

Identificación de tendencias en investigaciones en genética en la escuela secundaria: revisión bibliográfica 2013-2021

Identifying Research Trends in Genetics in High School: Literature Review 2013-2021

Leidy Lorena Hinestrosa¹ & Henry Giovany Cabrera Castillo²

Hinestrosa, L., & Cabrera, H. (2022). Identificación de tendencias en investigaciones en genética en la escuela secundaria: revisión bibliográfica 2013-2021. *Revista Convergencia Educativa*, (12), diciembre, 50-67. <https://doi.org/10.29035/rce.12.50>

[Recibido: 09 agosto, 2022 / Aceptado: 21 noviembre, 2022]

RESUMEN

Este artículo de enfoque metodológico cualitativo de tipo interpretativo, pretende identificar las tendencias con las que se ha tratado la genética en la escuela secundaria, mediante la realización de una revisión bibliográfica donde se analizaron 39 artículos; seleccionados de dos fuentes académicas reconocidas (Google Scholar y Scopus), correspondientes al periodo de tiempo comprendido entre el año 2013 y el año 2021. Los resultados obtenidos permitieron determinar que el tratamiento de la herencia biológica en la escuela secundaria se han visto influenciado por: la divulgación realizada por los medios de comunicación; la centralización en los procesos de enseñanza desde la genética clásica y la molecular (incidiendo en un determinismo genético); el diseño de recursos tecnológicos, experimentales y modelizaciones para facilitar su aprendizaje; las implicaciones previstas por la riqueza del lenguaje genético; las concepciones que presentan los estudiantes alrededor de la genética y la vinculación de las Cuestiones Sociocientíficas (CSC) como una alternativa en el proceso educativo alrededor de ella. Así mismo, se evidenció la ausencia de elementos epigenéticos como componente alternativo del tema. Concluyendo, la revisión bibliográfica, además de identificar las tendencias que le dan forma al estudio de la genética en el contexto escolar permitió señalar lo inusual que es abordaje de conceptualizaciones complementarias, por ejemplo, la ausencia de reflexiones alrededor de la epigenética, impide explicaciones que indiquen la incidencia de factores ambientales (nutrición, estilos de vida y eventos traumáticos) en el genoma de los seres vivos y permitan replantar la validez del denominado hermetismo genético.

Palabras clave: Educación, Epigenética, Genética, Herencia biológica, Tendencias, Revisión bibliográfica.

¹ Universidad del Valle, Facultad de Educación y Pedagogía, Escuela de Educación en Ciencias, Tecnologías y Culturas. Cali-Valle del Cauca, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-3435-6841> | leidy.hinestrosa@correounivalle.edu.co

² Universidad del Valle, Facultad de Educación y Pedagogía, Escuela de Educación en Ciencias, Tecnologías y Culturas. Cali-Valle del Cauca, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-4476-4427> | henry.g.cabrera.c@correounivalle.edu.co

ABSTRACT

This article with a qualitative methodological approach of an interpretive type, aims to identify the trends with which genetics has been treated in secondary school, through a bibliographic review where 39 articles were analyzed; selected from two recognized academic sources (Google Scholar and Scopus) and corresponding to the period of time between 2013 and 2021. The results obtained allowed us to determine that the treatment of biological inheritance in high school has been influenced by: the disclosure made by the media; the centralization in the teaching processes from classical and molecular genetics (inciding on a genetic determinism); the design of technological, experimental and modeling resources to facilitate their learning; the implications anticipated by the richness of the genetic language; the conceptions that students present around genetics and the linking of socio-scientific issues (SSI) as an alternative in the educational process around it. Likewise, the absence of epigenetic elements as an alternative component of the theme was evidenced. Concluding, the bibliographic review points out how unusual it is to approach other complementary conceptualizations in the study of genetics in this school context; the absence of reflections on epigenetics, for example, rules out explanations that involve environmental factors (nutrition, lifestyles and traumatic events) in the incidence in the genome of living beings and rethinks the validity of the so-called genetic hermetism.

Key words: Biological inheritance, Education, Epigenetics, Genetics, Literature review, Trends.

INTRODUCCIÓN

Los estudios respecto a la didáctica de la genética la han reconocido como uno de los contenidos biológicos más difíciles de aprender y enseñar en los distintos niveles educativos, por lo general tal aseveración se justifica en la poca asimilación dada su naturaleza abstracta, la utilización incorrecta de los conceptos genéticos y las dificultades presentes en la resolución de ejercicios o problemas relacionados con la genética clásica (Ayuso & Banet, 2002; Caballero, 2008). Sin embargo, la comprensión de la herencia biológica es fundamental para comprender las dinámicas de la vida, dado que la ella misma es un pilar estructurante de la biología, considerando su incidencia en los componentes celulares, organismos, ecosistémico y evolutivos de los seres vivos (Mazzarella & Cabrera, 2006).

El estudio de la genética incluye aspectos ligados a las demandas sociales, culturales, éticas, industriales, económicas, médicas y alimenticias del ser humano, es, por tanto, que la escuela secundaria busca que el estudiante desarrolle las habilidades, conductas y conocimientos necesarios en el estudio de la herencia biológica, que les permita forjar argumentos y explicaciones sobre temas cotidianos donde esta se vea inmersa (Wood-Robinson et al., 1998). La atención de esas demandas vincula un campo de conocimiento denominado epigenética¹, desde el cual, se considera que los factores ambientales tienen una influencia en la expresión del genoma de los seres vivos (Carey & Sarret, 2013).

¹ Considerada como el estudio de las señales químicas que se ubican en el material genético (ADN) ocasionando

Considerar los cambios de expresión de los genes (no mutaciones) producto de factores ambientales (la dieta, el estrés, el comportamiento, la conducta, el cautiverio entre otros) permite entender que los seres vivos no son únicamente producto de un determinismo genético, sino que las interacciones influyen en la expresión de sus genes y el de su descendencia. Continuando con este argumento, para un individuo ser culto genéticamente implica que ha recibido las herramientas necesarias para asimilar su existencia biológica no solo desde la composición genotípica y fenotípica sino desde sus interacciones con el medio ambiente (Iñiguez, 2006); por tanto, comprende que sus hábitos, decisiones y experiencias influyen en la expresión alélica de su propio genotipo y el de sus descendientes (lo que implica la epigenética).

