

EL ANÁLISIS HISTÓRICO DE LA ACTIVIDAD CIENTÍFICA DE MENDEL PARA LA REFLEXIÓN DE LAS CONCEPCIONES SOBRE LA CIENCIA

THE HISTORICAL ANALYSIS OF MENDEL'S SCIENTIFIC ACTIVITY FOR THE REFLECT OF THE CONCEPTIONS ON THE SCIENCE

Luz Adriana Rengifo Gallego
luzareng@univalle.edu.co
Instituto de Educación y Pedagogía
Universidad del Valle

153

Resumen

Este trabajo retoma un análisis histórico del trabajo de Mendel sobre híbridos de plantas, desde el cual surgen las características de su actividad científica, las cuales pueden ser tenidas en cuenta para la reflexión de las concepciones de ciencia.

Palabras claves: análisis histórico, concepciones de ciencia, Mendel

Abstract

This work takes into consideration a historical analysis of Mendel's work on hybrids of plants, from which emerge the characteristics of his scientific activity, which must have in mind in order to reflect on the conceptions of science.

Keywords: historical analysis, conceptions of science, Mendel

Problema

De acuerdo con Mosquera (2004) desde la epistemología y con el acompañamiento de la historia, es posible comprender las características de la actividad científica y del desarrollo del conocimiento científico, que interrogan y ayudan a comprender aspectos tales como el papel de la observación en la ciencia, los procesos que siguen los científicos para producir sus conocimientos, la manera como surgen, se consolidan o se

rechazan teorías científicas y el papel que desempeñan las teorías científicas para comprender la realidad.

De ahí la importancia de la historia para la reflexión de las características de la actividad científica y el conocimiento científico, que en el caso de las concepciones epistemológicas que habitualmente manifiestan los profesores de ciencias sobre éstas, en su mayoría resultan ser coherentes con posturas clásicas y ya superadas por las propias comunidades científicas que abordan trabajos en campos científicos y de la investigación histórica en ciencias (Mosquera, 2004; Pomeroy, 1993; Briscoe, 1991; Gauld, 1982; Cronin, 1991), tales como visiones provenientes del empirismo y el positivismo lógico, caracterizadas por:

154

“1) la experiencia como única fuente de conocimiento científico, 2) la producción del conocimiento científico se logra mediante el denominado método científico, el cual es un conjunto de reglas de aplicabilidad universal para observar fenómenos e inferir conclusiones a partir de ellos, 3) la actividad científica comienza con la observación, este es objetiva, no mediatizada por ideas u otras características de la persona que observa, 4) la observación y la teoría son cosas distintas (se pueden observar y descubrir fenómenos naturales y conceptos científicos sin comprender en absoluto los conceptos o los principios necesarios para ver y descubrir), 5) la lógica de la ciencia se reduce a la comprobación o justificación de teorías” (Mosquera, 2004, p. 134)

Autores como Matthews (1994) atribuyen a la historia de la ciencia, la identificación de una caracterización de la ciencia y de su estructura, más rica y auténtica, que podrían contribuir a mejorar la formación del profesorado en la medida que permitiría la formación de concepciones de ciencia más acordes con el trabajo actual de los científicos.

Considerando que en algunos casos particulares del desarrollo de la actividad científica, ésta se ha enmarcado bajo visiones provenientes del empirismo y el positivismo lógico, o bajo visiones dogmáticas y lineales, resulta importante analizar históricamente, la forma como los científicos han realizado sus trabajos, buscando en ellos sus características.

Tal es el caso de Mendel, que en la enseñanza de la ciencia que se asume tradicionalmente (ayudada por los libros de textos), se presenta a éste como el claro ejemplo del científico que es concebido como "prodigio", el cual contó con muy buena suerte para descubrir las leyes de la herencia a partir de una extensa experimentación, leyes que se consideran fueron fundamentales en los avances de punta que se dieron en la genética del siglo XX, pero que igual hoy son muy simples para el estado actual de ésta, por eso que los textos terminan "explicando" lo que hizo Mendel pero en "términos modernos de la ciencia" (cromosoma, gen, alelo); a esto se le suma, que los ejercicios relacionados con la genética que son planteados en las clases pueden resolverse con algoritmos que no requieren de mayor reflexión; esta presentación llama la atención por considerarla consecuente de una concepción dogmática y lineal de la ciencia que no le permite a los maestros ni a los estudiantes actuar en los procesos de construcción de explicaciones a preguntas o problemáticas que estos se planteen (Velasco y Rengifo, 2005).

