladas. Por otro lado, porque cuando estas referencias existen en la enseñanza, suelen estar mal enfocadas y no tienen relación con los contextos social e histórico sino únicamente con fechas y datos, apareciendo la ciencia como el producto de la acumulación de conceptos y teorías (Gagliardi y Giordan, 1986; Muñoz y Bertomeu, 2003; Bruce, 1991) y mostrando a los estudiantes de manera explícita o implícita una versión deformada de la ciencia según la cual el conocimiento avanza de manera lineal con el descubrimiento+ sucesivo de nuevos conceptos y teorías (Kuhn, 1971) y los aspectos de construcción social raramente se ponen de manifiesto (Jiménez y Otero, 1990).

Una segunda dificultad, tiene que ver con el uso de los libros de texto en la enseñanza y en el aprendizaje de las ciencias y con la forma en que éstos presentan la naturaleza de la ciencia y los procesos de construcción del conocimiento científico; Algunos epistemólogos de las ciencias, entre ellos Kuhn (1971), consideran que el libro de texto, de alguna manera, ~~oculta~~+la historia de su disciplina y promueve una secuencia de la ciencia que parece ser principalmente acumulativa, lo cual puede llegar a limitar mucho el papel de la reflexión y la interpretación en los procesos de enseñanza y aprendizaje, pues su uso en el aula resalta solo la importancia de aprender a aplicar las reglas tal como se expresan en el texto a los problemas que aparecen al final de los capítulos (Bruce, 1991); la dificultad consiste principalmente en que este instrumento, con las características descritas, además de ser el más utilizado por estudiantes y profesores durante mucho tiempo, se ha convertido en un recurso del cual se extraen los contenidos sin realizar una selección crítica y sin someterlos a ningún tipo de reflexión (Islas y Guridi, 1999) y es considerado por ellos como un cúmulo de conocimiento correcto y piensan que la información allí contenida es incuestionable (Bruce, 1991).

La tercera dificultad, muy relacionada con las anteriores, es que en los textos se muestra la ciencia como una vía que conduce a la ~~verdad~~+y construida sin ningún tipo de dificultades, y que está delimitada por ~~un método~~+que no hace ninguna referencia a los contextos históricos (Cornejo, 2006; Palacio y Ramírez, 1998), como afirma Cornejo, los modelos y teorías son presentados de manera secuencial, como si evolucionaran hasta acercarse cada vez más a la verdad, reproduciendo la idea de progreso indefinido de las teorías científicas; además el poco contenido histórico de algunos libros, está limitado a ubicar los conceptos en el siglo o año de su ~~descubrimiento~~+, las fechas de nacimiento y/o muerte de algunos científicos destacados y en algunos casos biografías cortas de éstos (Gagliardi y Giordan, 1986; Muñoz y Bertomeu, 2003; Bruce, 1991), de manera que las reconstrucciones históricas son demasiado simplistas y en ellas solo se perciben las etapas anteriores del

desarrollo que terminan en la construcción del conocimiento que se considera válido (Cornejo, 2006) y sin mostrar cuáles fueron los problemas que generaron su construcción en contextos determinados y atendiendo a problemáticas específicas que los científicos lograron dilucidar; además, el conocimiento científico en los textos, dado su carácter histórico se convierte en mera información, es decir, en un conjunto de definiciones y ejercicios que los estudiantes aprenden de memoria (Palacio y Ramírez, 1998).

De los anteriores aspectos en torno a todas estas concepciones sobre la naturaleza del conocimiento científico, se logran evidenciar algunas dificultades referidas tanto a la historia de las ciencias, como al uso del libro de texto en la educación científica, que puede repercutir considerablemente sobre los procesos de aprendizaje de los conceptos científicos, estas dificultades constituyen un referente muy importante para el planteamiento de la siguiente pregunta, como guía problematizadora de la investigación:

***¿Cómo aportar elementos que permitan una interpretación y recontextualización de las Leyes de la Herencia, y un análisis de textos escolares en relación con el aprendizaje, desde una perspectiva histórica y epistemológica de las ciencias?***

### **3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Objetivo general**

Aportar elementos que permitan una interpretación y recontextualización de Las leyes de la Herencia y un análisis de textos escolares en relación con el aprendizaje, a partir del uso de la historia y la epistemología de las ciencias.

#### **3.2. Objetivos específicos**

Realizar una recontextualización de las leyes de la herencia desde una perspectiva histórica y epistemológica de las ciencias, tomando como referentes clásicos históricos y estudios epistemológicos que se hayan realizado sobre los mismos.

Analizar algunos aspectos presentes en los textos escolares que abordan las Leyes de Mendel y los conceptos relacionados, desde los aportes teóricos que proporcionan la Historia y la Epistemología de las Ciencias.

Identificar algunas implicaciones que tiene para la comprensión de las Leyes de Mendel y los conceptos relacionados, el uso de los libros de texto como herramienta de aprendizaje, a partir de las concepciones y expectativas que manifiestan los estudiantes cuando se relacionan con él.

## 4. MARCO TEÓRICO: RECONTEXTUALIZACIÓN CONCEPTUAL DE LAS LEYES DE MENDEL

### 4.1. El carácter contextual de la actividad científica

Las *Leyes de Mendel*, o *Leyes de la herencia* como son enunciadas actualmente, es uno de los conceptos considerado hoy día como uno de los más importantes en el desarrollo de la biología moderna (Papp, 1993); es más, su importancia trasciende el ámbito puramente biológico, hasta el punto de constituir una de las ideas más importantes del pensamiento científico, pero ¿qué tiene de especial esta teoría que ha tenido tanta influencia sobre el pensamiento de la biología? Intentar responder a este interrogante se hace difícil, sobre todo si recurrimos a las formas de presentación clásica de las teorías científicas, las cuales están muy asociadas a las definiciones, casi siempre desligadas de su contexto y de su carácter histórico (Cornejo, 2006); por ejemplo, cuando escuchamos hablar de las *Leyes de Mendel*, asociamos su significado con una idea como esta: *principios de la transmisión hereditaria de las características físicas*, idea con la que tantas veces se nos ha introducido el concepto, y difícilmente podemos evitar la imagen de un personaje extraordinario, llamado Mendel, realizando unos experimentos para describir unos fenómenos observables y de allí deducir unas leyes que revolucionaron la historia de la biología moderna (Gagliardi y Giordan, 1986). Esta forma de concebir los conceptos científicos: asociados a una definición *estandarizada*, enfatiza en la expresión de la ciencia y de la actividad científica como conjuntos de teorías formalizadas y verdaderas que sirven para describir y explicar unos *fenómenos naturales* y de esta manera se atribuye toda la importancia a sus *productos*, es decir, a las teorías, postulados o leyes que han sido enunciados y considerados como *verdades absolutas* (Jiménez y Fernández, 1987; Matthews, 1991; Gagliardi, 1988).

Sin pretender desconocer la importancia de esos productos, el enfoque adoptado en esta investigación enfrenta claramente esta postura, pues como afirman Jiménez y Otero (1990), citando a Kuhn, actualmente la imagen de una ciencia neutral, guiada por la sola búsqueda de la verdad e independiente de los contextos no es válida y ha sido sustituida por otra en la que la ciencia aparece como una actividad humana, sometida a ciertos condicionantes y como una construcción social, determinada por la sociedad en que se desarrolla (Kuhn, 1982; Elkana, 1983). Siguiendo con lo anterior, en esta reflexión no se trata de presentar la evolución de la genética o explicar los orígenes y el desarrollo de la teoría de Mendel como una revolución científica en el ámbito de la biología moderna, sino que, por el contrario, lo que interesa es establecer, desde un punto de vista histórico, epistemológico y sociológico de la ciencia, la naturaleza de las interpretaciones específicas de esa comunidad científica para construir los significados asociados a las formulaciones mendelianas o cambiar, en el marco de una explicación, una teoría por otra. A través de esta perspectiva, se reconoce para esta investigación, como ya se mencionó, el carácter de las ciencias como actividades humanas o culturales, asumiendo que el conocimiento científico es, como afirma Kuhn (1982) un producto de *grupo* y que no puede entenderse la forma de su desarrollo sin hacer referencia a la naturaleza de los grupos que la producen, y además es abordada como un proceso de construcción cultural de significado, vinculado con las transformaciones sociales y culturales que se advierten a lo largo de la historia; por lo tanto, desde este punto de vista, la ciencia no puede considerarse como un producto acabado, sino como una propuesta de carácter dinámico, que depende de los contextos, además en ella se reconoce el papel del ser humano y de las sociedades en la actividad científica (Elkana, 1983).

Desde esta perspectiva de ciencia, es preciso resaltar que las teorías científicas que aquí se abordan, en este caso las Leyes de Mendel, no deben ser tratadas como hechos científicos acabados y aislados, sino admitir que

dichas teorías corresponden a un campo del actuar humano, es decir, son el resultado no sólo de las ideas y pensamientos de una persona o de una comunidad, sino que hacen parte de las complejas relaciones que se establecen con el contexto social y cultural del que hacen parte (Jiménez y Otero, 1990). Las teorías científicas adquieren, de este modo, un carácter interpretativo, es decir, según las relaciones contextuales, son concebidas como modos de explicar, interactuar e interpretar situaciones o fenómenos del mundo, lo que además implica, para su construcción, unos métodos de trabajo, unos referentes teóricos y una dinámica que hace posible desarrollarlas, discutirlos o cuestionarlos, de acuerdo con su contexto histórico (Matthews, 1994). En consecuencia es preciso afirmar que aquello que llamamos teorías, leyes o enunciados científicos, como por ejemplo, las Leyes de Mendel, no se pueden estudiar sin comprender las condiciones históricas que permitieron el desarrollo de una teoría de la hibridación, de tal manera que, para un abordaje de la misma, se involucran las acciones y referentes teóricos de ese momento histórico, además, respecto a esta misma teoría, es preciso comprender cómo se entendía la *herencia*, en el contexto histórico mendeliano, por lo tanto, atendiendo a la afirmación de Kuhn (1971), no se puede ofrecer una definición de este concepto que trascienda todas las teorías de la herencia, ya que no se pueden comparar los conceptos de diferentes teorías aunque utilicen el mismo término, pues no significan lo mismo en una teoría que en otra, sino que habría que definir cada término y el proceso que transcurre según cada teoría de acuerdo a los referentes e intereses de cada época en que cada una de ellas tuvo lugar.

Así, la idea que se plantea en esta reflexión, no es proporcionar una sola definición de lo que es la herencia o de enunciar cuáles son las Leyes de Mendel, sino proponer que su empleo, en la teoría mendeliana, se refiere a la obtención de una construcción teórica que atiende a intereses particulares y diferentes a los intereses de la genética contemporánea y que, por tanto, hay que definirla según las preocupaciones de la época, los métodos utilizados en

su contexto y el proceso que transcurre para darle significado. De esta forma se admite que el término herencia surge en respuesta a un problema particular y según esto se le atribuyen unos significados que responden a unos intereses particulares, por ello se precisa de una exposición y reflexión acerca de su significado y del papel que juega dentro del contexto en el que están siendo entendidos, para lo cual es preciso partir de los siguientes interrogantes: *¿Cuáles eran las preocupaciones dominantes en las que se centraba el debate científico? ¿Cuáles eran las explicaciones más aceptadas? ¿Cuáles eran los problemas conceptuales a los que las investigaciones mendelianas pretendían dar respuesta?* Tomando como punto de partida estos interrogantes, y para tratar de darles respuesta, surgen otras cuestiones al respecto: la primera de ellas tiene que ver con el hecho de que las formulaciones mendelianas están estrechamente asociadas a la experimentación; en tal caso, vale la pena resaltar la rigurosidad del procedimiento experimental que el mismo Mendel realizó, ya que este método de cruzamiento de plantas le dio las bases para sus trabajos sobre hibridación (Papp, 1993), pero, *¿es por ello necesario restringir el concepto de la herencia solo a un nivel experimental, resaltando una concepción empírico positivista de la ciencia?* La segunda cuestión tiene que ver con el hecho de que las Leyes de Mendel y la herencia son conceptos que, desde que conocemos estas formulaciones, se suelen relacionar siempre, pero *¿cuál es la relación teórica que existe entre ambos conceptos?*

Llegados a este punto, se presentará a continuación una breve descripción de lo que pudo ser el contexto mendeliano en relación con la teoría de la herencia actual; para ello se introducirán los tres principios de la herencia o *Leyes de Mendel* tal y como son conocidos actualmente, principios estos que ya estaban implícitos en la obra de Gregor Mendel sin que por ello podamos afirmar que la teoría de la herencia ya estaba contenida en sus trabajos. Para aventurarnos a estudiar cómo se llevaron a cabo estos trabajos no se tratarán como antecedentes históricos de la genética moderna afirmando que Mendel generó de alguna manera una *evolución científica* en el ámbito de la biología, sino

que se tratará de escudriñar un poco sus experimentos para darle significado de acuerdo a su relación contextual y a los problemas que se trataban de resolver en dicho contexto, ya que son este tipo de acontecimientos sociales los que permiten entender como una comunidad científica en particular toma decisiones transcendentales que marcan el curso de la evolución de su disciplina científica, llegando a consensos sobre leyes, principios y conceptos, que determinan los significados de esa comunidad en particular (Kuhn,1971). El énfasis de este apartado consiste en mostrar que, los mal llamados productos que actualmente conocemos como las Leyes de Mendel, son el resultado de la introducción de un cuerpo teórico de conocimientos, en el cual se ha dado significado a una teoría que, en términos generales, ha sido entendida como de la herencia; en esta reflexión se tratará de abordar el trabajo mendeliano tomando como fundamento la historia y la epistemología de las ciencias, ya que ésta proporciona criterios sólidos para identificar los contextos en los que tiene lugar una teoría o formulación científica en determinado ámbito o campo de conocimiento; en este caso, se intentará caracterizar el contexto en el que se hicieron las formulaciones mendelianas y establecer la influencia que han tenido éstas en el ámbito de la biología moderna.

#### **4.2. Un caso particular: las Leyes de Mendel**

Para ejemplificar lo planteado arriba, se ha tomado como caso las Leyes de la Herencia, concepto cuya influencia ha sido fundamental, como se dijo antes, en el ámbito de la biología; para desarrollar tal concepto, desde la perspectiva arriba planteada se tratarán aspectos que abarcan diferentes cuestiones, entre ellas: cómo es abordado el problema de la transmisión de las características físicas, qué aspectos teóricos y procedimentales se introducen en la explicación de este fenómeno desde las diferentes perspectivas y qué papel jugó la comunidad científica en este proceso, aspectos de la historia que

pretenden ser develados a la luz de lo que fue el aporte de los hibridadores al problema de la transmisión de los caracteres.

#### **4.2.1. El debate científico y las explicaciones más aceptadas en el contexto mendeliano**

En la primera mitad del siglo XIX se razonaba en términos taxonómicos, la principal preocupación para los naturalistas y taxonomistas de la época era el concepto de especie y las controversias científicas se centraban en la variabilidad; algunos investigadores pensaban que no había límites entre los grupos de individuos y que podían pertenecer a uno u otro grupo indiferenciadamente, es decir, pensaban en cadenas de seres vivos sin barreras definidas; otros investigadores, por su parte, buscaban esclarecer los conceptos de género, especie y variabilidad pensando que existían límites muy claros para cada grupo de individuos que compartían algunas características y trataban de explicar estos límites entre las especies, mediante técnicas de hibridación, con fines taxonómicos. Pero ya para mediados del siglo, las preocupaciones tomaron otro rumbo, aunque sin perder de vista las investigaciones taxonómicas, las técnicas de hibridación eran ahora técnicas de selección, pues en 1859, se dio a conocer la teoría de Darwin y el debate se orientó hacia los mecanismos de la evolución, la variabilidad, ya no de las especies, sino la variabilidad individual y el carácter continuo o discontinuo de las variaciones dio lugar a nuevas investigaciones, ahora las preocupaciones se dirigían al porqué ciertas características se transmitían de una generación a otra y otras no.<sup>1</sup>

Para este entonces, Mendel se interesaba ya en las relaciones que existían entre las características transmitidas de los padres a sus descendientes, éste reconoce antecedentes de muchos investigadores que ya habían trabajado en

---

<sup>1</sup> La reconstrucción aquí presentada ha sido tomada de: ESPERBÉN, M. T. y BIRABÉN, S. (2007). Reflexiones en torno a la enseñanza de la genética mendeliana, documento tomado de: [http://www.unesco.cl/medios/reflexiones\\_en\\_torno\\_ensenanza\\_genetica.pdf](http://www.unesco.cl/medios/reflexiones_en_torno_ensenanza_genetica.pdf); la reconstrucción histórica ha sido modificada y ampliada con otras bibliografías, más adelante citadas.

torno a la transmisión de los caracteres hereditarios (Mendel,1866); había gran número de teorías contradictorias que intentaban explicar cómo se reproducen las plantas y como se transmiten los caracteres de una generación a la siguiente (Oldham y Brouwer, 1984); las preocupaciones, en la mayoría de los casos utilitarias, de los investigadores y horticultores europeos, especialmente de Francia e Inglaterra, era lograr estabilidad y constancia en las variedades que obtenían en la primera generación de sus cruzamientos, valiéndose de técnicas y prácticas casi siempre carentes de soporte teórico, estos investigadores se interesaban en la ciencia de la hibridación+ y se preocupaban por la teoría de la selección natural; algunas de las teorías planteadas en la época se referían, como señalan Oldham y Brouwer, a la naturaleza de las diferencias entre especies y a los efectos de la hibridación en las plantas cultivadas, otras a la morfología y desarrollo de los animales y otras intentaban formular teorías generales de la transmisión de los caracteres; en torno a estos temas se llevaron a cabo muchas investigaciones, por ejemplo, los experimentos de Kolreuter, Gartner, Herbert, Lecoq y Wichura, Naudin, Thomas Knight, entre otros (Mendel,1866), los cuales fueron publicados en varios artículos, en revistas inglesas de horticultura, y estaban más dirigidos a hombres prácticos, que a científicos teóricos (Mejía-Rivera, 2007).

En medio de todas estas investigaciones, la ciencia de la hibridación era la que se imponía por esos días; en el campo de la botánica, los hibridadores se especializaban por seleccionar semillas para obtener plantas de óptima calidad mediante la *fertilización artificial*. Al cultivar plantas ornamentales, los hibridadores de la época, se preocupaban por seleccionar los mejores representantes de cada especie para producir mejores especímenes, de esta manera se estaban aplicando lo que hoy día llamaríamos principios de selección+, sin tener conocimiento de ellos. Durante los siglos XVII, XVIII y parte del XIX se establecieron diversas teorías, no muy conocidas, que trataban de explicar más y mejores mecanismos de hibridación vegetal para obtener mejores ejemplares+. Las explicaciones predominantes o las más

aceptadas respecto a la transmisión de los caracteres, tenían que ver con la transmisión de la sangre como portadora de la herencia, se explicaba a través de la mezcla de sangres+porqué los individuos vuelven en alguna generación a una de las especies parentales, se suponía que si las formas alternativas de un carácter se mezclaban+, el resultado sería una combinación de ellas (Oldham y Brouwer, 1984; Jiménez y Fernández, 1987; Mejía-Rivera, 2007; Drouin,1991; Esperbén y Birabén, 2007); sin embargo, la idea de mezcla+ y las explicaciones afines, se fueron haciendo insuficientes, ya que el modelo no resolvía todas las cuestiones al respecto desde el punto de vista de la comunidad científica; pero, hacia 1830, a pesar de que el modelo de mezcla de caracteres aun prevalecía, los hibridadores y naturalistas habían construido de manera independiente una base teórica que permitía explicar la transmisión de las características desde su propio modelo: pues ya habían investigaciones que hablaban de la segregación de caracteres<sup>2</sup>+, y a mediados del siglo, algunos investigadores como Gärtner, afirmaban la no existencia de mezcla de caracteres. Todas estas investigaciones y las explicaciones en torno al problema de la transmisión fueron reconocidas por Mendel en sus publicaciones (Mendel, 1866; Drouin, 1991; Oldham y Brouwer, 1984; Mejía-Rivera, 2007). También en cuanto a los experimentos mismos que se habían llevado a cabo, los objetos y métodos de experimentación, Mendel reconoce antecedentes en otros investigadores que, como él, ya habían trabajado con *Pisum sativum* (Mendel, 1866; Drouin, 1991), entre ellos Knight<sup>3</sup> que, como Mendel, reconocía y daba importancia al individuo no en su totalidad, sino más bien a un cierto número de caracteres morfológicos concretos y discontinuos (Drouin, 1991); también reconoce antecedentes en aquellos investigadores que

---

<sup>2</sup> El término segregación aparece con los trabajos de Mendel en 1866, sin embargo este mismo modelo en torno a la transmisión de características ya suponía las implicaciones de este concepto, lo cual suponía un cambio de pensamiento, antes de Mendel, respecto a la explicación predominante.