El estudio de la genética en la escuela secundaria ha estado dirigido en distintas direcciones, esto se debe a la variedad de situaciones que afrontan los docentes y estudiantes al plantear el tema en el aula de clase de ciencias; uno de los artículos más relevantes en este aspecto es el realizado por Bugallo Rodríguez en 1995, en donde reconocen que desde el ingreso de la genética al currículo escolar, se asumieron una serie de retos particulares para lograr la formación en herencia y cómo estos desafíos que se enfrentan en los procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación, han ido generando una serie de experiencias que enriquecen y direccionan estos procesos. Aun así es evidente que en la escuela secundaria el abordaje de la herencia intensifica la idea de un inamovible genotipo, lo que implica que las explicaciones son reducidas a la transmisión de la información que los hijos heredan de sus padres, sin que esta sea perturbada (determinismo genético).

Es así como la revisión bibliográfica realizada por Bugallo (1995) documentó la dificultad e importancia en el estudio de la genética, la influencia de la misma en el currículo escolar de ciencias y en la investigación didáctica, resaltando en cada uno de estos aspectos la necesidad de crear estrategias que apunten a desarrollar los elementos cruciales para facilitar el proceso educativo en la herencia y que cada vez sean más los individuos con la asimilación científica necesaria para comprender las dinámicas del mundo en el que interactúan. Es por esto que este trabajo ejerce una influencia valiosa en todos aquellos investigadores interesados en conocer las condiciones en las que se ha desarrollado la educación genética en la escuela secundaria. Cobra sentido continuar realizando revisiones bibliográficas, que permitan entender el direccionamiento que está presentando la genética en escuela y la presencia o ausencia de la epigenética en la misma. Además, reflexionar sobre las fortalezas y aspectos a mejorar posibilitan la contribución a la comprensión biológica, es por tanto que el propósito de este artículo radica en *identificar las tendencias en las que se enmarcan los procesos educativos de la genética y establecer si existe un posible abordaje de la epigenética en la escuela secundaria, a partir de una revisión bibliográfica, comprendida en un periodo de tiempo entre 2013 al 2021.*

modificaciones no definitivas, que cambia la forma en que los genes se activan o desactivan, pero sin generar en este alteraciones permanentes; productos de los factores ambientales (Carey, 2013; Juvenal, 2014).

Contexto del abordaje de la genética y el ausentismo de la epigenética en la escuela secundaria

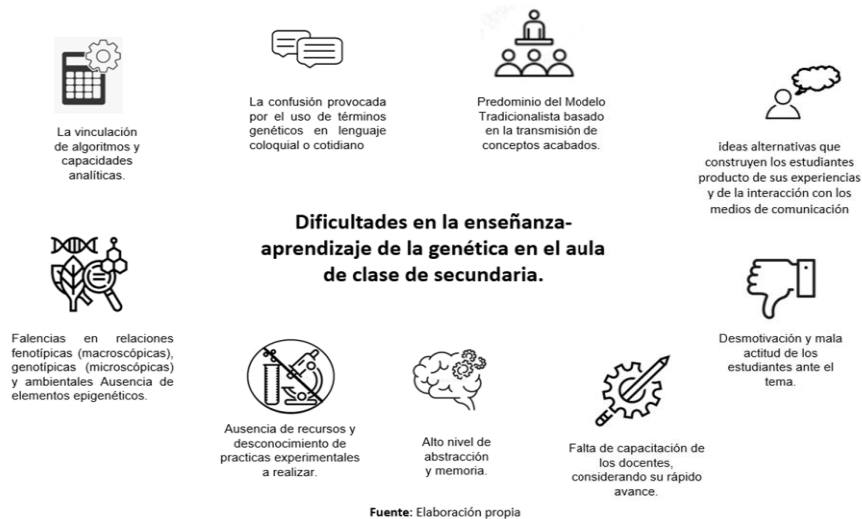
La construcción del conocimiento científico alrededor de la genética se ha trasladado a la escuela secundaria con el fin único de permitir la asimilación de la herencia biológica en la base educativa; esto se debe a que el entendimiento de esta rama de la ciencia fundamenta en el estudiante la capacidad de desarrollar conceptos biológicos necesarios para explicar las dinámicas de la vida. Por tanto es indispensable generar en el aula reflexiones alrededor de la incidencia de la crisis alimentaria; las vacunas, las enfermedades, la obesidad, las adicciones, las pandemias, el cáncer, entre otros componentes ambientales, buscando que el estudiante desde los elementos científicos construya argumentos que le permitan tomar decisiones informadas como ciudadanos del mundo ¿Esto puede ser abordado solo desde la genética clásica?; ¿Se requiere acaso, de la vinculación de otros elementos aparte del genético, para entender dichas dinámicas científicas, sociales y ambientales?

Desde lo considerado en la investigación doctoral² que fundamenta este artículo, la respuesta es afirmativa; las dinámicas de la sociedad exigen que se vinculen elementos epigenéticos en la formación de las personas desde los niveles iniciales de la educación en ciencias. Sin embargo, al buscar dichos elementos en la revisión bibliográfica, se denota un ausentismo y desconocimiento en este campo. A pesar de cimentarse desde 1940 con los postulados del genetista - embriólogo Conrad Hal Waddington y varios otros científicos, no se encuentran muchas investigaciones educativas que vinculen las cuestiones epigenéticas en la educación secundaria. La carencia de la epigenética en la escuela ha generado dificultades para establecer relaciones estrechas entre lo genotípico, fenotípico y lo ambiental; que trasciendan la linealidad de la expresión del fenómeno de un ser vivo. Así mismo el abordaje de la herencia biológica en el aula de ciencias ha estado ligada a problemáticas como señala en la Figura 1.

² Es importante mencionar que este artículo se inscribe como parte de la investigación doctoral sobre: *Incidencias en la construcción de explicaciones en epigenética, a partir de una propuesta de E-A fundamentada en Cuestiones Sociocientíficas (CSC) en estudiantes de decimo y once.*

Figura 1

Dificultades asociadas a los procesos de E-A de la genética en la escuela secundaria.