Desde lo anterior se propone responder al siguiente interrogante:

¿Cuáles son las características de la actividad científica realizada por Mendel, que se identifican en un análisis histórico de sus trabajos con híbridos de plantas?

La importancia de este tipo de trabajos se encuentra en la formación de concepciones sobre la actividad científica más acordes con los trabajos actuales de la ciencia y que se alejen de concepciones empiristas sobre ella.

Propósito

A través de un análisis histórico del trabajo original de Gregorio Mendel se pretende identificar las características de la actividad científica realizada por Mendel en sus trabajos con híbridos de plantas, las cuales permitan percibir de una manera alterna la ciencia, a partir de considerarla menos dogmática, mas humana, social y contextual.

Marco de Referencia

La historia de las ciencias estudia la naturaleza y el desarrollo de las ciencias, pero dicho estudio se efectúa a partir de la concepción de ciencia que tenga quien la realiza (Kuhn, 2004), por lo tanto se ha venido y se viene desarrollando la historia de las ciencias desde diversos enfoques que la han ido caracterizando de manera mas especifica.

Desde el examen del carácter histórico de la ciencia que han realizado autoras como Rodríguez y Ayala (1996), se pueden destacar de manera general: Tres enfoques característicos de la historia de las ciencias que se desarrollaron a lo largo del siglo XX, los cuales promueven a su vez una particular concepción de ciencia; estos tres enfoques son:

Una historia epistemológica en la que se puede inscribir a Mach y Bachelard.

Una historia intelectualista contextual determinada por los planteamientos de Canguilhem, Koyré y Cohe.

Una historia socio-cultural contextualista generada por Kuhn y Shapin.

Los dos primeros enfoques –que se desarrollaron a comienzos del siglo XX– conciben la ciencia como el producto de una actividad, por lo que asumen como objeto de análisis el campo de las ideas científicas. El tercer enfoque se mueve en el campo de la acción al considerar la ciencia como la actividad misma.

El ultimo enfoque presentado es el que se toma como fundamento teórico para el desarrollo de este trabajo, ya que permite realizar análisis histórico críticos que, entre otras cosas, posibilitan el surgimiento de elementos para fomentar concepciones de ciencia alternas a las que tradicionalmente se han asumido

Esta historia de la ciencia se encuentra asociada a la concepción de ciencia alterna (la concepción de ciencia como actividad de construcción de

explicaciones), y tiene como principal característica ser subjetiva, es decir que los intereses y la mirada particular del historiador determinan los hechos históricos que éste presente, así según Romero y Rodríguez (1999), en la historia de las ciencias: "nunca se encontrarán datos puros como fuente para la selección; por el contrario, siempre estarán mediados por su interpretación, por la valoración que cada historiador haga de ellos; en fin, se contarán con diferentes concepciones más que con una realidad objetiva". Otra característica que tiene este enfoque de la historia es poder presentar los usos sociales de la ciencia, a través de mostrar que es necesario que todo conocimiento científico haga referencia a su contexto de uso -teniendo en cuenta que la intensidad y tipo de cada uno de los usos varía de acuerdo al contexto cultural particular- (Rodríguez y Ayala 1996).

Así mismo esta historia de las ciencias (social - cultural) permite: 1) de acuerdo a lo que plantean Romero y Rodríguez (1999), *relativizar el conocimiento*, pues lo que se hace al recurrir a la historia es realizar interpretaciones de lo que se presenta, y así podría explicarse por qué si se tiene el mismo hecho, por ejemplo la revolución newtoniana y se cuenta con las historias de autores diferentes: Cohen, Koyré, Kuhn, Shapin, ¿por qué estas historias son diferentes? Y, más aún, ¿por qué algunos de estos discursos históricos son absolutamente incompatibles? (Matthews, 1994), la posible explicación que se da al surgimiento de estas diferentes interpretaciones es que ellas están mediadas por lo que quiere mostrar cada uno de estos personajes.