<sup>3</sup> Mejía-Rivera (2007) afirma, sin embargo, que Mendel no conoció las formulaciones de Knight, las cuales habrían apoyado enormemente sus planteamientos. Según este autor, Knight, además de hablar de la segregación o separación de los híbridos en sus estudios sobre el perfeccionamiento de la fecundación de híbridos del guisante, hizo algunos planteamientos sobre la dominancia y la recesividad de los caracteres, aunque según él, no los llamó así. Dice, entre otras cosas, que Mendel no conoció las formulaciones de Knight por no entender su idioma, el inglés.

habían cruzado variedades atendiendo a rasgos de fácil diferenciación como Sageret. Reconoce asimismo el trabajo de Naudin, quien consideraba los productos de sus cruzamientos como *%mosaico vivo de caracteres+*, es decir, donde todas las características estaban presentes en cada individuo (Drouin, 1991). Sin embargo, existían otras polémicas que muchos de estos investigadores no habían considerado, entre ellas, las que se centraban en la contribución de la *%sustancia masculina y femenina+a* la descendencia, lo que era todavía una cuestión problemática a la que Mendel confirió alguna importancia.

En 1866, Mendel, publica la obra *Versuch über Pflanzenhybriden* en donde hizo algunas afirmaciones que proporcionarían una explicación de los resultados obtenidos en sus experimentos y que constituyeron un punto muy importante de divergencia entre las explicaciones dadas por otros investigadores y que eran las más aceptadas en el ámbito científico en ese momento, pues sus modelos y explicaciones sobre la transmisión refutaban la idea predominante de la herencia por combinación y afirmaba que los caracteres permanecen diferenciales e intactos; las afirmaciones hechas por Mendel en su publicación son, entre otras, las siguientes: *En cada organismo existen factores que regulan la aparición de una cierta característica; El organismo obtiene tales factores de sus padres, un factor por cada padre; Cada uno de estos factores se transmite como una unidad discreta inmodificable; Cuando las células reproductivas están formadas, los factores se separan y se distribuyen a los nuevos individuos en forma de unidades independientes; Si un organismo posee dos factores diferentes para una característica dada, uno de ellos debe expresarse y excluir totalmente al otro*<sup>4</sup>. Estas afirmaciones de Mendel no permitieron, sin embargo, interpretar una gran cantidad de fenómenos de transmisión, ya que no proporcionaron, para

---

<sup>4</sup>MENDEL, Gregor. (1865). Experimentos en híbridos de plantas. Tomado de: <http://www.mendelweb.org/Mendel.html>. El original fue publicado en *Verhandlungen des Naturforschenden Vereines*, de Brno, 4 (1865), pp. 3-47.

sus contemporáneos, una explicación de la transmisión de los caracteres; sus planteamientos implicaban, para la comunidad de investigadores, aceptar que los caracteres transmisibles están asociados, en primer lugar, con *factores*, entes separables, disociables unos de otros y no con la sangre o una sustancia parecida a la sangre como se pensaba; en segundo lugar, pensar que esos factores no se mezclan ni se diluyen era contrario a la sustancia o especie de sangre que se mezclaba y producía *otra* característica en la descendencia, además esos factores se transmitían a los descendientes sin modificaciones o alteraciones en cada generación, afirmación que contradecía el pensamiento de que la *mezcla* de caracteres en cada generación producía características intermedias y por lo tanto diferentes a las de los padres<sup>5</sup>. Para aquellos naturalistas que querían explicar estos fenómenos biológicos por procesos naturales, concebir la transmisión de las características y el porqué algunas de ellas reaparecían luego de sucesivas generaciones sin ninguna alteración en la descendencia, constituía un problema fundamental e implicaba un cambio de pensamiento; si se adherían a las explicaciones de Mendel, se contraponían a sus teorías más aceptadas, al argumento por mezcla de caracteres que era la principal explicación que ellos aceptaban y que tenía la mayor influencia entre los hibridadores de la época; en contraste con esta situación, las explicaciones dadas por Mendel, diferían radicalmente de las dadas por sus contemporáneos, pues estos últimos ya habían asimilado otro tipo de explicaciones.

Llegados a este punto, y teniendo en cuenta todas estas controversias implicadas en el escenario histórico mendeliano, cabe preguntarse qué es lo que le permite a Mendel pensar que sus formulaciones sobre la transmisión de caracteres se podía constituir en el *paradigma* que de una vez por todas

---

<sup>5</sup> De acuerdo con la teoría que estoy presentando, no es necesario considerar las explicaciones en torno a la transmisión como dos tipos extremos de teorías; si bien los planteamientos de algunos contemporáneos consideran la transmisión como mezcla y a la *sustancia* responsable como continua e indisoluble y que se alteraba o *degradaba* a través de las generaciones, es preciso aclarar que la polémica respecto a la variación continua y discontinua obedece a otro tipo de teoría en un contexto muy diferente al mendeliano y por lo tanto no puede decirse que Mendel tenía una posición frente a ellos.

explicaría los mecanismos de transmisión sobre la base de que existían leyes generales<sup>6</sup>, pues es evidente que él no se formuló los mismos cuestionamientos que sus predecesores (Jiménez y Fernández, 1987), sino que se centró en otros componentes y en los problemas conceptuales que muchas de las explicaciones anteriores no satisfacían y a los que trató de dar respuesta; una de sus preocupaciones, por ejemplo, fue debida a la gran influencia de las formulaciones sobre evolución, para ellos conocidas, que marcaron un cambio de perspectiva fundamental frente a la vasta cantidad de explicaciones sobre la transmisión de caracteres, que, según el mismo Mendel debería servir como un mejor fundamento para una teoría general, aplicable a la teoría de la evolución (Mendel, 1866).

#### **4.2.2. Problemas conceptuales a los que las investigaciones mendelianas pretendían dar respuesta**

Mendel enfatiza en el hecho de que ninguno de los investigadores que han indagado y experimentado sobre la descendencia de los híbridos desconocen, hasta ese momento, *una ley general aplicable a la formación y desarrollo de los híbridos* (Mendel, 1866), la cuestión a la cual debía responder en el momento se vislumbraba claramente en una pregunta que concretaba el problema: ¿hay reglas generales para la transmisión de caracteres hereditarios?; contrario a algunas interpretaciones de sus experimentos<sup>7</sup>, es evidente que a Mendel no le interesaba producir y conservar variedades de plantas, sino usarlas para comprender la transmisión de ciertos caracteres y poder generalizar sobre esto. Junto a esta nueva pregunta existe una nueva mirada sobre el problema y un diseño experimental diferente al de sus

---

<sup>6</sup> En el artículo de Mendel se evidencia claramente la pretensión de establecer unas leyes que, según él, rigen la transmisión de las características, en función de proporcionar una explicación que apoyara la teoría de la evolución.

<sup>7</sup> Véase Jiménez y Fernández (1987), quienes citando a Monaghan y Corcos (1985) dejan ver en su artículo el punto de vista de estos autores que consideran el trabajo de Mendel como el de un hibridador más que se haría los mismos cuestionamiento y trabajaría de igual forma que sus predecesores, es decir, que Mendel trabajó de forma empirista, como un hibridador que realizaba experimentos y fue elaborando su modelo o teoría a partir de los resultados observados.

antecedentes y contemporáneos que Mendel llevó a cabo. Sin embargo, la cuestión a la que Mendel pretendía dar respuesta no se concretaba solamente en construir unas leyes para la transmisión de características, sino que el problema tenía que ver directamente con la preocupación que ocupaba la mayor parte de las investigaciones en esta época: el problema de la evolución, es decir, qué significado podrían tener unas leyes de la transmisión hereditaria para la teoría de la evolución de las formas orgánicas y cómo podrían aportar una explicación a esta teoría. (Mendel, 1866; Drouin, 1991).

#### **4.2.3. Particularidades de los experimentos**

Pues bien, como el mismo Mendel lo señaló, la manipulación alcanzada con las plantas ornamentales, práctica común entre los hibridadores de la época, le confirió no solamente la habilidad para tratar con muchos tipos, colores y formas que se produjeron mediante la fertilización artificial, sino que también lo indujeron a emprender nuevos experimentos (Mendel, 1866), ya que encontró que, al tratar la fertilización con las mismas especies de plantas, los descendientes híbridos de los cruces que se realizaban no eran exactamente intermedios de las especies paternas, como se pensaba, sino que aparecían regularmente las mismas formas híbridas con las características de uno de los padres, lo que suponía que estas regularidades obedecían a *leyes generales* (Mendel, 1866; Jiménez y Fernández 1866, citando a Monaghan y Corcos, 1985); resolver cómo era la relación existente entre las características de los padres y los descendientes y cuál era el mecanismo de transmisión de las mismas, se convirtieron en las principales preocupaciones de Mendel. Pero, ¿qué fue lo que hizo para llegar a sus formulaciones? Partiendo de las cuestiones que indujeron a Mendel a realizar su trabajo, lo primero que puede decirse acerca de los experimentos mendelianos es que, para llegar a sus resultados con el éxito que la biología moderna le confiere, Mendel parece haberle dado características a sus trabajos que le dieron cierta particularidad o como afirman Jiménez y Fernández (1987), hicieron de sus trabajos un

Experimento modelo, estos autores señalan algunas particularidades, tanto conceptuales como metodológicas<sup>8</sup>, que justifican esta denominación, entre ellas: 1) la construcción de una teoría basada en la existencia de leyes naturales en biología, que hasta el momento dichas leyes naturales eran aceptadas solo en la física; 2) la explicación de la segregación de los factores y la expresión de este concepto en términos cuantitativos; 3) la asignación de significado dentro de su explicación de la segregación a conceptos como dominante y recesivo; 4) consideró la independencia de transmisión de los caracteres y la equivalencia de los sexos en la determinación de los mismos, por lo tanto la herencia mendeliana es independiente de los sexos; 5) planeó el estudio de cada carácter por separado y la realización de cruzamientos recíprocos: Mendel estudió y definió de manera muy específica los caracteres físicos, escogidos para la experimentación, los cuales proporcionaron algunos aciertos en sus trabajos, por ejemplo, utilizar caracteres fácilmente diferenciables en sus alternativas, como flores de color blanco o púrpura, y le permitió iniciar sus experimentos fijándose cada vez en un solo carácter y de esta manera obtenía proporciones numéricas fáciles de identificar (Drouin, Jean-Marc, 1991; Esperbén y Birabén, 2007); 6) el elevadísimo número de pruebas realizadas y 7) el tratamiento estadístico de los resultados: Mendel aplicó la matemática a los resultados obtenidos y, con esto, pudo predecirlos, y contrastarlos, prediciendo a su vez la existencia de factores que permitirían la transmisión de esos caracteres y la existencia de dos factores para cada carácter (Drouin, 1991); utilizar relaciones estadísticas en varias generaciones sucesivas y proponer proporciones sencillas, son quizás las características actualmente más valoradas de los trabajos de Mendel, pero sin duda fueron también las más problemáticas para entender sus trabajos en el siglo XIX (Oldham y Brouwer, 1984; Jiménez y Fernández, 1987; Mejía-Rivera, 2007; Drouin, 1991; Esperbén y Birabén, 2007). 8) También se resalta el acierto con la elección del guisante (*Pisum sativum*), con los cuales pudo hacer una enorme cantidad de cruces de los cuales obtenía productos en muy corto

---

<sup>8</sup> Véase JIMÉNEZ A., M. P. Y FERNÁNDEZ P., J. (1987). El desconocido artículo de Mendel y su empleo en el aula, *Enseñanza de las ciencias*, 5(3), pp. 239-246.

tiempo y en abundancia, ya que tenían un tiempo de generación relativamente corto, producían muchos descendientes y existían variedades diferentes que mostraban distinto color, forma, tamaño, etc.; además estas plantas eran especies *Autógamas*, es decir, podían autopolinizarse, lo que aseguraba que las variedades que manejaba eran líneas puras, constituidos por el mismo tipo de individuos (Esperbén y Birabén, 2007).

Así pues, Mendel construyó unos importantes modelos y técnicas de hibridación que harían de su trabajo algo especial y las utilizó para observar las características de los individuos llamados *híbridos*. Sin embargo, y pese a estas importantes técnicas de hibridación y modelos interpretativos, muchas de las observaciones que hizo Mendel mediante estos experimentos fueron objeto de controversia entre los hibridadores que cuestionaban la validez de sus formulaciones, ya que no las comprendieron debido tal vez a su complejo tratamiento matemático. Antes de saber cuales eran sus formulaciones es preciso aclarar algunos términos de gran importancia en los trabajos de Mendel, algunos de los cuales, aunque son utilizados en el contexto de la genética moderna, pueden no tener el mismo significado asignado por Mendel en sus trabajos.

#### **4.2.4. Recontextualización de algunos conceptos de la genética mendeliana**

La genética maneja hoy en día conceptos relativos a la herencia que se deben, en gran parte, a los significados construidos a partir de las investigaciones realizadas por Gregor Mendel. Sin embargo, en el desarrollo de lo que actualmente conocemos como *las leyes de la herencia* han contribuido otros muchos científicos que interpretaron, generalizaron y ampliaron, bajo nuevos contextos y diferentes marcos teóricos, los planteamientos mendelianos a un gran número de organismos vivos; algunos de estos conceptos implícitos o

explícitos en la obra de Mendel y que aun prevalecen, en algunos casos bajo otros términos, se examinan a continuación:

### **Dominancia y recesividad**

Sobre los conceptos de dominancia y recesividad en su obra Mendel plantea:

(í ) a los caracteres que nada o casi nada cambian respecto de los híbridos (siendo por eso la representación misma del carácter híbrido) se los llama dominantes, y a los que quedan latentes al cruzarse, se los conoce por recesivos. Se ha escogido la palabra recesivo porque los caracteres designados se retiran o desaparecen totalmente de los híbridos, pero reaparecen sin cambiar en la descendencia, como demostraremos después (í )<sup>9</sup>

Ahora tratemos de ilustrar, mediante un ejemplo, el significado de los conceptos arriba mencionados: consideremos por ejemplo *A* como un carácter<sup>10</sup> que expresa el color negro y *a* como otro carácter que expresa el color blanco, supongamos que en un cruzamiento de plantas uno de los progenitores implicados tiene el primer carácter (*A*) y el otro progenitor posee el segundo carácter (*a*), así:

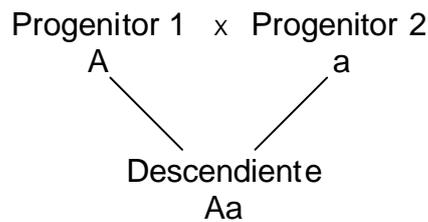
Progenitor 1 x Progenitor 2  
A a

Supongamos ahora que el descendiente de estos dos progenitores expresa el color negro; dado que los progenitores 1 y 2 le transmitieron los caracteres *A* y *a* respectivamente, el descendiente debería poseer los caracteres *Aa*:

---

<sup>9</sup>MENDEL, Gregor. (1865). Experimentos en híbridos de plantas. Tomado de: <http://www.mendelweb.org/Mendel.html>. El original fue publicado en *Verhandlungen des Naturforschenden Vereines*, de Brno, 4 (1865), pp. 5.

<sup>10</sup> Se utiliza el término carácter para designar los factores o genes, por ser el término utilizado en la traducción consultada en esta investigación, sin embargo, es preciso aclarar que este término se refiere, en el caso de los planteamientos mendelianos, a las características que se expresan físicamente.



Como el carácter  $Aa$  del descendiente expresa el color negro correspondiente al carácter  $A$ , se dice que éste es *dominante* con respecto al carácter  $a$ , y este último que no se expresa en los descendientes con carácter  $Aa$ , se dice que es *recesivo*, pues este rasgo es heredado por los descendientes pero no se expresa, aunque puede reaparecer en generaciones posteriores que hereden este carácter de ambos progenitores y lo expresen, reapareciendo así el color blanco. En el caso del carácter recesivo, la reaparición del color blanco en la descendencia implica que Mendel pensaba en pares de caracteres<sup>11</sup>, es decir, el descendiente de color blanco deberá tener los caracteres  $aa$  para que el color se exprese, lo que supone a su vez, que al menos uno de los padres debería tener el carácter  $a$  completando el par de caracteres.

Es importante anotar que para Mendel la *dominancia* y *recesividad* son términos referidos a rasgos fenotípicos, es decir, a características físicas que expresan los descendientes, no a las características genotípicas como actualmente lo entendemos. Para él, el color blanco es recesivo frente al negro y al contrario, pero no lo interpreta en términos de genes o de alelos (pares de caracteres), no es el alelo para el color negro el que domina sobre el alelo para el color blanco, como se expresaría en términos de la genética actual.

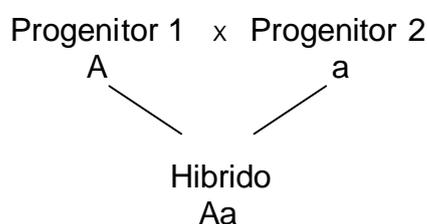
---

<sup>11</sup> Sin embargo, en el documento de Jiménez y Fernández (1987), aparecen citados algunos autores (Brannigan 1979, Blanc 1984, Oldroyd 1984, Monaghan y Corcos 1985) que afirman que Mendel no pensaba en términos de pares de caracteres, apoyados en la notación que emplea en la que la descendencia de los híbridos representa caracteres y clases de individuos, no factores o «genes» y afirmando que no concebía los elementos hereditarios por pares.

## Híbrido

A la luz de los experimentos de Mendel, es preciso discutir este término separándolo de las definiciones que actualmente se pueden encontrar en diferentes fuentes, como por ejemplo: *organismo descendiente de padres que difieren en por lo menos una característica genéticamente determinada*<sup>12</sup>. En este caso la definición del término atiende a una concepción de híbrido en el sentido evolutivo y por lo tanto el significado está enmarcado dentro de esa teoría. En la obra mendeliana, el concepto *híbrido*, es entendido en términos de *representación de caracteres*, más no de condiciones genéticas, es decir, el individuo híbrido representa los caracteres dominantes transmitidos por el padre. En el caso de la genética actual, el significado asignado por Mendel al concepto de híbrido, guarda alguna correspondencia con lo que actualmente entendemos por *heterocigoto*, pero esta vez referido a las condiciones genéticas de un individuo; en tal caso el individuo heterocigoto es aquel que contiene dos formas alternativas de un par de *factores*, por ejemplo, *Aa*

Si seguimos el ejemplo anterior, vemos que para los progenitores la representación de los caracteres está dada por *A* o *a*, en el caso de los descendientes, el carácter híbrido está dado por la *combinación* *Aa*, es decir, el descendiente híbrido posee ambos caracteres de la generación anterior, pero solo expresa uno de ellos (el dominante).



---

<sup>12</sup> Definición tomada de Audesirk y Audesirk (1997). Biología, la vida en la Tierra. Cuarta Edición. México. Prentice-Hall hispanoamericana S.A. pp. 947. La definición también ha sido contrastada con otras fuentes de diferente procedencia (Internet, libros de texto, entre otras)

## **Raza pura**

En el caso de los progenitores cuyos caracteres  $A$  o  $a$  se expresan de manera constante en cada generación se dice que estas son las razas paternas originales, llamadas por Mendel *caracteres o formas constantes*, ya que en cada generación de los híbridos reaparecen estas formas consideradas como razas o especies puras (Mendel, 1866). En términos de pares de caracteres, las denominadas razas puras poseen un par de uno de los dos caracteres y lo expresan, por ejemplo  $AA$  o  $aa$ . El significado de raza pura en los trabajos mendelianos es comparable a lo que, en el contexto de la genética actual se entiende como *homocigoto*, sin embargo hay que aclarar que en Mendel predomina la interpretación de estos conceptos en torno a lo que es físicamente observable en los individuos, mientras que en términos de la genética moderna, el concepto homocigoto adquiere su significado respecto al genotipo. En tal caso, el individuo homocigoto es aquel que solamente contiene una forma alternativa del par de factores, por ejemplo  $AA$  es homocigota dominante y  $aa$  es homocigota recesivo; las razas puras, en el sentido mendeliano, son homocigotos para un solo gen.

## **Factores**

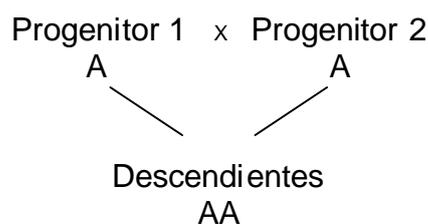
Una de las particularidades del trabajo de Mendel ha sido el hecho de comprender, mediante sus investigaciones que aquello que todos describían como una "sustancia hipotética", no era precisamente una sustancia que se mezclaba, sino que creía que existían unidades internas que tenían la capacidad de representar un carácter en forma física, de manera que permanecían inalterables en el transcurso de las sucesivas generaciones. A las características externas de los guisantes Mendel las llamó "caracteres" y a las unidades internas e inalterables las denominó "elementos formadores" o "factores", termino que le ha da significado a toda su investigación y en el que están basados los mecanismos de transmisión.

En el contexto de la genética actual, los genes son interpretados, casi en el mismo sentido que Mendel interpretó el significado de las unidades portadoras de los caracteres físicos, los genes son descritos como unidades hereditarias que controlan cada carácter en los seres vivos, incluso está ligada al concepto de alelos, aludiendo a que cada gen puede tener dos formas alternativas para el mismo carácter, términos que fueron usados por Mendel implícitamente en su obra (asumiendo, como se mencionó antes, que pensaba en términos de pares de caracteres).