La confusión provocada por el uso de términos genéticos en lenguaje coloquial o cotidiano (Ruiz-Gonzalez et al., 2017); la falta de claridad en los conceptos básicos el nivel de abstracción y memoria indispensables para realizar relaciones (Figini & De Micheli, 2005), las ideas alternativas que construyen los estudiantes producto de sus experiencias personales alejadas del conocimiento científico (Abril & Muela, 2013); además de, la vinculación de algoritmos y capacidades analíticas con las que debe contar el estudiante para la realización de ejercicios de segregación y la comprensión de ellos (Kazeni & Onwu, 2013), son dificultades en la enseñanza aprendizaje de la genética en el aula de clases de secundaria.

Del mismo modo, los docentes manifiestan la actitud desmotivada que presentan los estudiantes hacia la genética al no comprenderla con facilidad, la exuberante cantidad de ejes temáticos que deben abordar para “generar las mínimas bases de este conocimiento” y el corto tiempo para hacerlo (Porrás & Oliván, 2006). Así mismo, manifiestan dificultades dadas las pocas prácticas experimentales que pueden realizar bien sea por la ausencia de equipamiento tecnológico o por el desconocimiento de las mismas (Flores-Camacho et al., 2019); incluyendo las inexistentes capacitaciones en el sector educativo alrededor de la genética, considerando también, las incommensurables responsabilidades que recaen en el docente dentro y fuera de su jornada laboral, reduciendo así sus espacios autoformativos (Ruiz-Gonzalez et al., 2017).

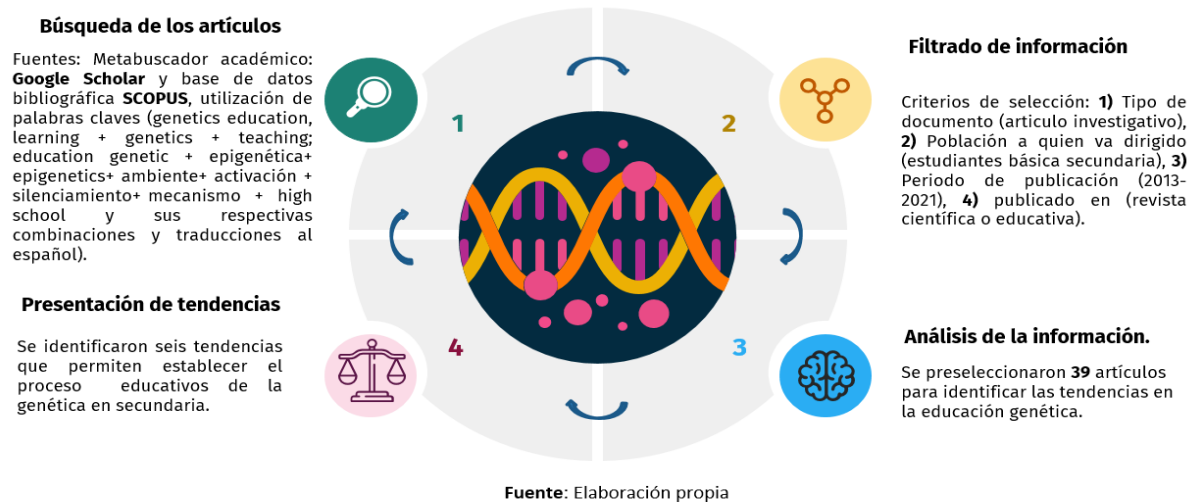
Por tanto, la enseñanza en la herencia biológica se viene sosteniendo en la escuela secundaria desde una transmisión lineal de datos y conocimientos, suprimiendo procesos cognitivos de alto nivel como el pensamiento creativo, necesario en la toma de decisiones, en la resolución de problemas contextuales ligados a la herencia y en la construcción de explicaciones, necesarias para comprender el funcionamiento del mundo (Tsui & Treagust, 2010).

METODOLOGÍA

A nivel metodológico se empleó un estudio cualitativo de tipo interpretativo, como investigación documental (Pérez, 1998). En este sentido, la revisión bibliográfica desde el enfoque cualitativo interpretativo facilitó la representación de tendencias para el entendimiento de los hechos educativos contemporáneos en la escuela secundaria alrededor de la genética. Para el desarrollo del estudio se propusieron las siguientes etapas, las cuales se hacen visibles en la Figura 2 y se describen a continuación:

Figura 2

Descripción del Modelo Metodológico utilizado en la Revisión Bibliográfica.

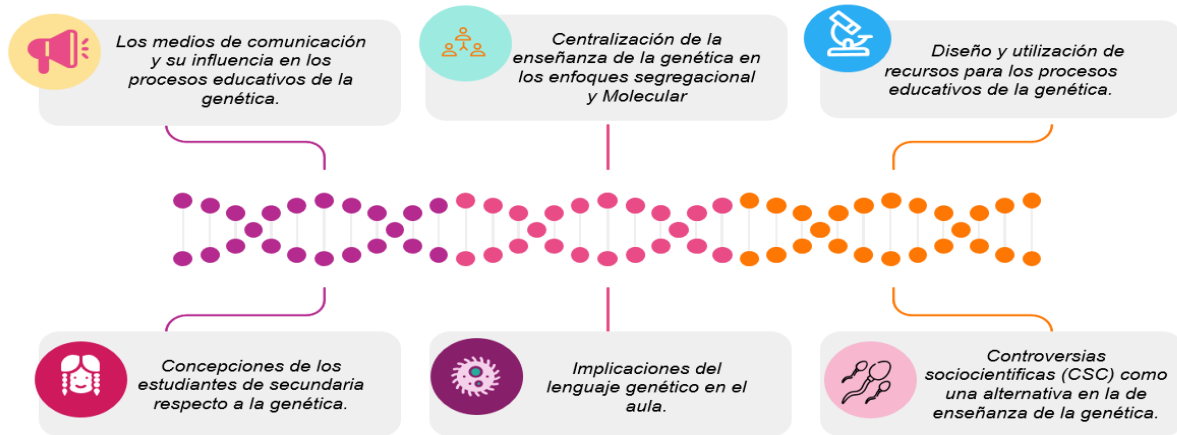


RESULTADOS Y ANÁLISIS

Para la presentación y análisis de la información encontrada inicialmente se expone el corpus documental conformado por los 39 artículos analizados en la revisión bibliográfica; en donde se evidencian las seis tendencias encontradas descritas en la Figura 3.