Metodología

La metodología utilizada en esta investigación es cualitativa; en ella se desarrolla un análisis documental de: 1) el libro "Cuatro Estudios sobre Genética", en el cual se encuentran los textos "Experimentos sobre híbridos en las plantas" de Gregorio Mendel, "La ley de disyunción de los mestizos" de Hugo de Vries, "La regla de Mendel sobre el comportamiento de la descendencia de los mestizos" de C. Correns, y "Sobre el cruzamiento artificial en *Pisum Sativum*" de E. Tschermak, y 2) las cartas que Mendel le escribía a su amigo el Nägeli.

Para el análisis histórico, a los anteriores documentos se le realizaron las preguntas que se presentan a continuación, las cuales son construidas como categorías de análisis.

- ✓ ¿Cuál es la problemática de Mendel?
- ✓ ¿Cuáles eran las problemáticas de la época relacionadas con la problemática de Mendel? ¿Qué diferencias y similitudes existían con estas?
- ✓ ¿Cuál es el marco de referencia de Mendel para resolver su problemática?
- ✓ ¿Cómo resuelve Mendel su problemática?
- ✓ ¿Qué aporta el trabajo de Mendel al campo científico?

Resultados

Los resultados del análisis histórico se recogen a continuación a través de los siguientes aspectos que se identificaron fundamentales en el trabajo de Mendel para responder las preguntas construidas para el análisis; estos aspectos son: 1) *las preocupaciones de Mendel comunes en su sociedad*, 2) *las diferencias de las preocupaciones de Mendel con las preocupaciones de otras personas que en la misma época se encontraban trabajando también con híbridos de plantas*, 3) *cómo está Mendel interpretando el mundo*, 4) *las explicaciones que Mendel trata de darle a las situaciones involucradas en sus preocupaciones*, 5) *el modelo propuesto por Mendel para construir sus explicaciones*.

Preocupaciones de Mendel comunes en su sociedad. En aquella época a la que perteneció Mendel (1822-1886) existía cierta preocupación por el desarrollo de los híbridos; al inicio de su texto Mendel menciona algunos de los personajes que habían tenido preocupación por los híbridos, tal es el caso de "Kölreuter, Gärtner, Herbert, Lococq, Wichura y otros", y en la octava carta escrita por Mendel a Carl Nägeli, este referencia a Naudin y a Darwin. Lo anterior permite pensar por una parte que los trabajos de estos personajes pudieron ser un marco de referencia importante sobre hibridología

para Mendel, y por otro lado lleva a cuestionar qué tienen en común y en qué se diferencian los trabajos de Mendel de los demás trabajos de la época, y qué fue lo realmente novedoso que Mendel aportó a la biología.

En la época en que vivió Mendel existía entonces preocupación por cómo se originó la diversidad de organismos vivos y como pueden seguir estos produciendo sus semejantes, estas inquietudes se encuentran relacionadas con la posibilidad de dar ciertas variedades productivas de los cultivos y de las crías que fueran más favorables a nivel económico y ofrecieran mayor cantidad de productos para la población del momento que iba aumentando considerablemente; al respecto Yunis (2001) plantea que: "en el momento histórico en que Mendel vivió flotaban los problemas demográficos con el aumento notorio de la población". Para obtener estas variedades se debía lograr entender como sucedían algunos fenómenos y debía responderse a algunas preguntas con respecto a estos, como por ejemplo: ¿cómo los organismos pueden obtener descendencia con manifestaciones regulares de las características? ¿cómo pueden algunos organismos parentales tener descendencia que no manifieste caracteres de esos parentales pero si caracteres de antecesores suyos? ¿a qué se debe la gran variedad de organismos de un mismo grupo familiar pese a que las manifestaciones de sus características son regulares?