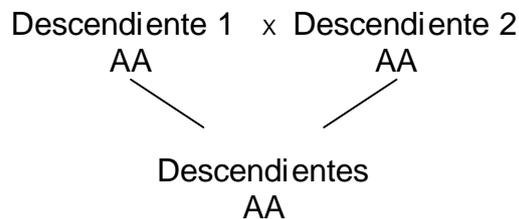
#### 4.2.5. Recontextualización de los experimentos y las generalizaciones mendelianas

Como se mencionó en párrafos anteriores, cada una de las siete variedades del guisante fueron objeto de experimentación en el trabajo de Mendel, aquí se tomará como ejemplo una de tales características, la gigante y la enana, para entender la conclusión mendeliana, esto en contraste con las interpretaciones y reformulaciones actuales de sus trabajos:

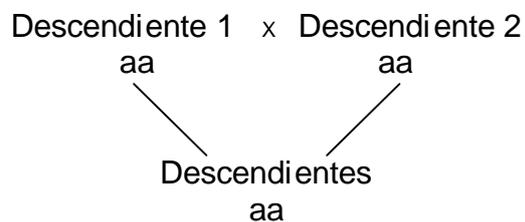
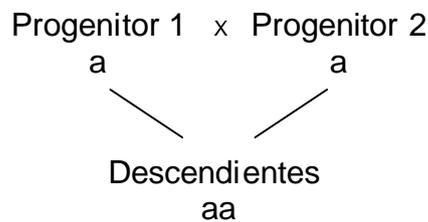
Estas formas tomadas como ejemplo, la gigante y la enana, producen su mismo tipo cuando se autofecundan, es decir, las plantas gigantes mantienen sus formas constantes en las siguientes generaciones y las enanas conservan su tipo también en generaciones sucesivas, por lo tanto, se conservan como *razas puras*. Digamos por ejemplo que A la forma gigante, es fecundada por una planta gigante con el mismo carácter, en este caso todos los descendientes poseerán los mismos caracteres de los progenitores:



Y si al cruzar los descendientes, éstos continúan procreando individuos altos, se dice que la descendencia se conserva como raza pura:



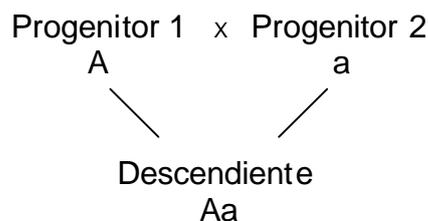
Al hacer este mismo cruce para la forma a se obtienen los mismos resultados, es decir, razas puras de descendientes enanos:



Hasta aquí la información proporcionada en las formulaciones mendelianas no representan nada significativo más allá de las conclusiones hechas por muchos de sus contemporáneos respecto a los problemas de hibridación y la importancia de las razas puras para la conservación de ciertas especies ¿Qué hay entonces de diferente en la investigación de Mendel? Pues para tratar de proporcionar una respuesta a tal interrogante, se tratará de hacer una interpretación de algunas de las afirmaciones que Mendel hace en sus trabajos y que hoy día son interpretadas como «Las Leyes de la Herencia».

### **Primera generalización**

Siguiendo con el ejemplo anterior, cuando dos individuos pertenecientes a razas puras para un determinado carácter, se cruzan, por ejemplo, una planta gigante con una enana, *todos los resultantes híbridos son altos y parecidos en su exterior al progenitor gigante* (Mendel, 1866); es decir, al cruzar dos razas puras y que difieren en el aspecto que presenta un mismo carácter, se obtiene una primera generación híbrida que muestra una homogeneidad (son todos iguales entre sí e iguales a uno de los progenitores), expresando todos los descendientes el carácter dominante, mientras que el otro (carácter recesivo), no se expresa en dicha generación:



En la genética actual, estas apreciaciones hechas por Mendel acerca de las características uniformes o iguales que tienen los híbridos, cuyos padres son de razas puras, son consideradas como una ley de transmisión de las características físicas, en algunas fuentes esta aparece enunciada de la siguiente manera:

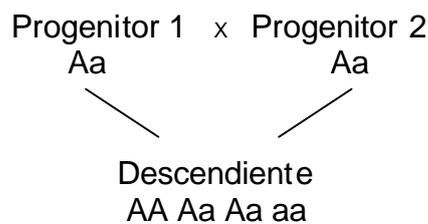
**1ª Ley de Mendel o Principio de la Uniformidad:** *Las plantas híbridas (Aa) de la 1ª generación filial (F<sub>1</sub>) obtenidas por el cruzamiento de dos líneas puras que difieren en un solo carácter tienen todas la misma apariencia externa (fenotipo) siendo idénticas entre si (uniformes) y se parecen a uno de los dos parentales*<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup> Definición tomada de <http://www.monografías.com/trabajos11/biogenet/biogenet.shtml#MENDEL>, la cual ha sido modificada y contrastada a partir de otras fuentes.

## Segunda generalización

Si se cruzan los miembros de la primera generación híbrida que posee las características del progenitor gigante, y por autofecundación obtenemos descendientes, se observa que estos últimos tienen características diferentes a las del progenitor a quien se parecen exteriormente, esta vez se parecen a las razas puras de la primera generación, tanto a las gigantes como a las enanas, es decir, aparece el carácter recesivo que parecía haberse perdido en la primera generación híbrida y en vez de procrear su propio tipo (plantas altas) dan origen a variedades diferentes entre sí: el 75 por ciento (tres de cada cuatro) resultan altos, y el 25 por ciento (uno de cada cuatro) resultan bajos:



Así Mendel expresa:

«En esta generación, al lado de los caracteres dominantes, aparecen también los recesivos. Manifiestan plenamente su individualidad y lo hacen en la proporción 3:1 (í ), por cada cuatro plantas de esta generación, tres reciben el carácter dominante, y una, el recesivo. Esto ocurre siempre con respecto a todos los caracteres incluidos en los experimentos.»<sup>14</sup>

La expresión «*manifiestan plenamente su individualidad*» es una conclusión importante en la investigación de Mendel, pues con esto manifiesta que lo que él llama «*factores*» constituyen unidades independientes que pasan de una generación a otra sin sufrir alteración alguna; ahora Mendel no concibe el individuo globalmente sino «*descompuesto*» en cierto número de caracteres

<sup>14</sup> MENDEL, Gregor. (1865). Experimentos en híbridos de plantas, pp. 6. Tomado de: <http://www.mendelweb.org/Mendel.html>. El original fue publicado en *Verhandlungen des Naturforschenden Verdines*, de Brno, 4 (1865), pp. 3-47.

individualizables, porque ha afirmado que estos se transmiten separadamente. Al cruzar entre sí los descendientes obtenidos de la reproducción de dos líneas puras, observa que el carácter recesivo, que no se manifestaba, transmitido por uno de los progenitores, se hace patente en la segunda generación en la proporción de  $1/4$ , este carácter, contrario a lo que se pensaba, no se había desaparecido ni se había mezclado con el otro carácter, pues en esta descendencia el carácter dominante aparece reducido a las  $3/4$  partes de los descendientes, apareciendo los dos caracteres puros pero en menor proporción con respecto a la generación parental.

Hay que anotar que esta, como otras conclusiones mendelianas, se basan en los resultados respecto al aspecto físico, de lo cual infiere la existencia del aspecto interno (los factores), los cuales se separaban y se transmiten a los descendientes en algún momento durante la reproducción de las plantas. Para esta segunda generación híbrida, en términos mendelianos, generación que actualmente se conoce como la segunda generación filial ( $F_2$ ), la relación matemática 3:1 (tres dominantes y uno recesivo de cada cuatro descendientes) se refiere solo a proporciones fenotípicas, es decir, a características externas; hasta este momento Mendel no menciona la transmisión de características genotípicas, que es el tipo de transmisión que actualmente consideramos como herencia.

Siguiendo con el ejemplo anterior, si se produce una nueva generación con estos híbridos, todos producen ejemplares de su mismo tipo, pero entre los altos solo la tercera parte ( $1/3$ ) procrea su propio tipo de plantas, mientras los dos tercios restantes ( $2/3$ ) reproducen en la generación siguiente los fenómenos de los primeros híbridos, produciendo nuevamente enanos puros, gigantes puros e híbridos altos, Mendel estaría estableciendo relaciones genotípicas en el sentido en que son entendidas dentro de la teoría actual de la herencia, en este sentido Mendel expresa:

aparece determinada con certeza la razón media de 2 a 1 queda demostrado que, de todas las formas que poseen el carácter dominante en la primera generación, dos tercios tienen el carácter híbrido, mientras que un tercio permanece siempre con el carácter dominante (í )

La razón de tres a uno que resulta de la distribución de los caracteres dominante y recesivo de la primera generación, se descompone en la relación de 2:1:1. Ahora queda claro que los híbridos forman semillas que tienen uno u otro de los dos caracteres diferentes y que de éstos una mitad se desarrolla de nuevo en forma híbrida, mientras que la otra mitad da plantas que permanecen constantes y que reciben en cantidad igual los caracteres dominante o recesivo.<sup>15</sup>

En el contexto de la genética actual, estas conclusiones mendelianas y las proporciones que sustentan sus afirmaciones son explicadas en términos de reproducción y en términos de pares de caracteres; se afirma que las plantas originales (razas puras) contienen el gigantismo o el enanismo en parejas de caracteres contrastados (pareja de factores, actualmente denominados alelos) que determinan el carácter estudiado y que al formarse las células reproductoras se separan y se combinan al azar en un nuevo individuo, esta separación de los factores ha sido denominada **segregación**. Para la genética contemporánea estas observaciones mendelianas, así como sus apreciaciones al respecto son consideradas como la segunda ley de Mendel (en algunos casos como la primera ley) o principio de la segregación y es enunciada de la siguiente manera:

**2ª Ley de Mendel o Principio de la Segregación:** *La autofecundación de las plantas híbridas (Aa) procedentes del cruzamiento entre dos líneas puras que difieren en un carácter origina una 2ª generación filial (F<sub>2</sub>) en la que aparecen 3/4 partes de plantas de apariencia externa (fenotipo) Dominante y 1/4 de plantas con apariencia externa (fenotipo) Recesiva. De manera que el carácter Recesivo reaparece en la F<sub>2</sub> y de cada cuatro plantas una tiene*

---

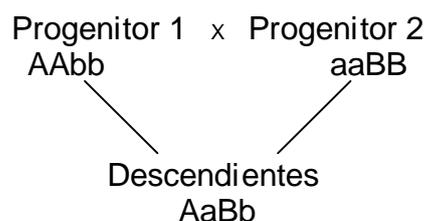
<sup>15</sup> Ibíd. Pág. 7.

*fenotipo Recesivo. Este resultado se debe a que cuando los híbridos de la  $F_1$  forman sus gametos, los alelos del mismo locus segregan (se separan) dando lugar dos clases de gametos en igual proporción, mitad de gametos con el alelo dominante (A) y mitad con alelo recesivo (a). Esto sucede tanto por el lado femenino como por el lado masculino*<sup>16</sup>

### **Tercera generalización**

Una vez se ha ilustrado la transmisión de cada carácter por separado, ahora se tomarán simultáneamente dos caracteres determinados, la forma y el color de las semillas para ilustrar otra de las conclusiones mendelianas:

Digamos por ejemplo que las semillas de color amarillo están representadas por el carácter  $AA$  que es dominante sobre el color verde, cuyo carácter está dado por  $aa$ . De la misma manera consideremos la forma lisa de la semilla dada por el carácter  $BB$  dominante sobre la forma rugosa representada por  $bb$ . Entonces, si se cruzan plantas cuya semilla es al tiempo amarilla y rugosa ( $AAbb$ ) con plantas de semilla lisa y verde ( $aaBB$ ) obtendremos la siguiente descendencia:



La descendencia obtenida, atendiendo a la primera ley antes descrita, será uniforme ( $AaBb$ ) y todas las semillas serán lisas y amarillas (Fenotipo AB), indicando este resultado que el carácter dominante para la forma de la semilla es el liso (B) y para el color de la semilla es el amarillo (A). Si posteriormente

---

<sup>16</sup> Definición tomada de <http://www.monografías.com/trabajos11/biogenet/biogenet.shtml#MENDEL>, la cual ha sido modificada y contrastada a partir de otras fuentes.

se autofecundan las plantas de esta primera generación híbrida, la descendencia obtenida expresará los siguientes caracteres:

Progenitor 1 x Progenitor 2  
AaBb                      AaBb

La descendencia obtenida de este cruce estará formada por 9/16 de semillas lisas y amarillas, 3/16 de lisas verdes, 3/16 de rugosas amarillas y 1/16 de rugosas verdes. Esta vez las cantidades obtenidas por Mendel en los experimentos eran enormes, pero con estos resultados encontró un patrón matemático para la descendencia que se acercaban bien a sus proporciones esperadas.

Así pues, al experimentar Mendel con los híbridos que tienen varios caracteres diferenciables asociados, concluyó:

No hay duda de que a todos los caracteres incluidos en los experimentos es aplicable el principio de que la prole de los híbridos en los que hay combinados varios caracteres esencialmente distintos presenta los términos de una serie de combinaciones en las que están unidas las series evolutivas de cada par de caracteres diferentes. Al mismo tiempo queda demostrado que la relación de cada par de caracteres diferentes de la unión híbrida es independiente de las otras diferencias de las dos razas paternas originales.<sup>17</sup>

Mendel afirmaba que cada carácter se transmite por separado con independencia de los restantes caracteres y esto era explicable en términos de reproducción, que no era un tema desconocido para él y, en términos también de un modelo matemático que le permitió interpretar estos resultados. Mendel cruzó plantas que diferían en dos caracteres, lo que actualmente conocemos como cruces dihíbridos, y cuyo genotipo era, por ejemplo, AaBb; al formarse

---

<sup>17</sup>MENDEL, Gregor. (1865). Experimentos en híbridos de plantas, pp. 6. Tomado de: <http://www.mendelweb.org/Mendel.html>. El original fue publicado en *Verhandlungen des Naturforschenden Vereines*, de Brno, 4 (1865), pp. 3-47.

las células reproductoras, se originaron cuatro tipos distintos: AB, Ab, aB y ab, que se combinaron de todas formas posibles con los mismos tipos del otro individuo, obteniendo en total 16 genotipos posibles. Esta conclusión mendeliana, respecto a los individuos que difieren en dos o más caracteres asociados, ha sido interpretada y enunciada en el contexto de la genética moderna, de la siguiente manera:

**3ª Ley de Mendel o Principio de la transmisión independiente:** *Cada una de las características puras de cada variedad (color, rugosidad de la piel, etc.) se distribuyen o combinan de forma independiente entre sí cuando se forman los gametos para los caracteres correspondientes siguiendo las dos primeras leyes, es decir, cada carácter se hereda con independencia de los restantes caracteres. En el caso, por ejemplo, de un diheterocigoto con genotipo AaBb, al formarse las células reproductoras los alelos del locus A,a y los del locus B,b se combinan de forma independiente para formar cuatro clases de gametos en igual proporción: AB, Ab, aB y ab, resultando de ello 16 genotipos posibles.*<sup>18</sup>

#### **4.3. El papel de la experimentación en la teoría mendeliana**

Si bien hasta ahora se ha tratado de resaltar, en esta reflexión, la idea de que las teorías y la construcción de las mismas dependen del contexto teórico en el cual tienen lugar y de cómo la Historia y la Epistemología de la Ciencia muestran que, los conceptos y principios científicos suelen tener su origen en intentos para resolver determinados problemas que los investigadores se plantean a lo largo del devenir histórico (Kuhn, 1971,1982; Matthews,1994) también es preciso resaltar, en este punto, el valor de la experimentación en la construcción de teorías científicas y la relevancia e interpretación de los resultados experimentales en determinados contextos (Chalmers, 2000); sin embargo, cuando de las formulaciones y del trabajo mendeliano se trata, todos estos factores que intervienen en la construcción e interpretación de las teorías

---

<sup>18</sup> Definición tomada de <http://www.monografías.com/trabajos11/biogenet/biogenet.shtml#MENDEL>, la cual ha sido modificada y contrastada a partir de otras fuentes.

aparecen, en gran medida, desvirtuados, pues a los datos empíricos se les concede una importancia desmedida y casi incontrovertible y toda la atención se concentra en la experimentación, forjando en la mayoría de las interpretaciones de los estudios mendelianos, una concepción *empírico inductivista* de la ciencia y del trabajo científico, en la que las observaciones anteceden a las hipótesis teóricas, pues se afirma que Mendel elaboró su teoría en función de la experiencias y de las observaciones realizadas a partir de las mismas *para dar cuenta de los hechos*, además se resalta una concepción simplista de la experimentación, en la que existe una única interpretación posible para resultados experimentales (Jiménez y Otero, 1990) y en las que las teorías dependen solo de una búsqueda sistemática y rigurosa de solución a un problema. De esta manera la adhesión, implícita o explícita, de las investigaciones mendelianas a un paradigma *inductivista* de la ciencia, ha hecho perder de vista muchas veces factores tan importantes en torno a la construcción de sus formulaciones, como por ejemplo, los conflictos presentes al interior del contexto mendeliano, las explicaciones en torno a la transmisión que se daban en el ámbito científico y las preocupaciones en torno a las cuales se hicieron los experimentos.

Ahora bien, reconociendo la importancia de la experimentación en la construcción de teorías y más aun, el valor de la experimentación y la rigurosidad en las investigaciones mendelianas, cabe resaltar, una de las tantas y tan importante característica de las ciencias: la importancia de los *cuerpos teóricos* y su compleja relación con la "evidencia" empírica, esto es, la importante relación de los datos empíricos, los cuales son interpretados y adquieren significado en el contexto del cuerpo teórico; en este sentido, se hace referencia a la importancia de la experimentación en función no solamente de los datos experimentales, como generalmente han sido interpretados en la genética mendeliana, o de que tan adecuados y precisos sean los resultados, sino que se resalta la importancia de los significados que adquieren esos datos en función de las hipótesis, de las explicaciones o de los problemas que se tratan de dilucidar en un momento determinado (Chalmers,

2000), es decir, los datos o resultados, provenientes de la experimentación no tienen sentido y validez por sí mismos, sin una teoría que los respalde. Lo anterior no supone, un desconocimiento de una perspectiva experimental, por el contrario, permite conocer y dar sentido, y ubicar dentro de un contexto, las relaciones experimentales y teóricas que intervienen en la construcción de teorías; en el caso específico de Mendel, los diseños experimentales que le interesaban, la manera en que llevo a cabo sus trabajos, la metodología y la interpretación de los resultados, carecían de sentido y fueron desechados por la comunidad científica de ese momento, pues sin duda alguna la aceptación de los resultados experimentales de Mendel dependían, además de la teoría, de los juicios y la comprensión científica a que estaban sujetos en el momento.

Estos aspectos del trabajo experimental de Mendel, se constituyen en otro punto de referencia para resaltar, por una parte, el carácter colectivo del conocimiento científico, pues en ellos tal vez lo más importante no era la experimentación o los resultados de dicho proceso para que pasaran a formar parte las ideas científicas; aunque sus investigaciones se hicieron públicas, no fueron aceptadas por la comunidad científica como una nueva teoría, ya que probablemente, para ellos, no resolvía los problemas existentes en torno a la transmisión de los caracteres (Jiménez y Otero, 1990); para Mendel, probablemente, los intereses por los cuales dio sentido a sus experimentos eran distintos, y estaban ligados a la caracterización de un mecanismo de transmisión y la generalización respecto al mismo, y el desciframiento mediante la matemática combinatoria, intereses que no fueron entendidos y aceptados por sus contemporáneos, ya que los resultados de sus experimentos no fueron para ellos lo suficientemente significativos. (Jiménez y Fernández, 1987; Drouin, 1991); de manera que la interpretación de estas características que trascienden lo experimental, pueden proporcionar un punto de partida muy importante que permite apartar un poco del pensamiento la interpretación inductivista de los trabajos de Mendel que ha predominado, y

entenderlo desde sus propias interpretaciones y no desde la objetividad científica+enmarcada en un método.

#### 4.4. La trascendencia de las investigaciones mendelianas

Sin pretender disminuir la importancia de las formulaciones mendelianas, tanto en el momento histórico de su aparición como en la teoría de la herencia actual, no cabe duda de que las múltiples interpretaciones de su obra han suscitado bastantes controversias que cuestionan su verdadero papel en la historia de la genética y que han puesto de manifiesto pensamientos muy dispares al respecto (Rodero, 1991); hay quienes cuestionan, por ejemplo, las investigaciones de Mendel en relación con la genética actual, el genio+ y figura de este investigador es altamente cuestionado como el verdadero fundador de la genética, pues se afirma que los orígenes de esta ciencia nada tienen que ver con estudios de hibridación (Drouin, 1991; Jiménez y Fernández, 1987). Otros, sin embargo, afirman que si antes la genética era una ciencia vaga y llena de incertidumbres el descubrimiento+ de las Leyes de Mendel ha hecho de ella una disciplina rigurosa, que a puesto la biología en un nivel comparable con la física (Huxely, 1951)<sup>19</sup>. Ciertos autores dan todavía una mayor generalidad a las leyes de la herencia, así, para Papp (1993), Mendel, más allá de ser un simple precursor, es el verdadero padre de la genética+, quien con la rigurosidad de su método experimental y las conclusiones que han surgido del mismo, ha dado a luz una nueva ciencia (Rodero,1991), los mecanismos de la herencia+, son según muchos estudiosos, el principio central de la teoría de Mendel y continúa siendo el concepto preeminente de la genética actual, incluso por encima de las investigaciones hechas por Hugo de Vries, Carl Correns, y Erich von Tschermak en 1900<sup>20</sup>.