Figura 3

Presentación de las tendencias encontradas en la revisión bibliográfica.



Fuente: Elaboración Propia.

Los medios de comunicación y su influencia en los procesos educativos de la genética

Las siete investigaciones que se clasificaron en esta tendencia sugieren que los medios de comunicación (impresos, audiovisuales, radiofónicos o digitales), realizan divulgaciones asociadas a la ciencia especialmente al campo de la genética presentando levedades en el conocimiento científico, esto con el propósito de evadir tecnicismos, que resulten inapropiados para la comprensión de la información presentada por parte del público en general (Gallop et al., 2017).

En este sentido es común encontrar titulares de noticias (Prego & Puig, 2016), películas (Abril & Muela, 2013), portales en línea (Whitley et al., 2020), canciones (Mateu & Moreira, 2014) y video juegos (Quint & Amaral, 2020), cuyo contenido puede generar en el individuo que lo consume una inadecuada interpretación de la genética. Estos estudios resaltan que los estudiantes de educación básica secundaria son la población más afectada a raíz de su cercanía con los medios digitales, debido a que a pesar de encontrarse en proceso de alfabetización genética en la escuela y de contar con algunas habilidades en tecnología; tienden a crear ideas o representaciones provocadas por los medios, considerando la facilidad con la que consolida la información que estos presentan, y su cercanía con el entorno psicosocial. Por otra parte, la instrucción de la genética en el aula no suele atender estas ideas o planteamientos preconcebidos en los estudiantes ni tampoco identifica sus causas (Waters et al., 2019).

Centralización de los procesos de enseñanza de la genética

En esta tendencia se ubicaron 10 investigaciones que destacan las dificultades presentes en la enseñanza de la genética, relacionadas con su naturaleza abstracta, el requerimiento de desarrollar en el estudiante habilidades algorítmicas, su riqueza terminológica, su dinamismo explicativo oscilante entre el mundo macro y

microscópico, además de las difíciles condiciones que presentan los docentes para evidenciar o emular experiencias que permitan clarificar los conceptos. De lo anterior se deduce, que en respuesta a estas dificultades se han generado la tendencia a centralizar el conocimiento genético en dos categorías principales, *la genética clásica también llamada mendeliana o segregacional y la genética molecular (puntuada en la morfología y fisiología de los ácidos nucleicos)*, las cuales se evidencian tanto en los libros de textos escolares como en las instrucciones de los docentes.

En cuanto a la primera categoría, los trabajos de Chavarría et al. (2013); Kazeni, & Onwu (2013); Kampourakis (2013); Garrido-Navas & González-García (2017) y de Souza et al. (2020), destacan que la genética en la escuela secundaria se ve comprometida con la solución de problemas relacionados con las leyes segregacionales o leyes de Mendel, lo cual genera que los estudiantes vinculen sus habilidades algorítmicas o matemáticas para la solución de problemas, sin embargo el desarrollo y hallazgo de un resultado cuantitativo no garantiza la comprensión del fenómeno genético, es así como guiar al estudiante para que recree con éxito las etapas necesarias para hallar la proporción porcentual resultante en un ejercicio segregacional, no implica que él genere las dimensiones de ese valor en la representación genotípica y fenotípica del individuo.

La segunda categoría percibe la centralización en la enseñanza de la genética desde el componente molecular, lo cual se visualiza en trabajos como los de Bermúdez et al. (2014); Esteban et al. (2017); Kafai & Walker (2020) y González et al. (2021) donde se resalta la incidencia de la morfología y fisiología de los ácidos nucleicos, especialmente del ADN, lo cual, aunque resulta valioso para comprender los procesos del mismo y su evidente relación con la genética, desdibuja la importancia de conocer otro tipo de moléculas biológicas inmersas en los procesos genéticos. Además, estas investigaciones demuestran que dichas explicaciones están ligadas a una visión antropocéntrica que en algunos casos dificulta en los educandos el reconocimiento de información genética en otro tipo de organismos pluricelulares y aún más en los unicelulares.

Diseño y utilización de recursos para facilitar los procesos educativos de la genética en el aula

En esta tercera tendencia se encuentran aquellas investigaciones que desarrollaron estrategias para facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la genética, a partir del diseño, ejecución o evaluación de recursos o materiales, en este sentido se identificaron cuatro categorías tal como se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1

Categorías de la tendencia diseño y utilización de recursos.

#	Nombre de la Categoría	Número de artículos
1	Utilización de recursos tecnológicos	4
2	Prácticas Experimentales	2
3	Propuestas de aula	3
4	Modelizaciones	3
Total de artículos en la tendencia		12

La primera se denominó *La utilización de recursos tecnológicos* (simuladores, plataformas digitales y propuestas de cursos STEAM), donde se ubicaron investigaciones como Bokor et al. (2014); Marzin-Janvier (2015); Mermoud et al. (2017) y Robbins et al. (2021), las cuales pretenden que el estudiante, a partir de estos recursos TIC (Tecnología de la Información y la comunicación), puedan reconocer e interactuar con la genética teniendo en cuenta las dificultades que este puede presentar al relacionarse con su naturaleza abstracta y microscópica. La segunda categoría de esta tendencia se denomina *Prácticas experimentales*; aquí se presentan investigaciones como las de Yang et al. (2017) y Flores-Camacho et al. (2019) en las cuales se menciona cómo los estudiantes de educación secundaria al familiarizarse con ellas han mejorado la comprensión de aspectos puntuales de la genética. Yang menciona que su experiencia permitió que los estudiantes identificaran la genómica y a partir de ella reflexionaran sobre los aspectos sociales y culturales como el racismo, teniendo en cuenta que esta rama de la genética les ha permitido entender científicamente la importancia que tiene reconocer y asumir las diferencias fenotípicas en los seres humanos, a partir de las similitudes genotípicas.