Diferencias de las preocupaciones de Mendel con las preocupaciones de otras personas que en la misma época se encontraban trabajando también con híbridos de plantas. Es curioso que si varias personas se encontraban en la época de Mendel y algunos años antes trabajando con híbridos de plantas, ¿por qué es precisamente Mendel quien logra enunciar las leyes de la herencia? ¿a caso fue por suerte? Al considerar que las observaciones de las personas están sujetas a sus intereses, necesidades y formas de percibir el mundo, es posible pensar que los otros investigadores que se encontraban trabajando con híbridos de plantas contemporáneamente a Mendel y antes de él, no hallaron lo mismo que este porque no era lo que buscaban, ya que tenían otros intereses y otras formas de percibir el mundo. Si se entra un poco más en detalle en algunos otros trabajos de la época como "El Origen de las Especies" de Darwin, o los trabajos de Kölreuter y Gärtner referenciados por el mismo Mendel, se percibe que relacionados al mencionado problema del desarrollo de los híbridos se encontraban otros problemas como: el problema de la sistematización de los organismos (diferenciación de especies y variedades),

el problema de la obtención de nuevas especies, el problema de la evolución de las formas orgánicas, y el problema de la fertilidad de los híbridos.

¿Cómo está Mendel interpretando el mundo? Sus explicaciones debieron estar influenciadas por su percepción del mundo y por algunas explicaciones que se le daban a otros fenómenos de diferentes áreas del conocimiento como la química, la física y la estadística; por ejemplo Marpertuis y Buffon en el siglo XVIII ya intentaban introducir una discontinuidad en las sustancias de los seres, comportándose estos dos personajes como buenos discípulos de Newton ya que veían en las partículas vivientes y moléculas orgánicas el medio de encontrar en los seres vivos la naturaleza discontinua de la materia y de ordenar el mundo de los seres como el de las cosas (Jacob, 1995); son estas diferentes contribuciones las que le permiten a Mendel comenzar a pensar en un mundo cuya materia era discontinua, y en un mundo con una estructura interna que podía predecirse conociendo la estructura externa; esa idea de discontinuidad de la materia Mendel la aplica a los organismos vivos -plantas-, al considerar que las células sexuales se comportan como elementos discontinuos en los seres vivos, ya que las percibe como "paquetes" que almacenan la información de los caracteres que han transmitido los padres de cada individuo y donde esos caracteres también tienen un comportamiento discontinuo. A pesar de que estos caracteres se unen en los individuos, cuando estos forman células sexuales los caracteres se separan y cualquiera de ellos (según Mendel eran dos) debe unirse con otro carácter del otro progenitor y así dar origen a un nuevo individuo.

A demás junto a esta idea se encuentra que el pensamiento de la mecánica estadística de tratar de determinar probabilísticamente algunos comportamientos internos de los gases a partir del conocimiento del comportamiento externo de estos, Mendel lo utiliza para dar cuenta del desarrollo de los híbridos, ya que el modelo que propone Mendel puede a través de la observación de los híbridos y de su descendencia, predecir que caracteres posee un individuo internamente y como se distribuyen estos caracteres en la conformación de los hijos. Con respecto a esto, Francois Jacob (1995) plantea que: "la misma actitud que llevo a Boltzmann a relacionar las propiedades de los cuerpos con su estructura interna y le permitió deducir la ley que rige la evolución de la materia condujo a Mendel al análisis de la herencia y al conocimiento de sus leyes. Ambos casos trataron con elementos discontinuos. En ambos casos resulta imposible

prever el comportamiento de un solo elemento librándolo al azar” (Jacob, 1995 p. 208).

Explicaciones que Mendel da a las situaciones involucradas en sus preocupaciones. La explicación relacionada con la formación y el desarrollo de los organismos vivos, que Mendel trata de dar desde la formación y desarrollo de los híbridos, difería de las explicaciones que daban la teoría de la generación espontánea, la teoría de la preformación e incluso la teoría de la pangénesis que es la explicación que se presentaba fuertemente en la época de Mendel. La explicación hacia la que apunta Mendel es a la conformación de los organismos vivos desde los aportes que dos individuos dan: un padre y una madre, a diferencia de las ideas preformistas que consideraban que los organismos vivos se encontraban ya formados en miniatura en el huevo o en los animáculos (ovulo o espermatozoide) de la madre o del padre respectivamente. A su vez esos “aportes” de los padres, Mendel los plantea no como mezcla de caracteres provenientes de todas las partes del cuerpo como eran considerados por la teoría de la pangénesis, sino como unión de caracteres que posteriormente se pueden separar a través de las células sexuales cuando estos organismos van a tener hijos; Mendel presenta esta idea cuando después de identificar con simbologías las características y sus manifestaciones posibles, menciona que “los híbridos (refiriéndose con esto a los individuos que llevan en su información los dos caracteres aunque manifiesten solo uno) forman células germinales y polínicas que responden en cantidades iguales a todas las formas constantes, y resultan de las combinaciones de los caracteres unidos por fecundación”; las formas constantes se refieren a la información que presentan los individuos que, por autofecundación, en todas las descendencias obtendrán organismos iguales a ellos para cierta o ciertas características.