---

<sup>19</sup> Huxley (1951). *Genetics in the 20th Century*. Citado por: RODERO F., A. (1991). Mendel, Gregor Johann. *Gran Enciclopedia Rialp: Humanidades y Ciencia*. Canal Social. Montané Comunicación S.L. En: [http://www.canalsocial.net/GER/ficha\\_GER.asp?id=2303&cat=biografiasuelta](http://www.canalsocial.net/GER/ficha_GER.asp?id=2303&cat=biografiasuelta)

<sup>20</sup> Cada uno de los cuales investigó por separado y a quienes se atribuye el descubrimiento de las leyes de la herencia

Con todo y el gran debate que surgió a principios del siglo XX en torno a sus trabajos, desde el punto de vista de la comunidad de hibridadores de su época, las investigaciones de Mendel tuvieron poca o ninguna trascendencia (Jiménez y Fernández, 1987; Drouin, 1991; los de Internet); Sin embargo, Mendel creía que sus trabajos eran de gran importancia, pues trató de interesar en ellos a muchos científicos importantes de su época; sus construcciones teóricas sobre la hibridación de plantas fueron presentados en dos conferencias ante la Sociedad para el Estudio de las Ciencias Naturales en Brünn en 1865; su artículo, *Versuche über Pflanzen-Hybriden* (Experimentos de hibridación de plantas) fue publicado en 1866 y enviado a otras 133 asociaciones de ciencias naturales además de las más importantes librerías en varias ciudades. Mendel incluso ordenó 40 copias del artículo, las cuales envió a escuelas en las afueras de Brünn y envió una copia a Carlos von Nägeli, científico importante en su época pero que tenía sus propias ideas sobre el mecanismo de la herencia, e hizo a un lado las afirmaciones de Mendel, tratándolo como un simple aficionado (Mejía-Rivera, 2007; Rodero 1991). A pesar de toda esta divulgación, su trabajo no tuvo trascendencia alguna como una explicación para los mecanismos de la herencia hasta que sus investigaciones fueron conocidas y divulgadas después de 35 años por tres investigadores: el holandés Hugo de Vries, el alemán C. Correns y el austriaco E. Tschermak (Mejía-Rivera, 2007; Rodero 1991), los resultados de Mendel fueron prácticamente desconocidos por más de tres décadas.

En este punto, cabe preguntarse, si las investigaciones mendelianas tienen tanto alcance y una gran importancia para la biología actual, ¿porqué sus investigaciones no trascendieron cuando fueron publicadas? ¿Qué preguntas no resolvía el modelo de Mendel desde el punto de vista de la comunidad científica? La controversia que se ha suscitado en torno a interrogantes como estos, puede ser tratada, abordando la situación desde tres puntos diferentes: uno respecto a la interpretación matemática de los resultados, otro se refiere a

la conceptualización de sus formulaciones, y el tercero reside en que su modelo no satisfacía algunas explicaciones:

Respecto al primero, la aplicación de un método matemático y algebraico, sobre los resultados encontrados en los híbridos fue usado por Mendel como instrumento de análisis para explicar sus resultados e incluso para expresarlos en términos cuantitativos. Este razonamiento matemático permitió a Mendel tomar el azar como modelo, suponer igual probabilidad de transmisión de los caracteres de las células reproductoras y prever las combinaciones explicativas de la transmisión (Esperbén y Birabén, 2007); sin embargo, para la comunidad científica de su época resultó difícil entender la importancia de la investigación estadística y la aplicación de conocimientos matemáticos en un problema biológico, esta novedad de usar una metodología matemática y estadística que Mendel aprendió de la "teoría combinatoria" no fue comprendida, pues los investigadores en el campo de la botánica y de la biología no tenían conocimientos matemáticos profundos, ni se usaba el análisis numérico expresado en proporciones para los experimentos de campo (Mejía-rivera, 2007), muchos investigadores dudaron de la autenticidad de las perfectas y constantes proporciones matemáticas del trabajo de Mendel, (Mejía-rivera, 2007), por lo tanto el empleo de las Matemáticas en su experimentación resultó ser una gran barrera para que los hibridadores de entonces aceptaran sus formulaciones (Rodero, 1991).

El segundo problema que se mencionó, tiene que ver con la conceptualización de las formulaciones de Mendel, pues muchos estudiosos afirman, que la interpretación de esos resultados implicaba una ruptura con el paradigma científico acerca de la herencia que dominaba el ámbito académico del siglo XIX: la teoría de la "herencia fusionada", que consistía en pensar que los caracteres del padre y de la madre se mezclaban en la descendencia y nunca volvían a reaparecer de manera pura (Mejía-rivera, 2007); en oposición, la

teoría contenida en el trabajo de Mendel<sup>21</sup> proponía la "herencia particulada" donde los caracteres transmitidos por los padres están vinculados a "factores" independientes que no se mezclan, ni se diluyen, ni se modifican por mecanismos externos (Mejía-rivera, 2007). Dada esta perspectiva, los resultados de su experimentación con guisantes fueron olvidados o desechados, porque estaba, inmerso en un paradigma científico distinto al predominante y los que lo leyeron no lo comprendieron (Mejía-Rivera, 2007), pues los científicos de aquel tiempo no estaban preparados para captar la importancia de tales ideas (Rodero, 1991)

Un tercer punto para juzgar los experimentos de Mendel en razón del olvido de su obra, tiene que ver con la insatisfacción de sus explicaciones respecto a ciertos fenómenos; Mendel no supo dilucidar, por ejemplo, el mecanismo de transmisión de una especie de *Hieracium*, planta que estudiaba el botánico Nägeli y con la cual no pudo explicar los resultados obtenidos con *Pisum*, ya que esta especie, no sigue las pautas normales de reproducción sexual, sino que se reproduce asexualmente, por un mecanismo actualmente denominado apomixis, el cual no era conocido hasta el momento y por lo tanto no podía proporcionar una explicación al respecto; esta situación dio lugar para que sus trabajos fueran rechazados ya que si pretendían ser unas leyes generales deberían ser aplicadas a todas las especies, por lo menos en lo que respecta al campo de la botánica, y a partir de esto incluso el propio Mendel creía que sus leyes sólo podían ser aplicadas a ciertos tipos de especies; hoy se conoce que las leyes mendelianas se cumplen en todos los seres vivos dotados de reproducción sexual y en los que se forman células reproductoras especiales. Por otra parte, Mendel no supo explicar las excepciones a su tercera ley, pues en ese tiempo se carecía del marco teórico para proporcionar una explicación al respecto, hoy se habla de un tipo de herencia (ligada al sexo) que se producen cuando los genes viajan ligados en el mismo cromosoma, en el siglo

---

<sup>21</sup>Es importante resaltar que Mendel conocía la teoría celular, y sabía que la herencia dependía sólo de los gametos y no de la sangre como se creía, sus formulaciones dejan ver que tenía gran claridad en la diferencia funcional entre las células somáticas y las células germinales.

XIX, no existía aun una teoría cromosómica de la herencia<sup>22</sup> que permitiera dar una explicación al respecto.

#### **4.5. Recontextualización de la genética mendeliana en la enseñanza, a partir del uso de la historia y la epistemología de las ciencias**

Ubicándonos en el contexto escolar, particularmente en la enseñanza de la genética mendeliana, se encuentra que en el bachillerato se deben abordar algunos aspectos básicos sobre la herencia relacionados con temas como la reproducción, las Leyes de Mendel, varios aspectos de la genética molecular, entre otros temas, desde el planteamiento de situaciones problemáticas que acerquen a los estudiantes a la dinámica científica; sin embargo, cuando se estudian estos temas en el aula, se hace desde enfoques predominantemente descriptivos y, si se puede decir, informativos, olvidando que el contenido disciplinar de un área está condicionado en gran medida, por su significado contextual, y descuidando la participación de una comunidad científica, con una serie de implicaciones conceptuales y procedimentales, en la construcción de estos conceptos; en el espacio de esta investigación se afirma que el pasado y los contextos que condicionan las teorías científicas deben analizarse con base en métodos y enfoques apropiados, por ejemplo, desde una perspectiva histórica y sociológica de las ciencias, la cual, además de tener un enfoque diferente, tiene importantes elementos de reflexión que deben ser incorporados para la comprensión de las leyes de Mendel y otros conceptos relacionados con la herencia, ya que gran parte de los conceptos contemporáneos sobre estos temas, tienen origen en las ideas y problemáticas

---

<sup>22</sup> Para cuando se conoció la obra de Mendel ya se había investigado la estructura de la célula y se había visto que cada una encierra en su núcleo cierto número de cuerpos filiformes que se dio en llamar cromosomas. En la copulación de dos células germinales, el óvulo fecundado contiene doble número de cromosomas, dos de cada clase, uno de cada célula progenitora. Al dividirse el óvulo se divide, igualmente, cada cromosoma, yendo cada una de sus partes a cada una de las células hijas. Así, cada célula nueva recibe un cromosoma de cada cromosoma original. Lo mismo ocurre con cada subdivisión sucesiva, de forma que cada célula de la planta o del animal en cuestión contiene una doble serie de cromosomas, procedentes por igual de ambos progenitores. Varios entendidos notaron el paralelismo entre estos fenómenos celulares y los hechos hereditarios consignados por Mendel.

que enfrentaron los investigadores de la segunda parte del siglo XIX y comienzos del siglo XX (Esperbén y Birabén, 2007) que son necesarias de vislumbrar a la luz de enfoques históricos y epistemológicos en el ámbito escolar.

Desde este punto de vista, las reflexiones hechas hasta aquí sobre la construcción de conocimientos en ciencias, y de los factores y circunstancias que en ella influyen, sirve de marco de referencia para examinar la importancia de un enfoque histórico con respecto a la enseñanza de las ciencias y en particular de las Leyes de Mendel, pues en el ámbito escolar, tanto los profesores como los libros de textos, han concebido la observación y la experimentación como los aspectos fundamentales en la construcción de esta teoría (en algunos casos como los únicos importantes), lo que ha difundido entre los estudiantes visiones reduccionistas y considerablemente simplistas del trabajo científico, en las que la actividad científica aparece como equivalente al trabajo experimental y se desconoce su naturaleza de actividad abierta y compleja que incluye otros componentes de carácter histórico y social, además, se resaltan concepciones empiristas y ~~teóricas~~ teóricas, el papel de la observación y de la experimentación aparecen completamente desligados de las teorías como un cuerpo coherente de conocimientos que da sentido a la experimentación y no se hace un esfuerzo por mostrar su carácter de construcción humana. En esta reflexión, por el contrario, se hace referencia a la importancia de resaltar otros aspectos, además de la experimentación, profundamente ligados a la construcción de teorías y que por lo tanto deben ser incorporados a la enseñanza y el aprendizaje de los conocimientos científicos desde un componente histórico y epistemológico de las ciencias en el que se resalten estos factores y se puedan hacer algunas aproximaciones de las situaciones de aprendizaje, a las de la actividad científica.

La inclusión de una perspectiva histórica y epistemológica en el ámbito de la enseñanza de las ciencias, en los últimos años se ha considerado de gran

importancia, Matthews (1994), por ejemplo, plantea la necesidad de una enseñanza contextualizada de la ciencia, es decir, de introducir la dimensión histórica en la enseñanza de ciencias, ya que esta última debe hacerse atendiendo a los contextos social e histórico en el cual el conocimiento se construye, lo cual puede llevarse a cabo presentando en el aula, una historia de la ciencia en la cual se pueda vislumbrar la forma en que los investigadores se comunican, construyen ideas, las ponen a prueba, entre otros aspectos, para entender cómo funciona la ciencia, cómo construye sus ideas y valida sus afirmaciones y, comprender cómo se construyen las teorías, cuáles son sus alcances y cuáles sus limitaciones. Lo anterior, es importante, entre otras cosas, para desarrollar aproximaciones a los contextos de construcción de conocimiento y para la justificación e interpretación de las teorías científicas como son conocidas actualmente (Gaglirdi y Giordan, 1986 ), permite mostrar que la ciencia es cambiante y por lo tanto las teorías científicas actuales no son absolutas sino que pueden ser transformadas (Matthews, 1994), además, permite valorar el tipo de naturaleza de las preguntas que surgen y se desarrollan en torno a fenómenos o problemáticas específicas en el contexto escolar, lo mismo que conocer y acercarse a las dificultades experimentales y conceptuales a las que se enfrentaba la comunidad científica en diferentes contextos (Gaglirdi y Giordan, 1986; Matthews, 1994), aspectos del conocimiento histórico que pueden contribuir a desarrollar en los estudiantes el pensamiento crítico así como introducirlos en la interpretación tanto de textos como de hechos (Lombardi, 1997).

Es de anotar, sin embargo, que aunque la historia de la ciencia se utiliza generalmente en el ámbito escolar, esta no es sometida a ningún tipo de reflexión, pues al utilizarla no se precisa el valor de la información que proporciona, lo cual no conduce a un mayor entendimiento de los conceptos de acuerdo a sus significados contextuales; Lombardi (1997), mencionando la pertinencia de la historia de las ciencias en la enseñanza, se refiere a la historia no como una mera recapitulación exhaustiva de datos, sino como la

elaboración de un relato coherente y significativo que permita explicar acontecimientos del pasado, pues una cosa son los registros del pasado y otra su interpretación y desde esta última no se puede ignorar la subjetividad del investigador, pues como afirma Lombardi «Todo relato histórico implica necesariamente interpretación: la historia no es meramente narrada, sino construida+ por quien interpreta los acontecimientos del pasado, no como hechos sucesivos que atienden a una realidad objetiva atribuyendo a la memoria la verificación de un pasado, sino como parte de unos significados que el historiador debe conocer+; por lo tanto, para hacer una interpretación apropiada del pasado, sobre todo en el contexto de aula, no basta con tener algunos datos, escenarios, personajes importantes o fechas históricas, también hay que tener una mirada interpretativa, que requiere de un análisis del significado de las ideas y metodologías implicadas en el contexto; en el caso del estudio de las Leyes de Mendel, por ejemplo, no basta con simplificar la historia mencionando los trabajos de Knight, Gartner, Naegeli u otros investigadores, como predecesores de Mendel, o los trabajos de Morgan, Correns o Tschermak como sus sucesores; por el contrario, al hacer esta reconstrucción, se deben tomar decisiones sobre los aspectos que se van a destacar, no solamente con base en los acontecimientos del pasado sino de acuerdo con los intereses de la investigación y de lo que se proponga mostrar, pues toda construcción histórica implica decisiones por parte del historiador respecto de los factores relevantes para los acontecimientos que desea presentar (Lombardi, 1997), más aun si la reconstrucción histórica está orientada a la enseñanza, el historiador, o en este caso, el profesor, debe necesariamente seleccionar algunos hechos+o acontecimientos considerados relevantes a la luz del sentido que se desea brindar a su reconstrucción (Lombardi, 1997) y al empleo que pretenda con ésta respecto al aprendizaje. En función de la genética mendeliana, por ejemplo, aspectos como su método experimental, las características de su investigación, el porqué sus ideas no trascendieron en su contexto histórico, entre otros, son rasgos importantes que suponen una mirada crítica y una reflexión por parte de quien las reconstruye,

en este caso del docente, decidir concentrarse en cualquiera de estos aspectos de la historia de Mendel, que aunque dejan otros de lado, supone que uno ha decidido qué rasgo o rasgos de la ciencia y el quehacer científico quiere analizar, recontextualizar o cuestionar en el ámbito escolar y tomarlos como punto de partida para el debate en el aula. La distinción entre aquello que se considera como relevante y aquello que no tiene una importancia central en la reconstrucción histórica y recontextualización que de tal concepto se hace, se encuentra fuertemente determinada por la interpretación adoptada por el profesor, y también por la posición epistemológica que este tenga acerca de la ciencia y del método científico (Lombardi, 1997).

Siguiendo la idea anterior y tratando de resaltar el sentido de la historia de la ciencia en el aula escolar desde un punto de vista reflexivo e interpretativo, más que informativo, además de la importancia de retomar los estudios históricos y sociológicos que dan cuenta de las condiciones de posibilidad de la construcción de teorías científicas, las biografías de los científicos y los contextos sociales, que desde una perspectiva histórica permiten configurar el contexto socio cultural del científico, Jiménez y Fernández (1987), resaltan también, al respecto, la importancia de incorporar la historia de las ciencias a la enseñanza tomando como referencia los artículos u otros textos científicos originales que dan cuenta de una investigación en determinado momento histórico; la pertinencia de los textos científicos originales en el ámbito escolar es muy importante, ya que permiten, además de reflexionar sobre la construcción científica que se registra de los artículos originales, se pueden también percibir algunas implicaciones en relación con los textos de estudio y pueden constituir un punto de partida importante para entender el papel de los textos escolares y otras fuentes generalmente utilizadas en el ámbito escolar, pues los libros de texto, ya sea por su diseño, estructura o por la finalidad pedagógica, no dan cuenta de la naturaleza de la ciencia, ya que su intención es solo la de informar sobre determinado tipo de interpretaciones sobre la ciencia. El artículo original, en cambio, abarca la construcción, el análisis y la interpretación de los conceptos desde una reflexión epistemológica que

involucra las condiciones históricas y sociales que permitieron a los científicos, de una comunidad científica en particular, construir una interpretación del mundo ante un problema en particular.

De esta manera, puede decirse que la historia de las ciencias puede ofrecer nuevas perspectivas para la enseñanza y propiciar nuevas maneras de interpretar las construcciones científicas que se enseñan en el aula; las publicaciones científicas originales, así como las reconstrucciones históricas desde perspectivas sociológicas y epistemológicas, las biografías de algunos científicos, entre otras, son alternativas para la enseñanza de conceptos científicos, sin embargo, para que éstas permitan acercamientos pedagógicos y didácticos adecuados es indispensable un replanteamiento de este enfoque que implique la reflexión y adecuada participación tanto por parte del docente como del estudiante, pues numerosas referencias históricas existen en los textos, su interpretación cuidadosa por parte del docente para proponer alternativas o complementos para éstos es fundamental para una adecuada comprensión, como lo expresa Lombardi (2007), es válido que el docente presente su propio relato histórico en el aula, su propia interpretación del pasado, sin embargo, éste debe poner de manifiesto el carácter constructivo de la historia así como su propia posición epistemológica en la que el estudiante no encuentre la historia de la ciencia como un contenido más o una mera narración de acontecimientos, sino como un punto de partida para la reflexión.

## 5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 5.1. Descripción del estudio

La presente investigación está orientada hacia una propuesta de interpretación y análisis de las teorías científicas, en particular, las Leyes de la Herencia, diseñada con el propósito de analizar información sobre la manera como las Leyes de Mendel y los conceptos asociados son tratados en los textos escolares y las implicaciones que tienen éstos sobre el aprendizaje, y en consecuencia, abrir espacios para que, en investigaciones futuras, se puedan tomar decisiones en el contexto de aula desde los aportes teóricos, y metodológicos si se puede decir, que proporciona la Historia y la Epistemología de las Ciencias.

La metodología empleada para este estudio es propia de la *investigación cualitativa* con un carácter *interpretativo* (Gutiérrez, 1999), al considerar como principal objetivo de la investigación la *interpretación y/o comprensión* de los fenómenos desde una concepción múltiple de la *realidad*, sin pretender buscar las *causas* o la *explicación* de los hechos, como es propio de los análisis cuantitativos (Stake, 1998). Esta investigación se llevó a cabo a través del *estudio de caso*, el cual constituye uno de los métodos más característicos del enfoque cualitativo; el carácter de estudio de caso de este trabajo implica que no se pueda pretender llegar con él a resultados generalizables desde el punto de vista estadístico (Stake, 1998), por lo tanto el interés de la investigación está centrado en el desarrollo de propuestas o interpretaciones para investigaciones o para profesores en contextos con características comunes y con intereses similares.

En el proceso de una investigación interpretativa como la realizada aquí, los métodos de recolección de datos deben suponer una actitud abierta del

investigador, ya que esto es indispensable para ampliar la visión de lo que ocurre en el contexto estudiado; además, dentro de este enfoque es imprescindible la triangulación, estrategia de validación de la investigación que, según Stake (1998), permite aumentar el crédito de la interpretación y conseguir la confirmación necesaria. En este caso la metodología, con las características antes descritas, se ha basado en la determinación de categorías para el análisis de algunos aspectos presentes en los textos escolares y la contrastación con instrumentos de aplicación a estudiantes que permiten vislumbrar cómo se lleva a cabo el aprendizaje a través de los mismos; tanto las categorías para el análisis de textos como los cuestionarios de aplicación con estudiantes se validaron con los comentarios de otros investigadores, estos últimos además, se validaron con aplicaciones previas (prueba piloto) para reafirmar, corregir o descartar algunos aspectos de los instrumentos.