Así mismo, en la tercera categoría *Propuestas de aula*, se encontraron los estudios de Flores-Camacho et al. (2017); Nascimento & Campos (2018) y López-Fernández & Franco-Mariscal (2020), los cuales, a partir de un interés particular en genética, construyeron una serie de actividades guiadas por el docente con el propósito de clarificar las inquietudes iniciales de los estudiantes y, desde ahí, generar el interés y desarrollar los temas requeridos en el currículo escolar. Finalmente, en la cuarta categoría *Modelizaciones* se presentan investigaciones como las de Sonego & Bartholomei-Santos (2013); Ageitos et al. (2017) y Medeiros et al. (2021), en las cuales se evidencia el aporte que presentó en los procesos de enseñanza aprendizaje de genética la construcción de representaciones o modelos con los estudiantes, los cuales lograron reconocer las estructuras de las moléculas biológicas y comprender cómo el ensamblaje de ellas determina la organización genotípica y, de esta manera, influye en las expresiones fenotípicas de los seres vivos. Es así como estas investigaciones concluyeron que dedicarse a generar estrategias manuales y artísticas para entender los aspectos morfológicos de las moléculas biológicas, tiene influencia en la construcción de representaciones mentales. Este tipo de recursos está muy vinculado con la instrucción de la genética molecular.

Concepciones de genética que manejan los estudiantes de secundaria

La cuarta tendencia incluye investigaciones como las de Porras & Oliván (2013); González et al. (2017) y Ruiz-Gonzalez et al. (2017), las cuales dan a conocer las distintas nociones que presentan los estudiantes sobre algunos conceptos genéticos. En este sentido, estos autores encontraron que los estudiantes perciben la morfología de los cromosomas y del ADN humano (helicoidal), como universales. Además, solo reconocen la reproducción sexual en el ser humano y en algunos vertebrados, pero asociándola específicamente con encuentros coitales, no desde la unión de gametos femeninos y masculinos que permiten la variabilidad genética, en este mismo sentido, asocian el parecido fenotípico con una mayor o menor cantidad de información genética transmitida por los progenitores.

Para finalizar también se encontró que los estudiantes asocian los términos: “mutaciones” con características especiales o sobrenaturales que presenta un determinado espécimen, “clonación” con un proceso artificial con implicaciones éticas y morales, “evolución” como producto de tormentas y explosiones que siempre genera el beneficio del organismo y “ADN” como una molécula aislada cuya manipulación genera caos y enfermedades. En este sentido todas estas investigaciones indican la necesidad de indagar, identificar, profundizar y aportar en la construcción del conocimiento genético en los estudiantes de la básica secundaria para que puedan afianzar las herramientas que brinda conocer la herencia biológica y desde ella comprender las interacciones de la vida.

Implicaciones del lenguaje genético en el aula de ciencias

La quinta tendencia contiene los estudios de Esteban et al. (2017); Esquivel-Martín et al. (2019); Homburger et al. (2019) y Choden & Kijkuakul (2020), en los que se identifican estrategias para facilitar la enseñanza y aprendizaje de genética en cuanto a su terminología; para esto se han centrado en las limitaciones al respecto que se han identificado en la bibliografía. En este sentido la construcción de glosarios, bitácoras, poemas, rimas, canciones y esquematizaciones tanto físicas como digitales representan las actividades más utilizada en estos estudios, en los cuales se plasman la esencia del concepto desde la comprensión y utilidad cotidiana que le encuentra el estudiante, esperando así que asimile e interiorice el lenguaje propio de la genética para explicar las situaciones que se pueden presentar en su entorno desde la validez del conocimiento científico.

Cuestiones Sociocientíficas (CSC), asociadas al proceso de enseñanza- aprendizaje de la genética

En esta tendencia, se ubicaron investigaciones como las de Domènech-Casal (2017), Ocelli et al. (2018) y Silva & da Silva (2020), las cuales señalan a las CSC como una alternativa valiosa en los procesos educativos de la genética, buscando desvincularla del modelo tradicionalista presente en la enseñanza. Lo anterior, lo sustentaron desde las características que presentan las cuestiones, al relacionar desde las bases científicas del estudio de la herencia biológica, los aspectos sociales, culturales y morales, adicionando la relevancia de manejar distintas fuentes de información para permitir un análisis profundo que permita que el estudiante construya sus propias explicaciones, argumentos y posturas frente al tema. En este sentido estos estudios crearon situaciones problemáticas, estudios de caso o juegos de rol con el objetivo de que el estudiante entienda el papel de la ciencia en la construcción de sociedad y cultura, así como su importancia como ciudadano al dimensionar las causas y efectos de las problemáticas locales, nacionales y mundiales que se pueden generar alrededor de la genética.

Continuando con este argumento, el estudio realizado por Rando & Porro (2016) evidencia los cambios que se han realizado en las clases de ciencias desde el 2012 en Argentina, a partir de una reestructuración en el currículo de ciencias en la educación secundaria, en donde diseñaron una asignatura denominada Ciencia, genética y sociedad; cuya metodología se fundamenta en la aplicación de las CSC a partir de tres ejes: 1) la herencia, identificación de personas y filiación; 2) Clonación y células madre y 3) Biotecnología y producción

agropecuaria, con lo que se busca que el estudiante comprenda que la herencia tiene unas implicaciones en las dinámicas de los seres vivos, para lo cual el curso debe recoger aspectos sociológicos, epistemológicos, científicos y éticos.

Y... ¿Qué sucede con el abordaje de la epigenética en la escuela?

Finalmente, después de la identificación y presentación de las tendencias encontradas en esta revisión bibliográfica, es necesario mencionar que no se encontró ninguna investigación que estableciera el abordaje de la epigenética en la escuela secundaria. Los estudios encontrados en este aspecto fueron descartados al encontrarse vinculados exclusivamente al ámbito médico o científico y la población a quien iba dirigida eran estudiantes de niveles posgraduales de salud y ciencias biológicas. Esta falencia debe reflejar la necesidad de incorporar este campo disciplinar al aula de clase de secundaria, debido a que su aporte en la dimensión de la herencia en los seres vivos es indispensable, sobre todo para la comprensión de la evolución, la adaptación y la biodiversidad.