No se puede desconocer que las explicaciones que las personas proponen para los fenómenos de su mundo natural, están influenciadas por sus formas de ver el mundo.

El Modelo propuesto por Mendel para construir sus explicaciones. Antes de la experimentación Mendel debió tener un modelo teórico claramente construido, de lo contrario no hubiese sabido que hacer frente al mar de datos que encontraría.

Caracterizando de manera general el modelo de Mendel se encuentra que, este presenta:

- Comportamiento discontinuo de los caracteres que se transmiten por herencia
- Variables discretas (dos caracteres por cada característica)
- Ubicación de los caracteres en las células germinales y polínicas
- Los caracteres se pasan de los padres a los hijos por unión de una célula germinal con una polínica, unión que origina el nuevo individuo
- Analiza de manera matemática un sistema teniendo en cuenta las posibles formas (constantes o híbridas) de la descendencia de los organismos
- Predice comportamientos (predicción de las formas de la descendencia de los híbridos), lo cual se refleja en la tabla 1.
- La construcción de leyes (el sistema responde a una causa-efecto, esto desde un pensamiento determinista no rígido que acepta la determinación de las formas de la descendencia basada en la probabilidad)

Generación	A	Aa	A	Expresado en términos de razones A:Aa:a
1ª	1	2	1	1:2:1
2ª	6	4	6	3:2:3
3ª	28	8	28	7:2:7
4ª	120	16	120	15:2:15
5ª	496	32	496	31:2:31
nª				$2^n-1:2:2^n-1$

Tabla 1. Expresión matemática propuesta por Mendel para predecir la forma de la descendencia

En la tabla 1, Mendel presenta que la descendencia tiene un comportamiento que se puede expresar matemáticamente, de manera que estas expresiones le permitan predecir las formas de la descendencia y el número de estas en generaciones siguientes (por ejemplo en la décima generación); así la expresión $(2^n-1) (2^{n-1})$ donde n es la generación, indica el número de formas parentales (A y a) de esa generación, y la expresión $(2n)$ indica el número de formas híbridas (Aa) de esa generación.

Del anterior análisis histórico se logran identificar unas características en la actividad científica realizada por Mendel, que permiten concebir una ciencia como una actividad de construcción de explicaciones, que no precisamente coincide con las características de posturas clásicas de la ciencia en el sentido mencionado por Mosquera (2004).

Las características de la actividad científica realizada por Mendel se resumen a continuación:

1) en la actividad científica pueden realizarse diferentes interpretaciones frente a una problemática general; 2) la actividad científica se realiza en contextos particulares, donde se trata de dar solución a problemas propios de la sociedad y donde se contribuye dando solo una explicación a las situaciones involucradas en esos problemas; 3) cada persona que realiza actividad científica procede bajo un método de investigación particular; 4) las leyes no son "golpes de suerte" sino que responden a la construcción de buenos modelos para explicar los fenómenos relacionados con las problemáticas del contexto y de la época; 5) las personas que realizan actividad científica, para dar sus explicaciones, pueden utilizar conocimiento empírico que se apoya en construcciones teóricas; 6) las construcciones que resultan de la actividad científica deben ser validadas ante otras personas; 7) no todas las personas que hacen interpretaciones de los trabajos científicos, perciben estos de la misma manera.

Conclusiones

El análisis histórico aquí realizado identifica en el trabajo científico de Mendel como características básicas que éste: responde a problemáticas generales de la sociedad de su tiempo; realiza una interpretación de los hechos que observa, diferente a la de otros científicos de la época; construye un modelo matemático para interpretar sus observaciones; valida su conocimiento con otros científicos de su época.