Se describen a continuación el grupo con el cual se llevó a cabo la investigación, los instrumentos que se diseñaron para el caso y las estrategias empleadas para su aplicación.

## **5.2. Descripción de la población**

### **5.2.1. Textos escolares**

Para la elección de los libros objeto de análisis, se realizó una exploración previa sobre aquellos libros de texto que tratan las Leyes de Mendel y que son más consultados por estudiantes y profesores de la institución a la que pertenece la población de estudiantes con la que fue llevada a cabo la investigación; dicha exploración permitió identificar los textos que más interesaban para este estudio y elaborar las categorías de análisis de acuerdo con los componentes que se mencionaran más adelante. Teniendo en cuenta

estos criterios se examinaron un total de cuatro (4) libros de texto de 8 grado del área de Ciencias Naturales y que pertenecen a diferentes editoriales:

**Texto 1:** MONCAYO R., Guido A. Ciencias Naturaleza y Salud 8º. Educar Editores. Bogotá. 1997. pp. 62-68.

**Texto 2:** LEUCONA R, Julián. Tercer Milenio, Ciencias, Naturaleza y Educación Ambiental. Susaeta Ediciones. Medellín. 1998. pp. 100-119.

**Texto 3:** CASTILLO S, Carlos F. Descubrir 8º, Ciencias Naturaleza y Salud, Educación Básica Secundaria. Editorial Norma. Santafé de Bogotá. 1997. pp. 96-111.

**Texto 4:** GÓMEZ R, Carlos W. Investiguemos 8º, Ciencia Integrada. Editorial Voluntad S.A. Bogotá. 1991. 54 -66.

### **5.2.2. Estudiantes**

Como informantes para la investigación, se seleccionó una población de estudiantes que presentan un buen desempeño en las clases y que por su parte aceptó ser sujeto de esta investigación, para la elección del grupo se tuvo en cuenta, además de su desempeño en el área de ciencias naturales, la disponibilidad de tiempo ~~extraclase~~ con el fin de dar la continuidad requerida a la investigación. El grupo está constituido por cuatro estudiantes (E1, E2, E3, E4) de 9 grado de la Institución Educativa El Salvador, dos de los estudiantes son hombres y dos de ellos mujeres con una edad promedio de 16 años, su nivel de desempeño en la asignatura es ~~bueno~~, así como su interés por el estudio de la genética, aspectos que han sido tomados en cuenta con el fin de evitar situaciones que dificulten la dinámica de la investigación.

### **5.3. Fases de la investigación**

#### **Fase 1**

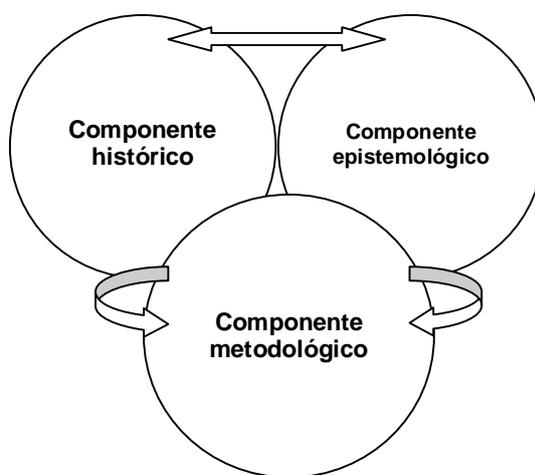
En esta primera fase de la investigación se desarrolló la planificación del estudio, la cual se inició con una revisión bibliográfica en el marco de las investigaciones generales en la enseñanza de las ciencias y, en consecuencia con los resultados de esta búsqueda bibliográfica, se hizo la elección del tema o concepto sobre el cual se planearía la investigación; Una vez teniendo claro que la investigación se llevaría a cabo en torno al concepto biológico de las Leyes de Mendel sobre la base del análisis de textos escolares, se revisaron diferentes fuentes bibliográficas en las que se incluyen otras investigaciones que tienen que ver con este concepto, así como con la historia y la epistemología de las ciencias, enfoque adoptado en la investigación y el análisis de textos escolares y textos científicos originales, esto para identificar características y aportes para respaldar el estudio; a partir de la revisión bibliográfica arriba mencionada se planteó la pregunta que guiaría la investigación y en torno a la misma se plantearon los respectivos objetivos y la justificación de la investigación. Es preciso mencionar que en esta fase de la investigación, todos los elementos que se construyeron durante la misma, así como en las subsiguientes fases, fueron socializados con otros investigadores, en este caso, de la línea de investigación de Historia y Epistemología de las Ciencias a la cual pertenezco, esta socialización sirvió para modificar algunos aspectos de la investigación y reafirmar otros.

#### **Fase 2**

En esta fase de la investigación se realiza la construcción del marco teórico y el diseño y ejecución del marco metodológico; dentro del diseño de la metodología pueden distinguirse las siguientes etapas:

### ***Etapa 1: Análisis de textos escolares***

De acuerdo con los objetivos de la investigación, se ha llevado a cabo, en esta primera etapa, una interpretación cualitativa, mediante una categorización, del tratamiento que le dan los libros de texto que utilizan los estudiantes a las Leyes de Mendel y los conceptos relacionados, y un análisis general sobre la manera de presentar estos contenidos. Para la formulación de las categorías, se especificaron tres componentes: a) un componente epistemológico, b) un componente histórico y c) un componente metodológico. En este caso los componentes histórico y epistemológico son tratados en conjunto, mientras que el componente metodológico se toma como un aspecto que deviene de los dos anteriores, como lo muestra el gráfico:



En el siguiente cuadro se muestran las categorías que se elaboraron para el análisis de los textos, las cuales fueron establecidas de acuerdo con los componentes arriba mencionados:

<b>Componentes histórico y epistemológico</b>	
<b>Categorías</b>	<b>Descripción</b>
Referencia a la historia de las ciencias	Se integra efectivamente la historia de la biología en la enseñanza de la teoría de Mendel.
Ciencia y trabajo científico	Se pone énfasis en el trabajo experimental o se alude a diferentes procedimientos para la construcción de teorías científicas.
Contextualización de teorías	Se alude al contexto histórico de construcción de los conceptos y se consideran las limitaciones de su teoría en el contexto actual.
Modelización y epistemología de conceptos	Existe una identificación y apropiación de las teorías en cuanto a la modelización que Mendel realizó y a la epistemología de sus formulaciones.

<b>Componente metodológico</b>	
<b>Categorías</b>	<b>Descripción</b>
Estrategias de resolución y problematización	Se muestra paso a paso como resolver un problema específico o el estudiante puede proponer soluciones alternativas a partir de interrogantes no teóricos que pueden resolverse con los conceptos ya definidos.
Empleo de la teoría y contrastación de hipótesis	Se emplea la teoría para la solución e interpretación de los problemas planteados o para contrastar ideas y explicaciones proporcionadas por los estudiantes.
Definición y análisis de conceptos	Se establece el significado de los conceptos a los que se hace referencia y se analizan de acuerdo a su contexto teórico.
Estrategias y modelos explicativos	Los conceptos son ilustrados mediante diferentes estrategias o modelos explicativos o predomina una en particular.

## ***Etapa 2: Los textos escolares y el aprendizaje***

Las notas elaboradas a partir del análisis realizado en la etapa anterior sirvieron como fuente primaria de información para la aplicación de instrumentos con la población de estudiantes, en esta etapa se hizo un análisis del aprendizaje de los estudiantes en relación con las cuestiones que previamente se habían identificado en los textos y una caracterización de las tareas realizadas por éstos al utilizar los libros, para ello se elaboraron instrumentos de aplicación, tanto metodológicos como conceptuales, para identificar los diferentes aspectos; los resultados de tales instrumentos fueron analizados desde el marco teórico y metodológico que han sido explicitados en la investigación, dichos instrumentos son los siguientes:

### *Cuestionario 1: ¿Cómo aprendes con los textos?+*

Este cuestionario ha sido diseñado con el fin de indagar la forma en que los estudiantes se relacionan con el libro de texto, cómo es que ellos utilizan este instrumento y si hay un interés y una comprensión de las Leyes de Mendel a través de la teoría y ejercicios que allí se plantean, para su diseño se han utilizado los resultados del análisis de textos realizado en la primera etapa de esta misma fase. Las preguntas reunidas en este instrumento abarcan algunos aspectos sobre la forma de aprender con los textos escolares, tales como la frecuencia con la que acceden a ellos, cómo los comprenden, qué papel que desempeñan en su aprendizaje, entre otros (anexo 1).

### *Cuestionario 2: ¿Qué sabes de la herencia?+*

Las preguntas reunidas en este instrumento abarcan aspectos conceptuales sobre las Leyes de Mendel, con él se pretende conocer las concepciones de los estudiantes acerca del tema, para lo cual se abordan tres tipos de preguntas conceptuales: una de tipo descriptivo a través de la cual los

estudiantes deben definir los procesos (qué es, de qué se trata, en qué consiste), otra de tipo explicativo con la que se pretende que incluyan en sus respuestas relaciones entre los conceptos involucrados en los procesos que se estudian, y una tercera que se refiere a la ejemplificación, con la pretensión de que basen sus ejemplos en la definición y explicación previamente dadas (anexo 2).

*Cuestionario 3: ¿cómo se construye el conocimiento científico?+*

Con este instrumento se pretende resaltar la discusión tratada en el marco teórico acerca de la metodología científica y se indaga sobre la imagen de ciencia que los estudiantes perciben de acuerdo a la manera en que han aprendido y se han relacionado con el tema de las Leyes de Mendel y otros conceptos asociados con la herencia (anexo 3).

### **Fase 3**

Esta fase corresponde a la etapa final de la investigación en la que, con base en los aspectos tratados en las fases anteriormente descritas, se lleva a cabo el *análisis de los resultados* respecto tanto a los textos escolares como a los aspectos encontrados respecto al aprendizaje; se construyen asimismo, en esta misma fase, las *conclusiones* de la investigación con base en el análisis de resultados previamente realizado y, por último, se le concede un espacio a la *redacción del informe final*.

## 6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.1. Análisis de textos escolares

#### 6.1.1. Componentes histórico y epistemológico

Categorías	Descripción
Referencia a la historia de las ciencias	Se integra efectivamente la historia de la biología en la enseñanza de la teoría de Mendel.
Ciencia y trabajo científico	Se pone énfasis en el trabajo experimental o se alude a diferentes procedimientos para la construcción de teorías científicas.
Contextualización de teorías	Se alude al contexto histórico de construcción de los conceptos y se consideran las limitaciones de su teoría en el contexto actual.
Modelización y epistemología de conceptos	Existe una identificación y apropiación de las teorías en cuanto a la modelización que Mendel realizó y a la epistemología de sus formulaciones.

#### C1: Referencia a la historia de las ciencias

En todos los libros analizados se ha encontrado el caso en el que se efectúa una referencia histórica de las Leyes de Mendel en la que se hace alusión al trabajo científico, en tal caso se describe cómo se llevó a cabo el experimento y se afirma que fue Mendel el científico que lo realizó por primera vez. Sin embargo en ninguno de los libros se encuentra una relación clara entre la teoría de Mendel y la historia de la biología, sólo en uno de ellos se hace alusión a las teorías de Darwin y Lamarck, como los primeros científicos preocupados por la genética, y se mencionan las contribuciones de Weismann, Mendel y Morgan, pero de una manera secuencial y aislada,

mencionando los nombres de los científicos y los ~~aportes~~ aportes que hizo cada uno de ellos a la teoría de la herencia.

Con respecto a una integración efectiva de la genética con la biología, en el sentido histórico, es de resaltarse que muchos de los conceptos genéticos han sido construidos en respuesta a algunas problemáticas en el ámbito general de la biología, particularmente la historia del contexto mendeliano nos muestra la importancia de la teoría de la evolución para la construcción de unas leyes generales sobre los mecanismos de transmisión de caracteres; sin embargo, la parte conceptual de los libros está diseñada de tal manera que no se percibe una conexión entre las diferentes teorías y temas de la biología, los conceptos de la herencia se ofrecen como las únicas conclusiones posibles y definitivas y sin alternativas históricas, solo en algunas ocasiones se hace referencia a teorías alternativas pero, como se mencionó arriba, sumando aportes en orden cronológico, y tratando de resaltar que la teoría ~~verdadera~~ verdadera es la que se está estudiando, situación que pone de manifiesto una tendencia a fraccionar los temas y conceptos sobre la genética que no permite a los estudiantes una apropiación y utilización de los mismos en otros cursos o contextos o relacionarlos con otros temas de la biología, pues el desarrollo de los contenidos y su secuenciación, no permiten mostrar un visión integral de la biología.

## **C2: Ciencia y trabajo científico**

En tres de los cuatro libros analizados se da gran importancia a la descripción del trabajo científico y a la forma en que ~~un método~~ un método hace posible la construcción de teorías, sin embargo, en tales descripciones se pone énfasis en el trabajo experimental, resaltando la importancia de la aplicación de un método científico: parte de la observación, elaboración de hipótesis, experimentación y enunciado de teorías. En tal caso, la imagen de la ciencia y la actividad científica, están sesgadas por una orientación claramente

inductivista, y se afirma que la observación de la realidad permite obtener por inducción el conocimiento objetivo y verdadero que, como tal, es un reflejo de la realidad. Las formulaciones de Mendel son descritas a la luz de la observación y de sus experimentos considerando que lo único que vale la pena es el método, el procedimiento que le sirvió para acumular datos y conducirlo hacia los resultados que pudo establecer por el hecho de estar comprobados mediante la experimentación.

En ninguno de los libros analizados se mencionan otro tipo de procedimientos para la construcción de la teoría de la herencia e incluso se afirma que, así como las Leyes de Mendel fueron establecidas a la luz de la experimentación, los modos de acceso al conocimiento son los mismos para todo tipo de saber, es decir, fundado en la experiencia, sin hacer diferencias de contexto, de campos disciplinarios o de las necesidades que requiere cada tipo de investigación y, sobre todo desconociendo el componente histórico que permea la construcción del conocimiento. En todos los libros se afirma explícitamente que la observación es el punto de partida para la construcción de teorías y que los datos, acumulados a través de la misma, existen por sí mismos, es decir son considerados como algo ya dado, y no buscados a la luz de las teorías, a su vez las teorías son consideradas como acumulaciones resumidas del hecho, más que como construcciones humanas ideadas para comprender y explicar algunos aspectos del mundo, afirmaciones que corroboran la orientación inductivista de los textos.

Respecto a las actividades contenidas en los textos que han sido objeto de análisis, no se evidencian propuestas metodológicas en las que se resalte o se aluda explícitamente a la construcción del conocimiento científico, pues no se hacen propuestas en las que, por ejemplo, se pueda hacer una comparación entre el desarrollo de una actividad contenida en el libro y la manera en que la resuelve un científico, ya sea en cuanto a las preguntas que se formulan, a la argumentación y explicaciones frente a determinado problema, al consenso, a

la determinación de factores que intervienen en el fenómeno explicado, entre otros aspectos que tienen que ver con la construcción y apropiación de conocimientos científicos; tampoco se hacen otro tipo de propuestas en las que se muestre a los estudiantes algunas formas de construcción de conocimiento y las dificultades que los mismos científicos deben enfrentar durante estos procesos; además, atendiendo al énfasis experimental que se pone a la teoría mendeliana en los textos, no se plantean posibles estrategias de resolución, que incluyan, en este caso, diseños experimentales u otras actividades, para la contrastación de la teoría y la experimentación, a la luz de los planteamientos que el libro proporciona.

### **C3: Contextualización de teorías**

No se resalta el campo de validez de cada una de las expresiones introducidas, tanto en el ámbito de la genética, así como en los contextos históricos en los que cada concepto tiene su propio significado, por ejemplo, cada una de las leyes de Mendel o conceptos implicados en las mismas, como genes, factores, cromosomas, alelos, entre otros, son definidos y utilizados indistintamente como si tuvieran el mismo significado y pertenecieran a la misma teoría, en todos los casos se alude a estos conceptos como descubiertos por Mendel en 1866 como consecuencia de sus experimentos. En el caso de ejercicios (presentes en todos los textos) sobre el color de los ojos, de la piel y de el cabello, o sobre la estatura, por ejemplo, se plantean de manera que deben resolverse de acuerdo a los planteamientos mendelianos, cuando este tipo de características atienden a casos de *alelos múltiples*<sup>23</sup>, es decir, no se heredan de forma mendeliana común, sino que se refieren a construcciones realizadas sobre otras bases teóricas; en este sentido, es preciso insistir en el razonamiento y la reflexión, que desde la historia y la epistemología de las ciencias debe hacerse, cada vez que se manejan

---

<sup>23</sup> Teoría a la cual las Leyes de Mendel no aplican, debido a que se trata de un tipo de herencia en la que están involucrados más de dos alelos para una misma característica. En la teoría mendeliana actual solo están involucrados dos alelos (por ejemplo A y a) para determinada característica.

expresiones o conceptos de este tipo, pues en el caso de los textos esto no se hace, cayendo en la tendencia de hacer generalizaciones que se utilizan en todos los casos sin explicitar la aplicación y el significado contextual que tenga cada una de ellas. Asimismo, se debe considerar que la aceptación de los conceptos científicos, así como el funcionamiento de los mismos, están condicionados dentro de un marco teórico vigente, lo cual supone, entre otras cosas, que dichos conceptos continuamente se están reevaluando y la utilización en diferentes situaciones depende de unos significados asignados, por lo tanto al ser utilizados debe hacerse la debida contextualización.

#### **C4: Modelización y epistemología de conceptos**

El hecho de que se considera la experimentación mendeliana como el factor más importante en la construcción de la teoría de la herencia tiene que ver, en gran parte, con la consideración epistemológica de sus formulaciones, es decir, con el poco énfasis que se hace en la diferencia epistemológica existente entre la primera y la segunda Ley de Mendel, pues la primera ley atiende a una generalización empírica, esto es, expresa una formulación basada completamente en la observación, en sus experimentos Mendel observa que los híbridos resultantes de cruzar individuos  $\%a$  puros+son iguales (en apariencia externa) entre sí, y que por tanto se puede generalizar frente a ello; en este caso aparece pertinente el enfoque de los textos que muestra la importancia de los experimentos mendelianos para sus formulaciones; sin embargo, la interpretación hecha en los textos escolares sobre esta observación realizada por Mendel, basada en la experimentación, limita la consideración de la segunda ley, la cual involucra el concepto de segregación o separación independiente de los  $\%a$  factores+, concepto central de su explicación que supone un *modelo matemático* y en el que las intervenciones experimentales tienen otro significado, adquiriendo mayor poder explicativo la interpretación matemática. Respecto a la tercera ley, ésta se trata como un planteamiento contenido en los trabajos mendelianos y no se precisa, desde el punto de vista

epistemológico, que corresponde a una interpretación y reformulación posterior de los trabajos de Mendel.

En el caso de la modelización matemática, ocurre que en los textos las observaciones se colocan al mismo nivel que los conceptos y los modelos para interpretar y explicar dichas observaciones o se le concede mayor importancia a la experimentación, por lo que los estudiantes no alcanzan a comprender ni desarrollar su propio modelo frente al caso, ni a entender la explicación matemática dada por Mendel. Ocurre además, en la mayoría de los casos, que ni siquiera se explicita la modelización matemática arriba mencionada, lo que evidencia, a su vez, la predominancia de un enfoque absolutamente descriptivo que prevalece en los libros de textos de ciencia naturales. El enfoque matemático de las formulaciones mendelianas y aun más la experimentación realizada en función de una explicación, no son entendidas en los libros como un modelo para explicar los mecanismos de la herencia en un contexto en el que no había ningún conocimiento sobre los genes y su función, para lo cual Mendel construyó un modelo que le proporcionaba una explicación, en tal caso la técnica de hibridación fue utilizada como instrumento y la matemática combinatoria como modelo para explicar los fenómenos; en el caso de los textos, la matemática aparece como algo ya dado, los estudiantes deben buscar respuestas cuantitativas atendiendo a preguntas como "¿cuál es la probabilidad?" o "¿qué porcentaje de hijos tendrán?", sin tener las nociones de matemáticas combinatorias indispensables para que puedan ser utilizados por los estudiantes para interpretar los resultados, pues las nociones de "probabilidades" y de "azar", aunque son términos que se mencionan, aparecen demasiado confusos como para ser utilizados en una explicación. De esta manera, se evidencia que los ejercicios de tipo cuantitativo planteados en los textos, atienden a una elaboración sistemática del ejercicio, donde la matemática adquiere un valor meramente mecánico para el estudiante, sin tener que hacer una relación de esta con los mecanismos de la herencia, pues no se enfatiza en la importancia de la matematización en la construcción de las

formulaciones de Mendel, sino que se le concede un lugar de aplicación sistemática que puede convertirse en obstáculo para la construcción de conceptos que sustentan su aplicación.

### 6.1.2. Componente metodológico

Categorías	Descripción
Estrategias de resolución y problematización	Se muestra paso a paso como resolver un problema específico o el estudiante puede proponer soluciones alternativas a partir de interrogantes no teóricos que pueden resolverse con los conceptos ya definidos.
Empleo de la teoría y contrastación de hipótesis	Se emplea la teoría para la solución e interpretación de los problemas planteados o para contrastar ideas o explicaciones proporcionadas por los estudiantes.
Definición y análisis de conceptos	Se establece el significado de los conceptos a los que se hace referencia y se analizan de acuerdo a su contexto teórico.
Estrategias y modelos explicativos	Los conceptos son ilustrados mediante diferentes modelos explicativos o predomina uno en particular.