Abordar la epigenética en el estudio de la herencia permitiría generar reflexiones en torno a ¿Cómo se pueden generar descendencias en organismos que no son la misma especie?; ¿Por qué la manifestación fenotípica y genotípica de los organismos híbridos, depende del sexo de sus progenitores?; ¿Por qué en los seres humanos se producen síndromes diferentes, al heredar un alelo del mismo cromosoma según este pertenezca a alguno de los padres?; ¿Puede el cigarrillo, exceso de alcohol o el consumo de sustancias psicoactivas en hombres y mujeres en edad reproductiva incidir en el genoma de sus hijos y nietos?; ¿Podrían los fármacos entre ellos las vacunas que la humanidad consume en la actualidad, alterar el genoma en futuras generaciones?; ¿Se puede generar alguna diferencia entre las expresiones genómicas de los embriones producto de fecundación invitado y los que no?; ¿Si dos gemelos son sometidos a condiciones ambientales distintas, esto puede alterar su genoma?; ¿Tiene las hambrunas algún efecto en el genoma que las personas que las padecen y en sus futuros descendientes? (Carey & Sarret, 2013; Juvenal, 2014).

Estas controversias, quedan relegadas en el aula de clase, cuando existe una enseñanza transmisionista y centralista de contenidos enciclopédicos en la herencia biológica, desconociendo que estas son realidades que afectan a gran parte la población humana y que comprenderlas implican un conocimiento en epigenética. Sin embargo, a pesar de su evidente disgregación, los investigadores de este estudio consideran y proponen que su abordaje podría considerarse desde las cuestiones socio-científicas teniendo en cuenta que: recogen dimensiones que pueden facilitar su inclusión y la incidencia en la forma de entender la herencia; proponen contextos atractivos y complejos para promover propuestas de enseñanza-aprendizaje, implicando interacciones entre el conocimiento epigenético y la sociedad; desarrollando estrategias para que los estudiantes puedan manejar la información mediática y científica siendo crítico ante ella.

CONCLUSIONES

Esta revisión demostró que en la escuela secundaria los procesos de enseñanza-aprendizaje de la genética, se da desde centralismo (mendeliano y molecular) que, si bien son importantes, ciertamente no son suficientes. Así mismo, la identificación de estas tendencias permitió considerar las dificultades y fortalezas que enfrentan docentes y estudiantes al involucrarse con la educación en genética, teniendo en cuenta que lo descrito permitió reconocer no solamente los contratiempos encontrados en el aula de clase y alrededor de ella, sino también las experiencias y estrategias que les han permitido superarlos en sus contextos particulares. Al respecto de las tendencias encontradas se puede decir que:

1) Los medios sí influyen en las representaciones que crean los estudiantes alrededor de la herencia biológica y es valioso que desde la escuela se generen estrategias para clarificar las distorsiones entorno a la información científica. 2) Las centralizaciones en la enseñanza de la genética son una estrategia válida para la delimitación temática, pero tiende a generar reduccionismos que impiden visualizar el panorama científico. 3) La utilización de materiales didácticos (tecnológicos, experimentales, propuestas de aula y modelizaciones), son una estrategia valiosa y oportuna para dinamizar y facilitar la asimilación en el estudio de la genética, teniendo en cuenta las dificultades que ella presenta. 4) El reconocimiento de las concepciones que presentan los estudiantes alrededor de la genética tiende a facilitar los procesos de enseñanza y aprendizaje entorno a la herencia biológica, dado que el docente puede efectuar estrategias que confronten de manera directa la distorsión en la idea que el educando está asumiendo. 5) La riqueza terminológica entorno a la genética ha conllevado al reduccionismo o simplificación conceptual. Sin embargo, se evidencia que el aporte en la construcción de un lenguaje científico ayuda en la construcción de explicaciones y argumentos científicos de los sucesos cotidianos. 6) Las CSC puede considerarse como una estrategia óptima para facilitar el estudio en la genética y la exploración a un campo novedoso como la epigenética en la escuela secundaria, dado que permite la confrontación entre distintos tipos de información, realizar análisis de causas-consecuencia, extrapolar los efectos de lo local a lo mundial y, sobre todo, generar el espacio propicio para que construyan explicaciones, argumentos y posturas sobre la ciencia y reflexionen sobre sus implicaciones en la sociedad y la cultura.

Así mismo, el estudio permitió conocer la desvinculación de la epigenética en el abordaje de la herencia en la escuela secundaria, lo cual explica que 1) se generen dificultades entorno a una comprensión distante al determinismo genético, 2) la ausencia de las relaciones que presenta el ambiente con las relaciones del genotipo de los seres vivos sin que esto implique una mutación, 3) la imposibilidad relacionar aspectos biológicos como la citología, considerando que las células de un ser vivo (pluricelular) tienen la misma información, pero la capacidad de silenciar o expresar ciertas señales en el ADN (mecanismos epigenéticos) ha generado que se presente la especialización de las mismas, 4) entender la evolución desde la marcación de señales químicas, que han permitido la adaptación de los seres vivos desde su genoma con el ambiente y que se presentan en las generaciones posteriores, y 5) reflexionar sobre la relevancia que presenta el cautiverio, la alimentación, los cuidados parentales, las adicciones entre otros eventos externos en los especímenes que las padecen y en sus