Estas características del trabajo científico de Mendel, difieren de las concepciones de ciencia coherentes con posturas clásicas y ya superadas por las propias comunidades científicas, que aún se encuentran presentes en algunos docentes, de manera que las características del trabajo científico que resultan de este análisis histórico pueden ser utilizadas para el trabajo con maestros contribuyendo a la reflexión de sus concepciones, en búsqueda de

la construcción de concepciones más acordes con los trabajos actuales de la ciencia. Este tipo de reflexiones podrán promoverse en los programas de formación inicial y permanente de los maestros de ciencias.

Referencias Bibliográficas

AYALA, M., MALAGÓN, F., et al. (1989) La Enseñanza de las Ciencias como Mediación Cultural Desde una Perspectiva Constructivista. *En Física y Cultura*, Vol. 1, Nº 1, II, Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

BRISCOE, C. (1991) The dynamic interactions among beliefs, role metaphors and teaching practices. A case study of teachers change. *Science Education*, 75(2), 185-199. Citado por Mosquera (2005)

CRONIN, J. (1991) Science teaching beliefs and their influence on curriculum implementation: two cases studies. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(3), 235-250. Citado por Mosquera (2005).

FERNANDEZ, I., et al. (2002) Visiones de formadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *En Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 3, Nº 20. p. 477-488

JACOB, F. (1995). La Lógica de lo Viviente: Una historia de la Herencia. Serie Matemáticas. Libros para Pensar la Ciencia. España

GAULD, C. (1982). The Scientific attitude and science Education: a critical reappraisal. *Science Education*, 66, 109-121. Citado por Mosquera (2005)

GIL, D. (1997). Las Concepciones Docentes Espontáneas sobre la Ciencia como Obstáculo para la Renovación de la Enseñanza de las Ciencias. En Ospina E. F. (Ed), *Pedagogías Constructivistas, Pedagogías Activas y Desarrollo Humano* (Cooperativa Editorial Magisterio: Bogotá).

GUSTAFSON, B.J.; ROWELL, P.M. (1995) Elementary preservice teachers constructing conceptions about learning science, teaching science and the nature of science. *International Journal of Science Education*, 17, 589-605.

IZQUIERDO, M. (2000) Fundamentos epistemológicos. En Perales, F.J. y Cañal, P. (eds.). *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*. Alcoy: Marfil.

KUHN, T. (1985) *La Estructura de las Revoluciones Científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.

MATTHEWS, M. (1994) Historia, Filosofía y Enseñanza de las Ciencias: La Aproximación Actual. *En Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 2, Nº 12. p. 255-277.

MENDEL, G.; De Vries – Correns – Tschermak. *Cuatro Estudios sobre Genética*. Buenos Aires: Emecé editores, S.A.

MOSQUERA, C. (2004) El papel de la historia y la epistemología de la ciencia en la didáctica contemporánea de las ciencias. En: *Tendencias del pensamiento educativo científico*. Simposio Internacional sobre Enseñanza de las Ciencias. Cátedra Institucional Héctor Gómez Lora

POMEROY, D. (1993) Implications of teacher's beliefs about the nature of science: comparison of the beliefs of scientists, secondary science teachers, and elementary teachers. *Science Education*, 77(3), 261-278. Citado por Mosquera (2005)

PORLÁN, R., et al. (1997). Conocimiento Profesional y Epistemología de los Profesores I. Teoría, Métodos e Instrumentos. *En: Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 2, Nº 15.

PORLÁN, R., et al. (2000). El Conocimiento del Profesorado sobre la Ciencia, su Enseñanza y Aprendizaje.

RODRIGUEZ, L. y AYALA, M. (1996) La Historia de las Ciencias y la Enseñanza de las Ciencias. *En Física y Cultura: Cuadernos sobre Historia y Enseñanza de las Ciencias* No2, p. 75-95. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

ROMERO, A. y RODRIGUEZ, L. (1999) La Construcción de la Historicidad de las Ciencias y la Transformación de las Practicas Pedagógicas. *Física y Cultura: Cuadernos sobre Historia y Enseñanza de las Ciencias*.

VELASCO, M y RENGIFO, L (2005) Hacia una concepción de ciencia como una actividad de construcción de explicaciones. Tesis de pregrado Licenciatura en Biología y Química. Universidad del Valle.

YUNIS, E. (2001). Evolución o Creación. Genomas y clonación. Bogotá: Planeta