#### C1: Estrategias de resolución y problematización

Las estrategias de resolución tanto en la teoría como en los mismos ejercicios que el libro propone están claramente señaladas por el autor, en éstos se da poco interés a la iniciativa que pueda tener el estudiante para elegir o proponer otros caminos de resolución, en tal caso simplemente aprende los pasos en su respectivo orden y los aplica a los ejercicios sin necesidad de pensar o reflexionar sobre las implicaciones y las formas de abordar el problema. Frente

a enunciados como: <sup>24</sup>Indica en absoluto orden qué pasos seguirás para solucionar un problema genético, ordenando las siguientes frases. Los estudiantes deben aprender tal cual estos pasos para resolver cualquier problema de genética. Asimismo, los ejercicios planteados al final de la unidad, con fines evaluativos, son enunciados de tal manera que no dejan alternativa para los estudiantes. Esta forma de presentar las estrategias de resolución tiene algunas implicaciones importantes respecto al aprendizaje, una de ellas, como ya se señaló, es que estas demarcaciones no permiten que el estudiante recurra a su iniciativa para proponer caminos mediante los cuales es posible abordar problemas específicos, otra, es que con esto se contribuye a que los estudiantes se formen una visión muy limitada de la ciencia, concibiendo el trabajo científico como algo muy estructurado.

En cuanto a la problematización, en ninguno de los libros que han sido objeto de análisis se plantean situaciones problemáticas en la que se tengan en cuenta las ideas, la visión del mundo o las destrezas y actitudes de los estudiantes, que puedan generar interés o que proporcionen un acercamiento previo a la actividad o tarea a realizar. Además, no se evidencia ninguna pretensión de incitar a los estudiantes a poner a prueba sus ideas o estimular el interés por el tema a través de problemas que resulten para ellos interesantes y que impliquen algún tipo de interpretación o un nuevo enfoque respecto al que plantea la teoría del libro de texto, pues todos los planteamientos e interrogantes identificados se refieren a conceptos ya definidos; como se mencionó antes, los ejercicios y la misma teoría atienden a preguntas y respuestas de tipo textual, esta situación limita al estudiante para que pueda poner en juego sus conocimientos acudiendo a explicaciones que no se queden en los conceptos teóricos ya definidos. En casos en los que se proponen ejercicios que atienden a respuestas de tipo cuantitativo, no se

---

<sup>24</sup> LEUCONA R, Julián. Tercer Milenio. Ciencias, Naturaleza y Educación Ambiental. Susaeta Ediciones. Medellín. 1998. pp. 100-119.

propone el estudio o la reflexión cualitativa de la situación planteada, de manera que los estudiantes no pueden hacer explícitas sus ideas o formas de pensamiento para entender el problema cuando éste se plantea en términos matemáticos.

Una consideración que es preciso señalar, es la conveniencia de aquellas actividades y problemas que permiten que el estudiante aborde situaciones que le son familiares, ya que es un aspecto importante para la comprensión de conceptos y teorías, sin embargo en los textos que han sido objeto de análisis, las actividades no presentan un vínculo con saberes cotidianos, pues no se tiene en cuenta que los estudiantes manejan los conceptos introducidos en situaciones diversas que les son más conocidas y de esta manera se hacen algunas relaciones con el tema; en el caso de la herencia, la teoría y problemas alude en la mayor parte de los casos a características hereditarias en animales y plantas, y poco en humanos, hecho que aleja la temática del contexto familiar de los estudiantes aludiendo a situaciones que difícilmente pueden relacionar o evocar. La situación anterior, contrasta con la idealización de los problemas que se evidencia en la exposición de las Leyes de Mendel en los textos, sobre todo en lo que se refiere a la problematización respecto a los ejercicios propuestos, pues no se plantean situaciones en las que se puedan establecer, por ejemplo, diferencias entre el planteamiento de un problema en condiciones idealizadas, y los factores o condiciones relevantes que intervienen en la situación real, por ejemplo, no se tienen en cuenta la influencia del ambiente, el sexo, las características de otros miembros de la familia, las mutaciones, o algunos conceptos genéticos necesarios para interpretar la mayor parte de los problemas planteados sobre la herencia.

## **C2: Empleo de la teoría y contrastación de hipótesis**

Hay una clara conexión entre la teoría y los ejercicios planteados, ya que ambos aspectos obedecen al mismo tipo de planteamientos, en este caso,

obedecen a definiciones tipo memorístico; el empleo de la teoría está asociado, en la mayoría de los casos, a las respuestas textuales que proporciona el mismo texto, en tal caso las preguntas están dirigidas de manera que el estudiante no puede hacer una interpretación ni una reflexión sobre lo que se le pregunta. En la mayoría de los textos analizados, los ejercicios están diseñados de tal forma que la teoría solo sirve al estudiante para organizar los datos que éste proporciona, por ejemplo, si un enunciado dice que ~~en~~ una pareja ambos padres son homocigotos recesivos~~+~~, los estudiante deben asignar las representaciones correspondientes (por ejemplo dos letras minúsculas en ambos casos), pero no saben interpretar esta representación, se organiza la representación asignada en cuadros y se extrae alguna información (proporciones numéricas), pero no se hace una interpretación de la misma.

Otro de los pocos casos en los que se utiliza la teoría, en relación con la actividad, se hace para explicar resultados o para ~~verificarlos~~~~+~~, por ejemplo, se comparan los resultados de un determinado ejercicio con las proporciones 3:1 o 9:3:3:1 que según la teoría del texto les debe dar y así se verifica la respuesta en función de la teoría, pero no se establecen relaciones entre la teoría y los resultados obtenidos en el ejercicio, es decir, no se realiza el análisis de los resultados, con propuestas en las que, por ejemplo, se pueden contrastar con los obtenidos por otros estudiantes o con los que establece el texto, lo cual no permite ocasión de conflicto entre los estudiantes que los obligue a considerar resultados o explicaciones diferentes a las del libro de texto o a las propias.

Consecuente con lo anterior, el empleo de la teoría para formular predicciones o hipótesis contrastables es menos frecuente, lo cual está muy ligado, entre otras cosas, al hecho de que el desarrollo temático es muy reducido, y por lo tanto, no hay lugar para que el estudiante pueda hacer una construcción de conceptos y de hipótesis, que implique la utilización de las ideas que cada uno

tenga en ese momento para elaborar definiciones, proponer expresiones operativas o realizar predicciones; solo en unos pocos casos se pide, por ejemplo, la justificación de algún resultado, pero en general, los ejercicios no están planteados de manera que la solución pueda estar precedida por un análisis. Además, dada la importancia que se le concede a la experimentación, no se incluyen en los libros explicaciones en las que se utilicen los conceptos teóricos para describir las relaciones con los acontecimientos experimentales, es decir, no se percibe una relación entre lo que significa la teoría, los conceptos que implica y los procedimientos experimentales en relación con la teoría, sino que se tratan de una forma aislada.

### **C3: Definición y Análisis de conceptos**

La estructura general de los textos está, en términos generales, más ligada a definir conceptos, proporcionar datos y describir hechos o situaciones, que a entender los conceptos de una manera más crítica o general en la que se puedan establecer relaciones; son muy pocos los casos en los que se justifican o analizan los conceptos o expresiones que son utilizados, tanto en la teoría como en los ejercicios que se plantean, hecho que no favorece la internalización y suscita interpretaciones inadecuadas de algunos conceptos o procesos, pues en la mayoría de los casos están definidos sin atender a su contexto teórico sino que se introducen de una manera confusa; por ejemplo, se alude a conceptos tales como genes, factores, cromosomas o alelos indistintamente, asignando para todos el mismo significado o, por ejemplo, se da la definición de uno de ellos y el estudiante debe asumir que aplica para los demás términos; lo que da la sensación de que las definiciones se establecen porque sí, sin ninguna relación conceptual y sin ninguna relación con el contexto al que atienden cada uno de éstos, lo que impide la comprensión del concepto o problema particular y limita los conocimientos que se aplican en la interpretación de los mismos. Tampoco se plantean actividades en las que los estudiantes tengan que analizar una definición determinada, como por ejemplo

Los genes como responsables de  $\pm$  o los genes son los portadores de  $\pm$ , y compararla con otras alternativas que los obligue a centrarse en la forma en que influyen en cada caso que pueden ser consideradas.

Otro aspecto que cabe resaltar, es la falta de significado o de interpretación teórica que se da a los conceptos, cuando son definidos en términos cuantitativos, en este caso se alude a las definiciones como datos teóricos a los que el estudiante siempre debe llegar en los ejercicios, sin hacer definiciones introductorias donde se establezcan relaciones cualitativas como aproximaciones a los conceptos en las que se tengan en cuenta los factores que intervienen en alguna situación; así por ejemplo conceptos como homocigosis, heterocigosis, dominancia, recesividad, entre otros, son definidos en términos de proporciones o porcentajes de acuerdo con la generación correspondiente y la proporción en que se deben encontrar.

#### **C4: Estrategias y modelos explicativos**

En los textos que han sido objeto de análisis, se evidencia que el uso de estrategias para explicar los conceptos relacionados con la herencia es muy limitado ya que, como predomina un lenguaje descriptivo e  $\pm$  informativo sobre hechos, datos, o situaciones que proporcionan una imagen estática de la ciencia, no se presta mucha atención a la resolución de problemas concretos mediante estrategias diferentes, como por ejemplo, actividades introductorias, actividades de síntesis (esquemas, mapas conceptuales) u otras alternativas explicativas (esquemas, gráficos, analogías) que den cuenta de las relaciones conceptuales que se establecen en torno al tema en función de la comprensión de la teoría que plantea el texto, ni se hacen planteamientos que den espacio al estudiante para la interpretación, situación que no incita a los estudiantes a cuestionar los conceptos descritos ni darse cuenta de la validez de los mismos dentro de ciertas explicaciones.

Respecto a la elaboración de modelos teóricos, como por ejemplo, la matematización de las leyes de la herencia y la explicación mediante relaciones numéricas no se utiliza en ningún caso para explicar la teoría, para analizar su funcionamiento en determinadas situaciones o para hacer predicciones, sino que las relaciones son solamente operativas; aun en los casos de experiencias de carácter **cuantitativo**, donde podrían estudiarse los factores que intervienen para que se de determinada proporción, los estudiantes no pueden plantear o predecir cuáles serían esos factores o cuáles las posibles proporciones debido a que la matemática es algo ya dado y el resultado es único.

## 6.2. Análisis de instrumentos de aplicación con estudiantes

### *Instrumento 1: ¿Cómo aprendes con los textos?*

<b>Categorías de análisis</b>	<b>Descripción</b>
Motivación o interés por el tema	Se interesan por un modo particular de aprender la herencia mendeliana y qué tanto logra involucrarlos en el tema.
Recurrencia y ventajas de los textos	Consideran el libro de texto como el mejor recurso para aprender la herencia mendeliana y recurren frecuentemente a él, o consideran otros recursos.
Concepción del aprendizaje	Hay una forma particular de concebir el aprendizaje de la herencia mediado por el libro de texto
Comprensión del contenido y uso relevante del conocimiento	Pueden integrar las leyes de Mendel con otros conceptos de la biología y hay una apropiación del tema en otros contextos.

## **C1: Motivación e interés por el tema**

Se evidencia un interés general por la solución de ejercicios y problemas, afirmando que es el tipo de actividades que aparecen en los textos y que son aquellas que más les pone el profesor, además hay una concepción generalizada de que este tipo de actividades son fáciles y que las pueden aprender (memorizar); no manifiestan ningún tipo de interés por leer sobre el tema o investigar sobre el mismo, ya que estas actividades no aparecen explícitas en los textos y por lo tanto se les hace difícil inclinarse hacia ellas; en el caso de leer sobre el tema solo lo hacen si los talleres implican preguntas al respecto, en tal caso se recurre al libro y se escriben textualmente las respuestas. Solo en el caso de E2, este tipo de actividades (ejercicios y talleres) aparecen como entretenidas, manifestando motivación y aprendizaje con los mismos. Frente a la solución de problemas que implican análisis y discusión sólo E3 manifiesta interés por esta actividad, justificando que ~~así~~ así se puede pensar más+ cosa que no es posible resolviendo talleres y otras cuestiones que aparecen en los textos. En el caso de E2, E3 y E4, que se inclinan tanto por hacer ejercicios como por resolver problemas, al parecer toman ambas actividades como si fueran la misma y en sus respuestas dejan ver que si realizan una de estas actividades también realizan la otra, es decir, no hay una separación de las implicaciones mecánicas y memorísticas que tiene la realización de ejercicios sobre el aprendizaje en contraposición a las actividades en forma de problemas sobre las que los estudiantes pueden intervenir buscando posibles soluciones, pues para ellos ambas se resuelven de la misma manera: siguiendo los pasos.

## **C2: Recurrencia y ventajas de los textos**

Todos recurren frecuentemente al libro de texto para consultar el tema de la herencia y lo encuentran como un instrumento adecuado justificando, en el caso de E1 y E2, que todas las respuestas están contenidas allí sin necesidad

de esforzarse mucho, sin embargo, en el caso de E2, cuando se les pregunta si es el mejor recurso para aprender sobre la herencia, dice que no lo encuentra como el mejor recurso, argumentando que es confuso y resulta difícil entender sus planteamientos ya que los conceptos no se definen claramente; en el caso de E3 y E4 que afirman que solo utilizan el libro en algunas ocasiones, encuentran que este es ventajoso también por el hecho de proporcionarle las respuestas textuales a las preguntas, E4 manifiesta también que además de esto el libro resulta ventajoso porque a través de él pueden aprender a consultar, aunque reconoce que ~~no~~ son buenos+ porque a veces se confían de él y no les proporciona todo lo que necesitan (no encuentran todas las respuestas textual es).

Algo importante para resaltar con respecto a esta categoría, es la forma en que todos se inclinan hacia el libro de texto como el ~~único~~+recurso, sin mencionar otros que posiblemente sean adecuados para el aprendizaje, y sin valorar, por ejemplo las explicaciones del profesor, pues todos afirman que ~~aprenden~~+es del libro y no del profesor, sino que simplemente hacen los talleres que este último les encarga, lo que supone que no hay una adecuada mediación entre los procesos de enseñanza y aprendizaje, ya que el texto escolar está haciendo las veces de profesor en el aula.

### **C3: Concepción del aprendizaje**

A partir de una reflexión sobre la perspectiva y posición que los estudiantes tienen frente al proceso de aprendizaje a través de los textos, es de notar, dadas sus respuestas, que no conciben el desarrollo de habilidades analíticas dentro del aprendizaje, pues todas sus respuestas tienen que ver con el carácter transmisionista del aprendizaje mediado por los textos. Aunque todos se refirieron explícita e implícitamente a los ejercicios y práctica aludiendo a que en los talleres que solucionaban siempre tenían que hacer ejercicios, la concepción predominante respecto al aprendizaje a través del libro de texto es

de transmisión. E2, concibe además que el aprendizaje es **%informativo+**por el hecho de que los textos **%informan+**los experimentos que Mendel realizó para construir sus formulaciones.

En ninguno de los casos se alude al aprendizaje como algo motivador, reflexivo u orientado por los estudiantes; en el caso de E4, no menciona ninguna de las opciones sino que afirma que es difícil el aprendizaje a través de los textos porque los temas y conceptos son muchos y resultan confusos, E1 por su parte menciona también que el aprendizaje de la herencia a través de los textos es relajado, pues manifiesta que **%hacer** cruzamientos y hacer los cuadritos+es fácil y no requiere mucho esfuerzo.

#### **C4: Comprensión del contenido y uso relevante del conocimiento**

Frente a la comprensión de la herencia mendeliana y el uso de esta temática en relación con otros temas o contextos, los estudiantes hacen énfasis en la amplia variedad de temas que aparecen en los textos con poco desarrollo o profundidad de los mismos, aludiendo a que no es posible acordarse de todo en otros contextos o en **%años+** posteriores. En los casos de E1 y E2, relacionan vagamente la herencia con la reproducción, sin embargo no saben explicar cómo se relacionan o manifiestan que no se acuerdan. En el caso de E1 y E3 mencionan conceptos como genes, cromosomas y ADN afirmando que son conceptos que tratan las Leyes de Mendel y reconociendo que todos tienen que ver con la herencia. Respecto a estas afirmaciones de los estudiantes se deducen dos consecuencias importantes para el aprendizaje de la herencia, la primera es el notable fraccionamiento de los contenidos que no permite su utilización con respecto a otros temas o **%capítulos+**de la biología, ni mucho menos con respecto a otras áreas, y la segunda es que los estudiantes no piensan en la posibilidad de aplicar las teorías a otros problemas diferentes que posiblemente tengan que ver con su entorno cotidiano, es decir, no

pueden hacer un uso relevante de los conocimientos sobre la herencia, pues en los libros esta posibilidad aparece muy limitada.

### ***Instrumento 2: ¿qué sabes de la herencia?***

A partir de la reflexión sobre los aspectos más persistentes y significativos en las explicaciones de los estudiantes frente a la herencia y las Leyes de Mendel, se pueden hacer algunas consideraciones en torno a los problemas conceptuales que se presentan sobre esta temática:

#### **1. relación confusa entre herencia y reproducción**

Se muestra un amplio desconocimiento de los procesos de reproducción, pues aunque es una interpretación muy difundida entre los estudiantes para explicar la transmisión de características, no se ve ampliada por ningún mecanismo para saber cómo ocurre dicha transmisión, es decir, todos los estudiantes en alguna de sus respuestas mencionan la reproducción sexual, pero ninguno de ellos deja explícito de qué se trata el proceso o de qué manera se relaciona éste con los mecanismos de transmisión de caracteres. E1, trata de relacionar la herencia con la reproducción sexual, sin embargo no se refiere a ella como un proceso sino como una ~~etapa~~ etapa por la cual deben pasar los cromosomas de los padres para ~~combinarse~~ combinarse y ser transmitidos a los descendientes, es decir, la reproducción no es un proceso para explicar los mecanismos de la herencia sino una etapa de la transmisión; E2 se refiere explícitamente a que es en el proceso de reproducción sexual que se da la transmisión de los caracteres, sin embargo reduce este proceso a la unión de gametos masculinos y femeninos, y lo interpreta como si fuera el mecanismo mismo de la herencia y no como un proceso que permite explicar tal mecanismo; E4 se limita simplemente a utilizar la expresión ~~se reproducen~~ se reproducen para indicar que hay un momento en el que los cromosomas pasan de padres a hijos, sin embargo no proporciona una explicación al respecto.

## 2. Los genes se Í desgastanÎ en la transmisión

Una de las concepciones más generalizadas frente a la transmisión es la desaparición (gradual o completa) de algunas características en este proceso, es decir, el hecho de que los genes que regulan los rasgos físicos se transmitan de una generación a otra hace que estos se vayan %desgastando+o desapareciendo. En el caso de E1, E3 y E4, afirman que algunos genes por el hecho de que no se expresan, desaparecen o tienden a desaparecer; para E3, la desaparición de las características está asociada al gen dominante, el cual se va %ocultando+ en las sucesivas generaciones, lo cual se explica por el hecho de que las proporciones van disminuyendo, es decir, en la primera generación los descendiente eran todos dominantes, en la segunda solo tres de ellos lo son, en tal caso las características recesivas van apareciendo mientras que las dominantes se ocultan y por lo tanto el gen recesivo va aumentando en cada generación. En el caso de E4, afirma por un lado que %los genes recesivos se desgastan+, dice que primero desaparecen y cuando aparecen nuevamente están más débiles, %se van como desgastando+, sin embargo, más adelante explica, que son los genes dominantes los que aparecen %menos fuertes+en la siguiente generación (como en el caso de E3), pues %la característica se desgasta+ (por el hecho de no ser homocigoto dominante sino heterocigoto). Este tipo de explicaciones sugiere que los estudiantes no comprenden que todos los organismos están dotados de %genes+ o %factores+ que son unidades hereditarias portadoras de la información genética, no hay una comprensión clara frente al concepto de %gen+ como una unidad discreta e inmodificable, y tampoco de %transmisión+, la cual no implica mezcla o desgaste de los genes sino que estos se transmiten sin ninguna alteración en las sucesivas generaciones; por el contrario, los estudiantes piensan que la transmisión implica una alteración o %desgaste+ del gen o la desaparición, en algunos casos.

### 3. los genes recesivos no se heredan

Hay una concepción generalizada de que por el hecho de que los alelos recesivos no se expresan físicamente quiere decir que no son heredados por los descendientes; para E1, %no todas las características se hereda+porque los genes no fueron %transmitidos+ en alguna generación, es decir, no fueron heredados a los descendientes y por tal motivo no se expresan; al parecer, no hay no hay una adecuada conceptualización de %gen+ como la unidad portadora de la característica y de %característica+ como la expresión del gen, es decir, no hay una separación entre estos dos conceptos (en tal caso la característica es el gen, no la expresión del gen). En el caso de E2, E4 y E3, manifiestan explícitamente que estas características no se heredan, pues no aparecen en la descendencia (no se expresan), aunque E1, E3 y E4 reconocen que estas %aparecen+ en generaciones posteriores. En tal caso, la *transmisión* es entendida por los estudiantes como *expresión*: desaparece el gen (no se transmite a la descendencia) por el hecho de que no expresa la característica, y por lo tanto no hay una concepción de individuos portadores (en el caso de heterocigosis).