descendientes. Por último, se invita a futuros investigadores a continuar realizando revisiones bibliográficas entorno a la genética y a la epigenética, profundizando en las tendencias encontradas con el objetivo de generar un panorama cada vez más claro acerca del proceso educativo en el que esta se está enmarcando.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abril, A. M., & Muela, F. J. (2013). La genética en el cine y los obstáculos para su aprendizaje formal. *Enseñanza de las Ciencias(Extra)*, 2441-2446. <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/download/307890/397858>
- Ageitos, N., Puig, B., & Calvo Peña, X. (2017). Trabajar genética y enfermedades en secundaria integrando la modelización y la argumentación científica. *Eureka*, 14(1), 86-97. <https://www.redalyc.org/pdf/920/92049699007.pdf>
- Caballero, M. (2008). Algunas ideas del alumnado de secundaria sobre conceptos básicos de genética. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 26(2), 227-244. <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/download/118096/297684>
- Ayuso, G. E., & Banet, E. (2002). Alternativas a la enseñanza de la genética en Educación Secundaria. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 20(1), 133-157. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21790>
- Bermudez, G., De Longhi, A., Díaz, S., Gavidia, V. (2014) La transposición del concepto de diversidad biológica. Un estudio sobre los libros de texto de la educación secundaria española. *Enseñanza De Las Ciencias*, 32(3), 285-302. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1129>
- Bokor, J. R., Landis, J. B., & Crippen, K. J. (2014). High school students' learning and perceptions of phylogenetics of flowering plants. *CBE Life Sciences Education*, 13(4), 653-665. <https://doi.org/10.1187/cbe.14-04-0074>
- Bugallo Rodríguez, A. (1995). La didáctica de la genética: revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(3), 379-385. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4258>
- Carey, N., & Sarret, J. (2013). *La revolución epigenética: de cómo la biología moderna está reescribiendo nuestra comprensión de la genética, la enfermedad y la herencia*. Intervencion Cultural.
- Chavarría, S., Bermúdez, T., Villalobos, N., & Morera, B. (2013). El modelo Bandler-Grinder de aprendizaje y la enseñanza de genética mendeliana en estudiantes costarricenses de décimo año. *Cuadernos de Investigación UNED*, 4(2), 213-221. <https://doi.org/10.22458/urj.v4i2.10>

- Choden, T., & Kijkuakul, S. (2020). Blending Problem Based Learning with Scientific Argumentation to Enhance Students' Understanding of Basic Genetics. *International Journal of Instruction*, 13(1), 445-462. <https://doi.org/10.29333/iji.2020.13129a>
- López-Fernández, M. del M., & Franco-Mariscal, A. J. (2020). Percepciones de estudiantes de secundaria sobre el juego educativo Genetics Home. *Revista Eletrônica Ludus Scientiae*, 3(2). <https://doi.org/10.30691/relus.v3i2.2057>
- De Souza Pereira, S., da Cunha, J. S., & de Lima, E. M. (2020). Estratégias didático-pedagógicas para o ensino-aprendizagem de Genética. *Investigações em Ensino de Ciências*, 25(1), 41-59. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2020v25n1p41>
- Domènech-Casal, J. (2017). Propuesta de un marco para la secuenciación didáctica de Controversias Socio-Científicas. Estudio con dos actividades alrededor de la genética. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(3), 601-620. <https://www.redalyc.org/pdf/920/92052652007.pdf>
- Esquivel-Martín, T., Bravo-Torija, B., & Pérez Martín, J. L. (2019). Brecha entre investigación y praxis educativas en la enseñanza de biología. *REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 17(4), 75-91. <https://doi.org/10.15366/reice2019.17.4.004>
- Esteban Gallego, R., Marcos-Merino, J. M., & Gómez Ochoa de Alda, J. (2017). Introducción a la evolución molecular a través de una analogía lingüística. *Enseñanza de las Ciencias*, (Extra), 3669-3676. <https://ddd.uab.cat/record/183850>
- Figini, E., & De Micheli, A. (2005). La enseñanza de la genética en el nivel medio y la educación polimodal: contenidos conceptuales en las actividades de los libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, (Extra), 1-5. <https://ddd.uab.cat/record/77264>
- Flores-Camacho, F., García-Rivera, B. E., Báez-Islas, A., & Gallegos-Cázares, L. (2017). Diseño y validación de un instrumento para analizar las representaciones externas de estudiantes de bachillerato sobre genética. *RIEE. Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 10(2), 151-169. <https://doi.org/10.15366/riee2017.10.2.008>
- Flores-Camacho, F., Gallegos-Cázares, L., García-Rivera, B. E., & Báez-Islas, A. (2019). The Effects of ICT Science Laboratories on the Understanding and Representation of Scientific Knowledge in High School Students in an Everyday School Context. *Revista iberoamericana de educación superior*, 10(29), 124-142. <https://doi.org/10.22201/iisue.20072872e.2019.29.527>
- Gallop, L., Chapman, R., Selita, F., & Kovas, Y. (2017). Effects of education and media framing on genetic knowledge and attitudes. *The European Proceedings of Social & Behavioural Sciences EpSBS*, 33(13), 121-141. <https://doi.org/10.15405/epsbs.2017.12.13>

- Garrido-Navas, M. C., & González-García, F. (2017). La genética en los textos de estudio de la Educación Secundaria Obligatoria: ¿se hace caso a la investigación didáctica? *Enseñanza de las Ciencias*, (Extra), 1255-1260. <https://ddd.uab.cat/record/184477>
- González, C. R., Hernández, E. B., & Banet, L. L. (2017). Conocimientos de estudiantes que inician el Bachillerato sobre nociones básicas de Genética y aplicaciones de la Biotecnología. *Enseñanza de las ciencias* (Extra), 1421-1428. <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/335301>
- González, C. R., López-Banet, L., & Fernández, E. A. (2021). Conocimientos y valoraciones de estudiantes de bachillerato sobre la utilización de aplicaciones biotecnológicas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(1), 1102-1102. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1102
- Homburger, S. A., Drits-Esser, D., Malone, M., Pompei, K., Breitenbach, K., Perkins, R. D., Anderson, P. C., Barber, N. C., Hawkins, A. J., Katz, S., Kelly, M., Starr, H., Bass, K. M., Roseman, J. E., Hardcastle, J., DeBoer, G., & Stark, L. A. (2019). Development and pilot testing of a three-dimensional, phenomenon-based unit that integrates evolution and heredity. *Evolution: Education and Outreach*, 12(13), 1-17. <https://doi.org/10.1186/s12052-019-0106-1>
- Iñiguez Porras, F. J. (2006). *La Enseñanza de la genética: Una propuesta didáctica para la educación secundaria obligatoria desde una perspectiva constructivista*. Universitat de Barcelona. <http://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/41444>
- Juvenal, G. J. (2014). Epigenética: vieja palabra, nuevos conceptos. *Revista argentina de endocrinología y metabolismo*, 51(2), 66-74. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/35801>
- Kafai, Y. B., & Walker, J. T. (2020). Bringing 21st-century science into schools. *Phi Delta Kappan*, 102(1), 38-41. <https://doi.org/10.1177/003172172095684>
- Kampourakis, K. (2013). Mendel and the path to genetics: Portraying science as a social process. *Science & Education*, 22(2), 293-324. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9323-2>
- Kazeni, M., & Onwu, G. (2013). Comparative effectiveness of context-based and traditional approaches in teaching genetics: Student views and achievement. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, 17(1_2), 50-62. <https://journals.co.za/doi/abs/10.1080/10288457.2013.826970>
- Marzin-Janvier, P. (2015). Étayer la conception expérimentale par des environnements informatiques: études en génétique. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, (12), 87-112. <https://doi.org/10.4000/rdst.1135>