### 4. Solo se transmite el gen dominante

En relación con lo anterior, aparece con frecuencia la idea de que solo se transmite el gen dominante, es decir, para que un individuo transmita sus características debe tener en su información hereditaria el alelo dominante: no se identifica el aporte equitativo de material genético de ambos progenitores sino que hay una concepción generalizada de que el gen dominante, por ser el que se expresa, es el único que se hereda, nuevamente se confunde *transmisión* con *expresión*. E1 plantea que los que hijos se parecen al padre si heredan el gen dominante, en este caso no se toma en cuenta la expresión del gen recesivo en estado de homocigosis. En el caso de E2, plantea que los hijos heredan únicamente los alelos dominantes porque la característica dominante

es la más común con los genes que siempre se ven, es decir considera como carácter dominante el fenotipo más abundante. E4, por su parte manifiesta que aunque la descendencia tiene los dos ADN (el del padre y el de la madre), solo se manifiesta el dominante; todo esto supone que no se establece una clara relación entre lo que es un individuo portador (que tiene los genes para determinada característica, aunque no los exprese), y la expresión de la característica (que es cuando esos genes que el individuo porta, se manifiestan fenotípicamente), ya que ninguno de ellos reconoce que en estado de homocigosis, la característica recesiva también se puede expresar. Frente a estas explicaciones, se evidencia una doble dificultad, por un lado que para los estudiantes, los progenitores no aportan la misma cantidad de información hereditaria, pues en este caso solo aportaría el progenitor que posea el gen dominante, y por otro lado, hay una escasa apropiación y una comprensión insuficiente de los conceptos fenotipo y genotipo, en relación con gen y característica y con expresión y transmisión, conceptos que no son utilizados en la mayoría de las explicaciones, y cuando se utilizan lo hacen sin establecer una adecuada relación entre ellos.

##### **5. Idea confusa de los caracteres dominante y recesivo**

Además de ser el único que se transmite, también el gen dominante está frecuentemente asociado con la fuerza y con el progenitor masculino, E2 y E3 dicen de manera explícita que es la madre quien tiene los alelos recesivos y el padre los dominantes, por lo tanto las características dominantes las posee y las transmite el padre, asimismo E4 afirma que el padre posee los caracteres dominantes; en el caso de E3 el gen dominante que es el paterno está asociado además con la fuerza y con la raza pura y, por ende hay una concepción del gen recesivo con gen débil y una asociación con el concepto de híbrido, en tal caso si el gen recesivo se expresa, el individuo es un híbrido (no es homocigoto recesivo). Algunos generalmente identifican el carácter dominante, con el fenotipo más abundante, por ejemplo con características

como la piel morena, el cabello oscuro, el color rojo de una flor, entre otras, lo que supone de algún modo un predominio de la percepción de las características físicas sobre la comprensión del concepto de gen, el cual requiere mayor abstracción y un esquema de representación (por ejemplo que los identifique como dominantes o recesivos para determinada característica)

## 6. Confusión de conceptos

Es evidente el insuficiente significado que asignan a conceptos fundamentales, tales como gen, cromosoma, alelo, carácter, ADN y la escasa relación que logran establecer entre ellos (por ejemplo entre gen-cromosoma gen-alelo, alelo-cromosoma alelo-carácter, gen-carácter o gen-ADN), todos estos conceptos son utilizados indistintamente en las explicaciones, al parecer como sinónimos, pues algunos se refieren a varios conceptos dentro de la misma idea; E1, por ejemplo, hace referencia a los ~~%genes~~ o *cromosomas* como los determinantes de la herencia, E2 y E3 por su parte, utilizan *genes* y *alelos* como haciendo referencia al mismo concepto, aunque no explican cómo los entienden o los procesos en los que están involucrados dichos conceptos; E4, se refiere indistintamente a los conceptos de *cromosomas*, *genes* y *ADN* como si tuvieran el mismo significado; para él, si dos personas de la misma familia tienen el mismo ADN o los mismos genes se parecen, pero afirma que lo que se transmiten son los cromosomas. Otro aspecto para resaltar es que, en algunos casos, expresiones de uso común como ~~%tienen la misma sangre~~ o ~~%son de los mismos genes~~ sugiere que para ellos la sangre, al igual que los genes, es portadora de información hereditaria y es utilizada al mismo nivel de otros conceptos (genes y alelos, por ejemplo); en general entienden que estos términos significan lo mismo y, por tanto, no existe comprensión de ninguno de los procesos en los que cada concepto está involucrado.

## 7. herencia por combinación

Al parecer, hay una difícil conceptualización de los genes (en el contexto de la genética mendeliana) como unidades discretas, inmodificables e independientes unos de otros, que se transmiten a la descendencia sin ninguna alteración, por el contrario la idea de material hereditario (genes, cromosomas, ADN, alelos) predominante entre los estudiantes, tiene que ver con ~~la~~ ~~mezcla~~+o ~~la~~ ~~combinación~~+, es decir, los genes no aparecen como unidades independientes, sino que se mezclan en el proceso de reproducción para aparecer ~~los~~ ~~combinados~~+ en la descendencia. E4, por ejemplo, explica que la transmisión de las características se realiza a través del ADN que está en la sangre y en la reproducción ~~el~~ ADN de ambos padres se *combinan*+ o ~~los~~ genes se combinan+, originando un individuo con las características de ambos padres. E1, por su parte, explica que ~~los~~ genes o cromosomas se *combinan* en la reproducción+, y el hecho de que un individuo se parezca a ambos padres (tiene características de los dos) es por la ~~la~~ ~~combinación~~+ de sus genes en la reproducción. Con respecto a estas concepciones de mezcla o combinación del material genético, es de resaltar que es una concepción que está presente después del estudio de los fenómenos de la reproducción, tema en el cual se estudian procesos que tienen que ver con la ~~la~~ ~~teoría cromosómica~~+, con conceptos como la segregación y con procesos fundamentales como son los de mitosis y meiosis, temas determinantes para proporcionar una explicación respecto a la transmisión de características, que nada tienen que ver con combinación, los cuales no son mencionados por ninguno de los estudiantes en sus explicaciones, posiblemente porque no han sido lo suficientemente comprendidos.

## 8. Omisión de conceptos

Es de resaltar también la falta de relación que se establece entre la teoría mendeliana y otros temas o conceptos biológicos afines muy importantes para

proporcionar una explicación sobre los mecanismos de la herencia, esto se evidencia en la omisión de conceptos y nociones tan importantes dentro de la herencia mendeliana tales como segregación, azar, probabilidades, o la relación con otros procesos como reproducción, mitosis, meiosis, entre otros relacionados con el tema de la herencia.

### **Instrumento 3: ÍYÅ ¿cómo se construye el conocimiento científico?Í**

**Construcción de teorías:** Concepción de uno o múltiples procedimientos para la construcción de leyes o teorías científicas

Respecto a la construcción de teorías y a las metodologías científicas se evidencia para las preguntas correspondientes una recurrente alusión al método científico, aunque es interesante que casi todos consideren la teoría y la formación conceptual como aspectos importantes en la construcción de la Leyes de Mendel, todos consideran que el procedimiento fue metódico (llevado a cabo paso por paso) y la experimentación juega un papel esencial; todos los estudiantes afirman que no existe otro método diferente al científico y que esta fue la manera de proceder que utilizó Mendel en sus trabajos y que además es el modo de proceder para la construcción de cualquier teoría científica.

Sin embargo, cuando se les pregunta si hay factores particulares que condicionan el trabajo científico solo uno de ellos hace referencia a la experimentación como la condición necesaria para la construcción de teorías, los otros estudiantes, por su parte, se centran en la preparación académica que tuvo Mendel afirmando que antes de experimentar se requiere de algunos conocimientos, por ejemplo su formación en matemáticas y en ciencias naturales le permitieron construir las leyes de la herencia, lo que permite afirmar que implícitamente conciben que la teoría antecede a la experimentación.

En cuanto a la concepción de las teorías científicas como construcciones humanas, todos consideran que éstas son infalibles, argumentando que ya han sido comprobadas con la experimentación y por el hecho de llamarse *leyes*. En general, piensan que aunque las teorías no fallen, es decir, son teorías comprobados por lo tanto aplican para todos los casos, existe la posibilidad de éstas pueden cambiar (modificarse) o pueden llegar a ser reemplazadas por otras teorías.

**Concepción de ciencia:** Existe una concepción particular de la ciencia influida por la forma de concebir el trabajo mendeliano

Frente a la concepción de ciencia, desde la comprensión y la imagen que tienen sobre las Leyes de la Herencia, aluden siempre a que es verdadera, creada o inventada y descubierta; en el caso de E3 parece contradecirse, ya que considera que la ciencia, además de ser construida, también es creada o inventada, sin embargo, se entiende que en ambos casos alude a ella como algo ya terminado (construida/construible) y por lo tanto construida y creada para ella pueden aludir a lo mismo. Las otras opciones tomadas por los estudiantes parecen no contradecirse y en todas se guarda una correspondencia con el hecho de considerarlas todas como verdaderas.

Frente al modo de construcción de los conocimientos científicos prevalece la concepción de ciencia como un producto actual acabado; apoyados en el caso específico de las Leyes de Mendel consideran que lo esencial son los resultados finales de la investigación científica y que así como lo hizo Mendel, solo podemos registrar aquello que se manifiesta a nuestra experiencia sensible, lo que sugiere que si todo depende de la experimentación y la observación, la ciencia se desarrolla neutralmente, sin interacción con la sociedad.

## 7. CONCLUSIONES

Se espera que las conclusiones aquí planteadas, permitan proponer posibles directrices sobre algunos aspectos que deben tomarse en cuenta para enseñar el tema de la herencia mendeliana y sugerir acciones metodológicas, basadas en el uso de la historia y la epistemología de las ciencias, para favorecer la adquisición y la comprensión de conceptos relacionados con este tema.

- Aunque los libros de texto no pueden considerarse un parámetro definitivo en el proceso de aprendizaje, éstos pueden aportar cierta información sobre la influencia que tienen en las interpretaciones de algunos conceptos y procesos que tienen que ver con el tema de la herencia. Los resultados del análisis indican que varias de las concepciones que manifestaron los estudiantes acerca del proceso de la herencia tienen una clara correspondencia con lo encontrado en los textos, pues es común que las concepciones se generen del contacto que el estudiante tiene con las teorías científicas, en este caso, las presentadas en los textos escolares, los cuales pueden promover o fortalecer interpretaciones inadecuadas que ellos poseen. Así, por ejemplo, se ha encontrado que ambos (estudiantes y libros de texto), atribuyen significados inadecuados a conceptos básicos, como cromosomas, genes, alelos, ADN, carácter, entre otros, y los utilizan de forma confusa; estas observaciones nos muestran que las nociones utilizadas por los estudiantes están asociadas a las que define el libro de texto, y permiten afirmar que han sido memorizadas; los estudiantes, interpretan de manera inadecuada los conceptos de dominancia y recesividad, términos que no se hacen explícitos en los textos; no parecen comprender el significado de procesos importantes como la reproducción; además, la manera de entender la herencia en las personas, como, por ejemplo, la aportación genética de cada uno de los

progenitores, o las razones con las que explican la aparición de ciertos caracteres en la descendencia son demasiado limitadas, asociadas generalmente a los conceptos de dominancia y recesividad; también es preciso indicar que los estudiantes no tienen generalmente concepciones basadas en el empleo de algunos elementos matemáticos, como por ejemplo, la teoría de probabilidades, el papel que juega el azar en la transmisión de los caracteres hereditarios o, en algunos casos, el uso y la interpretación inadecuada de los cuadros de Punnett, sobre lo cual puede concluirse que el contacto con los textos despierte en ellos tales interpretaciones, ya que en los libros ni siquiera se plantean problemas en los que intervienen este tipo de nociones.

- Si bien todos los textos que fueron analizados en el proceso de la investigación presentan parcialmente las ideas sobre la herencia mendeliana, en ellos los conceptos son presentados como simples palabras, que son el resultado de la simplificación o tergiversación de su significado. De acuerdo con los resultados del análisis, se observó que en los libros se tiende a realizar una introducción desarticulada y confusa de los conceptos de la herencia, lo cual tiene que ver, de algún modo, con la necesidad de presentar de forma sencilla algunos conceptos sin utilizar nociones muy complejas, sin embargo en los textos se cae en una simplificación de los conceptos que conduce a resultados desafortunados respecto a la comprensión de los mismos. Todo esto permite afirmar que, a falta de un enfoque adecuado, no se incorpora la temática a la reflexión, ni se analizan los conceptos con profundidad y, por lo tanto, carecen de sentido para la mayoría de los estudiantes; un ejemplo de esto, es la frecuente utilización de términos diversos en la denominación de un mismo concepto científico en los textos escolares, lo cual ha creado confusión entre los estudiantes, quienes los utilizan de forma indistinta sin comprender el significado y las relaciones conceptuales entre ellos; el hecho de que en los libros de

texto no se explicita la diferencia entre estos conceptos, incita a los estudiantes a que construyan una identidad entre los mismos, y por lo tanto no puedan establecer relaciones adecuadas entre éstos, lo que no permite su adecuada utilización.

- En relación con la resolución de los problemas de genética, la falta de significado o la interpretación inadecuada de algunos conceptos o procesos impiden encontrar una apropiada dimensión de los problemas planteados en los textos y comprender los conocimientos que se aplican en la resolución, como consecuencia, los estudiantes utilizan procedimientos de resolución, en la mayor parte de los casos, mecánicos, lo que puede ser debido a la propia estructura tan esquemática del método seguido, ya que les resulta más fácil aprender la solución tal y como aparece en los textos, que razonar en torno a los posibles procedimientos. Estas consideraciones sugieren la necesidad de introducir cambios significativos no solamente en los contenidos, sino también en los planteamientos habituales de enseñanza de la herencia mendeliana, de manera que estas situaciones impliquen la reflexión de los estudiantes y se alejen de simples rutinas, que se resuelven mediante la aplicación de determinadas reglas aprendidas de memoria; resulta conveniente, también, que en los planteamientos didácticos que utiliza el profesor, se introduzcan los conceptos específicos de la genética diferenciándolos unos de otros, pero estableciendo relaciones entre ellos, considerando que las relaciones conceptuales tienen una importante repercusión en el momento de aplicarlos a la resolución de los problemas.
- Algunos aspectos identificados en la investigación indican que el estudiante tiene una visión dogmática de la ciencia, lo que contribuye a apoyar la idea de que la historia de las ciencias en los textos escolares, en los casos de estar presente, está siendo mal enfocada; dado el

carácter anecdótico que acompaña la perspectiva histórica en los textos, se le concede gran importancia a la descripción de los experimentos mendelianos, presentando a Mendel como el primer %genio+ en la historia de la genética, de lo cual se desprende la imagen que obtienen los estudiantes acerca de la actividad científica y de su historia: los conocimientos científicos aparecen como obra de genios aislados, ignorándose el papel del trabajo colectivo, lo que, en términos didácticos, puede llegar a ser un obstáculo para el aprendizaje, pues como ya se ha indicado, las concepciones que presentan los estudiantes respecto a la naturaleza de la ciencia inciden de forma directa o indirecta en el aprendizaje de conceptos científicos. También se encuentra que los experimentos mendelianos son utilizados para ofrecer una visión de la ciencia en la que el %método científico+ es simplemente un conjunto de etapas a seguir mecánicamente, lo que va en detrimento de la reflexión; también, respecto al tratamiento que se le da a los conceptos, se encuentra que la inclusión o %mezcla+ de las concepciones clásicas y actuales acerca de la transmisión de caracteres y sobre la herencia, es decir, la coexistencia de diferentes conceptos o %paradigmas+ en lo relacionado con la herencia, reducen el valor de los contextos en la construcción de teorías, al respecto se propone que la historia y epistemología pueden aportar información relevante para profundizar en el desarrollo de esta perspectiva mediante la recontextualización de los conceptos.

- En la medida en que la problemática identificada en este trabajo indica que la mayor parte de la %información+ contenida en los textos carece de significado y no permite un acercamiento a los conceptos, debido a su linealidad, reduccionismo y tendencia a la simplificación, se plantea la conveniencia de retomar e incorporar elementos sobre los contenidos y estrategias de enseñanza de las ciencias que propicien un enfoque hacia los métodos de reflexión y reconceptualización que la historia y la

epistemología de las ciencias permiten. La consideración didáctica de la historia de la ciencia y su relación con el aprendizaje permite la recontextualización de los conceptos y teorías científicas, ya que las teorías científicas tal y como se aprenden en el aula de clases requieren ser situadas en un contexto que permita al estudiante una reconstrucción, y no puede consistir solamente en un conjunto de conceptos impuestos por el profesor o por los textos escolares, sino que debe surgir de la comprensión de los significados que adquieren respecto al marco teórico de que se dispone para su reconstrucción, el cual debe ir acompañado del conocimiento de dicho significado en su contexto histórico; por ejemplo, algunos conceptos, por su carácter abstracto, requieren de ciertas explicaciones o representaciones, o bien de reflexiones acerca de cómo han sido interpretados a lo largo de la historia, de manera que la reflexión como la realizada en esta investigación, además de un recurso metodológico, puede constituir un punto de partida para avanzar hacia la comprensión de los conceptos.

- A partir de las valiosas dimensiones aportadas por el análisis de textos y las concepciones de los estudiantes respecto al tema de la herencia, se encontró que la aplicación y desarrollo del análisis ha sido útil como punto de partida para reflejar la situación y tratamiento de los temas y conceptos sobre la herencia mendeliana, como aproximación y punto de referencia para reflexionar sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje en torno a estos conceptos, y como una oportunidad para replantear algunos procesos e instrumentos que deben estar interactuando de forma coherente en el aula; la importancia de analizar no solamente los textos sino cualquier tipo de recursos didácticos utilizados por los estudiantes implica conocer sus alcances y limitaciones para enfrentarlas desde posturas que impliquen una reflexión y para su posible reconceptualización respecto a la enseñanza, esto con el fin de comprender mejor cómo adecuar la enseñanza a las

estrategias e instrumentos que utilizan los estudiantes para aprender; en este sentido, el conocimiento de la forma de aprender y lo que han aprendido los estudiantes con los textos escolares sobre la herencia proporciona referencias para plantear posibles acciones de enseñanza dentro del aula, pero además, para hacerlo en un contexto adecuado y que implique una concepción abierta y dinámica de la ciencia.

## 8. IMPLICACIONES DIDÁCTICAS

Teniendo en cuenta el carácter ~~de~~ limitado de esta investigación, en el cual no se trasciende a la intervención mediante la historia y la epistemología de las ciencias, y por lo tanto no se pueden generalizar algunos aspectos respecto a la enseñanza, si se pueden aventurar algunas afirmaciones apoyadas en esta experiencia que podrían ser tomadas en cuenta para estudios posteriores, y se espera que los análisis realizados aquí permitan construir alternativas razonables y accesibles para llevar a cabo la enseñanza de las Leyes de la Herencia, por lo tanto, desde una perspectiva didáctica respecto a los contenidos relacionados con las Leyes de la Herencia, se sugieren algunas consideraciones:

- Dados los resultados de la investigación respecto al tratamiento de las Leyes de Mendel en los textos escolares, resulta pertinente pensar que estamos ante un recurso de enseñanza y de aprendizaje considerablemente orientado a la irreflexión en el manejo de conceptos sobre la herencia, sin embargo, es preciso revalorizar este instrumento como fuente de conocimientos y como un importante, pero no definitivo, punto de partida para favorecer el proceso de aprendizaje, ya que puede constituir un punto de reflexión en el aula respecto al tratamiento de los conceptos y a la manera de concebir la naturaleza de las ciencias, además puede propiciar que la enseñanza trascienda hacia enfoques dirigidos a desarrollar habilidades de pensamiento, más que a la adquisición de conocimientos, y contribuir a que los estudiantes desarrollen una adecuada visión de la naturaleza del conocimiento científico; sin tener que adoptar necesariamente, una perspectiva histórica para la enseñanza de estos contenidos.