- Mateu, M., & Moreira, M. A. (2014). Cuando las canciones hablan de Genética. Las representaciones sociales y su impacto en el aprendizaje de la ciencia. *Investigações em Ensino de Ciências*, 19(3), 565-576. <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/73>
- Mazzarella, C., & Cabrera, P. R. (2006). Desarrollo y validación de un sistema computarizado para el aprendizaje de un contenido de Genética. *Investigación y Postgrado*, 21(2), 11-42. http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1316-00872006000200002&script=sci_arttext
- Mermoud, S. R., Ordoñez, C., & Garcia-Romano, L. (2017). Potencialidades de un entorno virtual de aprendizaje para argumentar en clases de ciencias en la escuela secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(3), 587-600. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3586>
- Medeiros, M. O., Alves, S. M., de Souza, E. A., & Kimura, M. T. (2021). Proposta De Modelo Didático Como Facilitador Do Ensino De Genética De Populações No Curso De Licenciatura Em Ciências Biológicas Da Ufr/Mt. *Biodiversidade*, 20(2), 215-235. <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/biodiversidade/article/view/12610>
- Ocelli, M., García-Romano, L., & Valeiras, N. (2018). La enseñanza de la biotecnología y sus controversias socio-científicas en la escuela secundaria: un estudio en la ciudad de Córdoba (Argentina). *TED*, (43), 31-46. <http://www.scielo.org.co/pdf/ted/n43/0121-3814-ted-43-31.pdf>
- Pérez Serrano, G. (1998). *Investigación cualitativa retos e interrogantes*. La Muralla.
- Prego, N. A., & Puig, B. (2016). Modelizar la expresión de los genes para el aprendizaje de enfermedades genéticas en secundaria. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 18(1), 65-84. <https://doi.org/10.1590/1983-21172016180104>
- Porras, F. J. Í., & Oliván, M. P. (2013). Una propuesta didáctica para la enseñanza de la genética en la Educación Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(3), 307-327. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2844>
- Quint, M., & Amaral, O. (2020). Lessons from Ciência Viva: how teaching human genetics to XXIst century students must go beyond the classroom. *European Journal of Human Genetics*, 28(5), 533-534. <https://doi.org/10.1038/s41431-019-0541-z>
- Rando, N. V., & Porro, S. (2016). Análisis de una asignatura para la educación CTS: Biología, Genética y Sociedad. *Indagatio Didactica*, 8(1), 1426-1437. <https://doi.org/10.34624/id.v8i1.8373>
- Robbins, S. M., Daulton, C. R., Hurle, B., & Easter, C. (2021). The NHGRI Short Course in Genomics: energizing genetics and genomics education in classrooms through direct engagement between educators and scientists. *Genetics in Medicine*, 23(1), 222-229. <https://doi.org/10.1038/s41436-020-00962-5>

- Ruiz-Gonzalez, C., Banet, E., & López-Banet, L. (2017). Conocimientos de los estudiantes de secundaria sobre herencia biológica: implicaciones para su enseñanza. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(3), 550-569. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3246>
- Silva, M. L. M., & da Silva, M. G. L. (2020). Analysis of the Argumentative Process of Students to a Social Dilemma related to Genetic Content. *Acta Scientiae*, 22(5), 44-64. <https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.5829>
- Sonego Temp, D., & Bartholomei-Santos, M. L. (2013). Desarrollo y uso de modelo didáctico para facilitar la correlación genotipo-fenotipo. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 8(2), 13-21. <http://www.scielo.org.ar/pdf/reiec/v8n2/v8n2a02.pdf>
- Nascimento, J. M. T. de S., & Campos, F. L. (2018). A importância da utilização de recursos didático-pedagógicos no ensino de genética em escolas públicas no Município de Parnaíba – PI (Brasil). *Espacios*, 39(25), 30-41. <https://www.revistaespacios.com/a18v39n25/a18v39n25p30.pdf>
- Tsui, C. Y., & Treagust, D. (2010). Evaluating secondary students' scientific reasoning in genetics using a two-tier diagnostic instrument. *International Journal of Science Education*, 32(8), 1073-1098. <https://doi.org/10.1080/09500690902951429>
- Waters, E. A., Ackerman, N., & Wheeler, C. S. (2019). Cognitive and affective responses to mass-media based genetic risk information in a socio-demographically diverse sample of smokers. *Journal of Health Communication*, 24(9), 700-710. <https://doi.org/10.1080/10810730.2019.1664676>
- Whitley, K. V., Tueller, J. A., & Weber, K. S. (2020). Genomics education in the era of personal genomics: academic, professional, and public considerations. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(3), 768. <https://doi.org/10.3390/ijms21030768>
- Wood-Robinson, C., Lewis, J., Leach, J., & Driver, R. (1998). Genética y formación científica: resultados de un proyecto de investigación y sus implicaciones sobre los programas escolares y la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 16(1), 43-61. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/83234>
- Yang, X., Hartman, M. R., Harrington, K. T., Eton, C. M., Fierman, M. B., Slonim, D. K., & Walt, D. R. (2017). Using next-generation sequencing to explore genetics and race in the high school classroom. *CBE Life Sciences Education*, 16(2), 1-7. <https://doi.org/10.1187/cbe.16-09-0281>

Datos de correspondencia

Leidy Lorena Hinestrosa

Docente de Biología y química Educación básica secundaria.

Universidad del Valle, Facultad de Educación y Pedagogía,

Escuela de Educación en Ciencias, Tecnologías y Culturas.

Cali-Valle del Cauca, Colombia.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3435-6841>

Email: leidy.hinestrosa@correounivalle.edu.co



Esta obra está bajo una Licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.