- Por otra parte, a la hora de seleccionar actividades habría que procurar que contribuyan a que el estudiante exprese sus conocimientos y maneras de interpretar, que lo dispongan a la búsqueda, a la interrogación y a la construcción de argumentos; se pueden plantear situaciones problemáticas abiertas en las que los estudiantes puedan plantear hipótesis para solucionarlas y situaciones que, aunque correspondan a resultados cuantitativos, permitan el análisis cualitativo que ayude a comprender las situaciones planteadas o el análisis de los resultados a la luz de los conocimientos disponibles. Metodológicamente se pueden aprovechar en clase todo tipo de recursos, estrategias y tendencias didácticas, pero se hace indispensable reflexionar frente a la variedad de alternativas y someterlas a un proceso de reflexión y de recontextualización para que no originen distorsiones ni dificultades de comprensión en los estudiantes.
- Los problemas que se encuentran habitualmente en los libros de texto suelen ser cerrados y responden a un esquema de razonamiento que pretenden que los alumnos identifiquen y repitan, sin embargo, aprender genética no es una tarea tan simple para los estudiantes, ya que requiere cierta capacidad de abstracción, por ello se cree que es necesario intentar vincular estos contenidos, en la medida de lo posible, con otros de carácter más general y próximos a sus experiencias utilizando situaciones y ejemplos más próximos a los estudiantes y tratando de contribuir a desarrollar un conocimiento más profundo sobre cómo se organiza y se transmite la información hereditaria mediante la reflexión y el planteamiento de problemas para que, a través de éstos, los estudiantes puedan poner en práctica las habilidades de pensamiento y de reflexión; también se recomienda implementar enfoques que contribuyan a la construcción de aprendizajes más que a la memorización.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

AUDESIRK y AUDESIRK (1997). *Biología, la vida en la Tierra*. Cuarta Edición. México. Prentice-Hall hispanoamericana S.A. pp. 947.

AYUSO, G. E. y BANET, E. (2002). Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. *Enseñanza de las ciencias*, 20(1), pp.133-157.

BANET, E. y AYUSO, E. (1995). Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y bachillerato: 1. contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. *Enseñanza de las ciencias*, 13 (2), 137-153

BRUCE B, J. (1991). La educación de las ciencias, la Historia de la Ciencia y el libro de texto, las condiciones necesarias contra las suficientes. *Comunicación, lenguaje y educación*, 11-12, pp. 157-168.

BUGALLO R., A. (1995). La didáctica de la genética: revisión bibliográfica. *Enseñanza de las ciencias*, 13(3), pp. 379-385.

CORNEJO, J. N. (2006). La enseñanza de la ciencia y la tecnología en la Escuela Argentina (1880-2000): Un análisis desde los textos. *Enseñanza de las ciencias*, 24(3), pp. 357-370.

CHALMERS, Alan F. (2000). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Madrid. Tercera edición. Ed. Siglo veintiuno de España editores, S.A.

DROUIN, Jean-Marc. (1991). Mendel, faceta jardín. Págs. 459-476. Tomado de: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?>

ELKANA, Y. (1983). La ciencia como sistema cultural: una aproximación antropológica. En: *Boletín Sociedad Colombiana de Epistemología*. Vol. 3, pp. 65-80.

ESPERBÉN M. T. y BIRABÉN S. (2007). Reflexiones en torno a la genética mendeliana. Documento tomado de: [http://www.unesco.cl/medios/reflexiones\\_en\\_torno\\_ensenanza\\_genetica.pdf](http://www.unesco.cl/medios/reflexiones_en_torno_ensenanza_genetica.pdf).

Fecha de consulta: septiembre de 2007.

GAALIARDI, R. y GIORDAN, A. (1986). La historia de las ciencias: una herramienta para la enseñanza. *Enseñanza de las ciencias*, 4(3), pp. 253-258.

GAGLIARDI, R. (1988). Cómo utilizar la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 6(3), pp. 291-296.

GUTIÉRREZ, J. (1999). El proceso de la investigación cualitativa desde el enfoque interpretativo y la investigación acción. En: Buendía, P., González, D., Gutiérrez, J. y Pegalajar, M. *Modelos de análisis de la investigación educativa*, pp. 11-64. Sevilla: Alfar.

ISLAS, S. M. Y GURIDI, V. M. (1999). El quehacer científico versus el quehacer áulico. Buscando rasgos del quehacer científico en los libros de texto. *Enseñanza de las ciencias*, 17(2), pp.281-290.

JIMÉNEZ A., M. P. y FERNÁNDEZ P., J. (1987). El desconocido artículo de Mendel y su empleo en el aula, *Enseñanza de las ciencias*, 5(3), pp. 239-246.

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. y OTERO GUTIÉRREZ, L. (1990). La ciencia como construcción social. *Cuadernos de Pedagogía*, nº 180.

KUHN, T. S. (1982). La tensión esencial, estudios selectos sobre la tradición y el cambio en el ámbito de la ciencia. México. Fondo de cultura económica. Pág. 378.

KUHN, T. S. (1971). Estructura de las revoluciones científicas. México: Fondo de Cultura Económica.

LOMBARDI, O. I. (1997). La pertinencia de la historia en la enseñanza de las ciencias: argumentos y contraargumentos. *Enseñanza de las ciencias*, 15(3), pp. 343-349

MATTHEWS, M. R. (1991). Un lugar para la historia y la filosofía en la enseñanza de las ciencias. *Comunicación, lenguaje y educación*, 11-12, pp. 141-155.

MATTHEWS, M. R. (1994). Historia, Filosofía y Enseñanza de las Ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las ciencias*, 12(2), pp. 255-277.

MEJÍA-RIVERA, O. (2007). Gregor Mendel: el solitario monje de Brunn. *Revista Aleph*. Tomado de: [http://www.revistaaleph.com.co/article.php3?id\\_article=188](http://www.revistaaleph.com.co/article.php3?id_article=188)

MENDEL, Gregor. (1865). Experimentos en híbridos de plantas. Tomado de: <http://www.mendelweb.org/Mendel.html>. El original fue publicado en *Verhandlungen des Naturforschenden Verdines*, de Brno, 4 (1865), pp. 3-47.

MUÑOZ, R. Y BERTOMEU, J. R. (2003). La historia de la ciencia en los libros de texto: La(s) hipótesis de Avogadro. *Enseñanza de las ciencias*, 21(1), pp.147-159.

OLDHAM, V. y BROUWER, W. (1984) Mendelian Genetics: Paradigm, Conjecture or Research Program. *Journal of Research in Science Teaching*, 21 (6): 623-637. Citado por: Jiménez a., m. p. y Fernández p., j. (1987). El desconocido artículo de Mendel y su empleo en el aula, *Enseñanza de las ciencias*, 5(3), pp. 239-246.

PALACIO M., L. V. y RAMIREZ F., M. L. (1998). Reflexiones sobre el texto escolar como dispositivo. *Revista educación y pedagogía*, Vol. X, N°21, pp. 217-234.

PAPP, D. (1993). Ideas revolucionarias en la ciencia, tomo III. Santiago de Chile. Editorial Universitaria S.A. Segunda edición. Pág.236-242.

RODERO F., A. (1991). Mendel, Gregor Johann. *Gran Enciclopedia Rialp: Humanidades y Ciencia*. Canal Social. Montané Comunicación S.L. En: [http://www.canal-social.net/GER/ficha\\_GER.asp?id=2303&cat=biografiasuelta](http://www.canal-social.net/GER/ficha_GER.asp?id=2303&cat=biografiasuelta)

STAKE, R.E. (1998). Investigación con estudio de casos. Madrid. Ediciones Morata, S.L. Pág. 159.

<http://www.monografias.com/trabajos11/biogenet/biogenet.shtml#MENDEL>

## **LIBROS DE TEXTO**

CASTILLO S, Carlos F. Descubrir 8º, Ciencias Naturaleza y Salud, Educación Básica Secundaria. Editorial Norma. Santafé de Bogotá. 1997. pp. 96 -111.

GÓMEZ R, Carlos W. Investiguemos 8º, Ciencia Integrada. Editorial Voluntad S.A. Bogotá. 1991. 54-66.

LEUCONA R, Julián. Tercer Milenio, Ciencias, Naturaleza y Educación Ambiental. Susaeta Ediciones. Medellín. 1998. pp. 100-119.

MONCAYO R., Guido A. Ciencias Naturaleza y Salud 8º. Educar Editores. Bogotá. 1997. pp. 62-68.

## ANEXOS

### Anexo1

#### Cuestionario 1: ¿Cómo aprendes con los textos?



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
FACULTAD DE EDUCACION

LICENCIATURA EN EDUCACION BASICA  
CON ENFASIS EN CIENCIAS NATURALES  
Y EDUCACION AMBIENTAL

#### ¿Cómo aprendes con los textos?

Antes de resolver el cuestionario trata de hacer una lectura juiciosa de todas las preguntas y de resolver las dudas e inquietudes que se te presenten. A las preguntas que se prestan para responder con monosílabos (si, no, a veces, no sé) trata de dar siempre una explicación o justificación de tu respuesta.

Si no quieres responder alguna pregunta trata de dejar claro porque no lo haces (no la entiendes, está mal planteada, no te sientes a gusto con ella, no te parece adecuada o acorde con el tema )

#### Preguntas

1-Qué te divierte o te interesa más al enfrentarte al tema de la herencia mendeliana: tratar de resolver problemas, hacer ejercicios, leer sobre el tema, discutir, analizar

---

---

---

---

---

---

2-¿Recuerdas frecuentemente al libro de texto cuando quieres aprender un tema de la biología? ¿Qué ventajas te proporciona éste?

---

---

---

---

---

---

3-¿Crees que el libro es el mejor recurso para conocer y comprender la herencia mendeliana y los conceptos relacionados? Justifica tu respuesta.

---

---

---

---

---

---

4-Qué palabras crees que describen mejor tu manera de aprender la herencia orientado(a) por el libro de texto (puedes proponer otras): transmisión, coherencia, mezcla de ideas, motivadora, informativa, ordenada, lógica, orientada por los estudiantes, creativa, relajada, ejercicios y práctica, mecánica, reflexiva. Explica.

---

---

---

---

---

---

5-¿Los planteamientos que hay en el libro te sirven para comprender la teoría de la herencia y usar lo que has aprendido en otros cursos o contextos, o para relacionar el tema con otros temas o conceptos de la biología? Explica.

---

---

---

---

---

---

**Anexo 2**  
**Cuestionario 2: ¿Qué sabes de la herencia? Í**



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

UNIVERSIDAD DE ANTOQUIA  
FACULTAD DE EDUCACIÓN

LICENCIATURA EN EDUCACION BASICA  
CON ENFASIS EN CIENCIAS NATURALES  
Y EDUCACION AMBIENTAL

**¿Qué sabes de la herencia?**

Antes de resolver el cuestionario trata de hacer una lectura juiciosa de todas las preguntas y de resolver las dudas e inquietudes que se te presenten. Si no quieres responder alguna pregunta trata de dejar claro porque no lo haces (no la entiendes, está mal planteada, no te sientes a gusto con ella, no te parece adecuada o acorde con el tema )

**¿En qué consisten las Leyes de Mendel?**

---

---

---

---

---

---

---

**¿Cómo explica esta teoría los mecanismos de transmisión de las características?**

---

---

---

---

---

---

---

**Puedes dar un ejemplo de herencia de acuerdo con las Leyes de Mendel**

---

---

---

---

---

---

---

### Anexo 3

## Cuestionario 3: ¿YÁ ¿cómo se construye el conocimiento científico?¿



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
FACULTAD DE EDUCACION

LICENCIATURA EN EDUCACION BASICA  
CON ENFASIS EN CIENCIAS NATURALES  
Y EDUCACION AMBIENTAL

### YÁ ¿cómo se construye el conocimiento científico?

Lee atentamente el diálogo que se presenta frente a las formas de construcción del conocimiento científico y trata de identificar y entender cada postura. Luego, trata de resolver con sinceridad las preguntas que aparecen al final de la lectura.

*Julián y Lucía se encontraban discutiendo acerca de la metodología científica y sobre el proceso de construcción de leyes y teorías; Lucía decía que alguna vez había leído en su libro de ciencias que el conocimiento científico se genera a través de la observación persistente y organizada de los fenómenos naturales y que de esa observación surgen posibles explicaciones que se comprueban con la experimentación; Julián, al escucharla, dice que no está de acuerdo con lo planteado en el libro, pues él piensa que antes de observar se requiere de unas explicaciones para interpretar y darle sentido a la información, por lo tanto le hace la siguiente pregunta a Lucía: ¿Estás de acuerdo con los planteamientos que leíste en el libro?*

*A lo que Lucía le responde: yo creo que acumulando información a través de una observación organizada se pueden descubrir algunas relaciones entre los fenómenos observados y sus posibles causas y luego luego lo que tu dices, es decir, después de la observación se plantean hipótesis o posibles explicaciones de los fenómenos observados, estas hipótesis son entonces sometidas a pruebas experimentales y así pueden ser aceptadas o rechazadas. Para que me entiendas mejor, voy a darte un ejemplo de la biología, ya que creo que la observación es el punto de partida para el conocimiento de muchos sistemas biológicos, pues en los siglos XVII, XVIII y XIX, muchos científicos han sido grandes observadores de la naturaleza y han contribuido en el desarrollo de las ciencias biológicas, te voy a dar un ejemplo de uno de ellos:*

*En el siglo XIX, Gregor Mendel, quien experimentó en el campo de la genética, mediante su experimentación y la observación cuidadosa pudo darse cuenta de que tanto en plantas como en animales, los hijos pueden ser distintos de los*

padres en algunos caracteres. Mendel trabajó con guisantes, le llamó la atención el hecho de que algunas de estas plantas tuvieran las flores rojas y otras blancas o que las semillas fuesen verdes o amarillas, entre otras características y trató de aclarar estos datos. En sus experimentos, Mendel observó que la primera generación resultante de la cruce entre líneas puras de individuos con flores rojas y líneas puras de individuos con flores blancas, presentaba en su totalidad flores rojas; aunque uno de los dos padres era blanco, el color rojo dominaba sobre el blanco, y el resultado es que se expresa únicamente el color rojo. A la segunda generación, al cruzarse los individuos de la primera generación entre ellos, encontró que cierto porcentaje de los individuos (75 por ciento) presentan el color rojo y solo un pequeño porcentaje de los individuos (25 por ciento restante) presentan color blanco; Mendel siguió experimentando y observando distintas generaciones y con distintas características, hasta sacar las conclusiones que hoy conocemos como las Leyes de Mendel. ¿Ves Juli cómo la observación prolongada de distintos sistemas y la experimentación, permitieron a Mendel desarrollar las leyes de la herencia que utilizamos en la actualidad? Ahora dime, ¿qué opinas tú de este ejemplo?

*\_Pues bien, responde Julián, yo creo que la observación es muy importante para la generación de hipótesis o teorías en las ciencias naturales, sin embargo, no siempre la acumulación de información conduce a la formulación de hipótesis acerca de fenómenos observados; si no se tiene clara una pregunta, si la información acumulada no es adecuada o si se carece del marco conceptual dentro del cual pueden analizarse los resultados obtenidos, no es posible sacar conclusiones a partir de las observaciones realizadas. En el caso de Mendel, que me parece un ejemplo muy adecuado, pienso que no fueron sus experimentos y observaciones cuidadosas lo que hicieron surgir sus formulaciones, sino que también tenía hipótesis o explicaciones previas acerca de los mecanismos involucrados en la herencia y a partir de éstas se formuló preguntas adecuadas que los experimentos ayudaron a resolver, además su formación conceptual en matemáticas y ciencias, y el análisis cuidadoso de los trabajos de otros investigadores le ayudaron a entender estos mecanismos, así pudo concluir que los hijos pueden ser distintos de los padres en algunos caracteres y parecerse a ellos en muchos otros. Por lo tanto, creo que no solamente la observación prolongada con distintos sistemas y la experimentación permitieron a Mendel hacer sus formulaciones, sino también la formulación de preguntas específicas para la experimentación y la combinación de su formación conceptual en matemáticas fueron indispensables para la construcción de esta teoría.*

## Preguntas

1. ¿Con cuál de las dos opciones estás de acuerdo, con la de Julián o la de Lucía, por qué?

---

---

---

---

---

---

2. ¿Qué metodologías o formas de proceder científicos conoces? ¿Crees que existen otros, cuáles?

---

---

---

---

---

---

3. ¿Crees que la metodología(s) científica(s) para la construcción de teorías está(n) condicionada(s) por factores particulares? ¿Cuáles?

---

---

---

---

---

---

4. ¿Crees que las formulaciones de Mendel pueden cambiar algún día?

---

---

---

---

---

---

5. De acuerdo a lo que conoces sobre las Leyes de Mendel, qué palabras crees que describen mejor la naturaleza de la ciencia (puedes proponer otras): construible, construida socialmente, creada, verdad absoluta, inventada, secuencial, reglas y operaciones, descubierta, resolución de problemas, lógica, cultural, metódica. Explica.

---

---

---

---

---

---

## Anexo 4: Respuestas más significativas

*Estudiante*



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
FACULTAD DE EDUCACION  
LICENCIATURA EN EDUCACION BASICA  
CON ENFASIS EN CIENCIAS NATURALES  
Y EDUCACION AMBIENTAL

**¿Cómo aprendes con los textos?**

Antes de resolver el cuestionario trata de hacer una lectura juiciosa de todas las preguntas y de resolver las dudas e inquietudes que se te presenten. A las preguntas que se prestan para responder con monosílabos (sí, no, a veces, no sé...) trata de dar siempre una explicación o justificación de tu respuesta.

Si no quieres responder alguna pregunta trata de dejar claro porque no lo haces (no la entiendes, está mal planteada, no te sientes a gusto con ella, no te parece adecuada o acorde con el tema...)

**Preguntas**

1-¿Qué te divierte o te interesa más al enfrentarte al tema de la herencia mendeliana: tratar de resolver problemas, hacer ejercicios, leer sobre el tema, discutir, analizar...  
*Resolver problemas y ejercicios pero también discutir y analizar como son las personas o las plantas y como son los genes. Me gusta por ejemplo hacer las cruces y analizar las respuestas y cuando se dan y así nos va a pensar más.*

2-¿Recurres frecuentemente al libro de texto cuando quieres aprender un tema de la biología? ¿Qué ventajas te proporciona éste?  
*Si lo utilizo así por hay esto de los talleres y yo se hacen los ejercicios lo de las ventajas es para guardar y responder las preguntas porque siempre encuentro las respuestas en el libro.*

3-¿Crees que el libro es el mejor recurso para conocer y comprender la herencia mendeliana y los conceptos relacionados? Justifica tu respuesta.  
*Si cuando voy a consultar los talleres están las palabras con lo que significan y explican el tema como se hacen los pasos pero cuando voy a consultar los problemas este orden de comprensión.*

4-¿Qué palabras crees que describen mejor tu manera de aprender la herencia orientado(a) por el libro de texto (puedes proponer otras): transmisión, coherencia, mezcla de ideas, motivadora, informativa, ordenada, lógica, orientada por los estudiantes, creativa, relajada, ejercicios y práctica, mecánica, reflexiva... Explica.  
*información y transmisión; así informan sobre lo de dar homocigot, heterocigot y genes, dominante recesivo y otros palabras cuando ellos piden ejercicios uno se da la cuenta de todo eso nos informan y lo aprendemos.*

5-¿Los planteamientos que hay en el libro te sirven para comprender la teoría de la herencia y usar lo que has aprendido en otros cursos o contextos, o para relacionar el tema con otros temas o conceptos de la biología? Explica.  
*Si por ejemplo cuando estábamos hablando de DNA y cromosomas era lo de las leyes de Mendel también eso sobre la herencia y se pueden relacionar porque se dan de la misma.*



UNIVERSIDAD DE ANTOQUIA  
 FACULTAD DE EDUCACIÓN  
 LICENCIATURA EN EDUCACION BASICA  
 CON ENFASIS EN CIENCIAS NATURALES  
 Y EDUCACION AMBIENTAL

**¿Qué sabes de la herencia?**

Antes de resolver el cuestionario trata de hacer una lectura juiciosa de todas las preguntas y de resolver las dudas e inquietudes que se te presenten. Si no quieres responder alguna pregunta trata de dejar claro porque no lo haces (no la entiendes, está mal planteada, no te sientes a gusto con ella, no te parece adecuada o acorde con el tema...)

**¿En qué consisten las Leyes de Mendel?**

Hay varias leyes que como una dice que las cosas que no se heredan de los padres a los hijos son recesivas y las que siempre aparecen son las más fuertes relacionadas con el gen dominante sea la raza pura pero si el gen las características recesivas se pierden pero que después aparecen cuando los dominantes se van ocultando en proporción 3:1 pero si se hacen varias cruces la proporción va disminuyendo hasta desaparecer por completo porque cada vez se oculta más y la característica recesiva aparece.

**¿Cómo explica esta teoría los mecanismos de transmisión de las características?**

El mecanismo es el siguiente: las semillas de una planta deben ser lisas para que si el gen es fuerte y si son arrugadas es porque tiene los alelos y porque son híbridos es decir que tiene el gen débil y si se cruzan las dos hereda esta característica la planta nueva hija que nace tiene los mismos genes, es y arrugadas pero va a tener las semillas menos lisas porque los padres y así les va transmitiendo a las otras hijas basta que se van mezclando las semillas lisas esa es la proporción y el gen del híbrido va como volviendo a aparecer.

**Puedes dar un ejemplo de herencia de acuerdo con las Leyes de Mendel**

Si cruzas una raza pura lisa con una recesiva todas las hijas serán lisas pero ya no tan lisas porque menden un gen dominante es decir que ya no son RR sino híbridos Rr y es decir que el gen se va acabando claro que si se cruzan los dos hetero los resultados en así:

R	R	r
R	RR	Rr
r	Rr	rr

→ todas no son ya de semillas lisas porque las letras pequeñas quiere decir que ya hay descendientes arrugados es decir 3:1 y los que son Rr son más o menos lisos.