



XVI
Congreso Nacional de
Investigación Educativa
CNIE-2021

Las herramientas epistémicas sobre herencia genética en estudiantes de Bachillerato

Beatriz Eugenia García-Rivera
ICAT-UNAM
beatriz.garcia@icat.unam.mx

Leticia Gallegos-Cázares
ICAT-UNAM
leticia.gallegos@icat.unam.mx

Araceli Báez Islas
ICAT-UNAM
baia890507mdfzsr00@bggem.mx

Área temática 06. Educación en campos disciplinares.

Línea temática: Análisis epistemológico y metodológico de un campo de saber disciplinar y de su enseñanza.

Tipo de ponencia: Reportes parciales o finales de investigación.



Resumen

Este trabajo reporta las representaciones, como herramientas epistémicas, que presentan los alumnos de bachillerato respecto a la herencia genética. Para dar cuenta de estas, a partir de la literatura sobre el tema, se definieron aquellas que los sujetos construyen en su interacción y experiencia con su entorno cotidiano. Con ellas como base, se analizaron las respuestas que estudiantes de bachillerato dieron al resolver un cuestionario diseñado y validado para identificar su comprensión conceptual y representacional sobre genética. Los resultados evidencian que los alumnos hacen uso de herramientas epistémicas básicas, aun cuando han cursado asignaturas donde el tema de herencia genética es abordado incluso hasta el nivel molecular, lo que pone de manifiesto la importancia de conocer e incidir en estas herramientas epistémicas cuando se generan estrategias educativas sobre genética, para que los estudiantes logren una mejor comprensión.

Palabras clave: *Herramientas epistémicas, representación, herencia mendeliana, bachillerato.*

Introducción

La enseñanza de la genética es actualmente un área de gran interés debido al desarrollo científico y tecnológico que ha alcanzado, así como a sus implicaciones políticas, económicas y sociales. A pesar de ello, numerosas investigaciones indican que un gran número de estudiantes carecen de conocimientos básicos del tema y sus concepciones están alejadas del conocimiento científico. Si consideramos el análisis de la construcción de explicaciones sobre la herencia de características de padres a hijos que elaboran los alumnos, sus primeras ideas parecen estar determinadas por la identificación de aspectos perceptibles que identifican en los padres y en su descendencia. Es así como, a partir de ubicar similitudes físicas (color de ojos, piel, cabello, etc.), desde niños, los estudiantes establecen relaciones de parentesco entre un grupo de personas. Conforme su dominio biológico se robustece, se incorporan más elementos a estas explicaciones, como puede ser el reconocimiento de que cada progenitor aporta material genético (ADN) en la reproducción, que el ADN es el responsable de la herencia de los caracteres, etcétera. Todas estas explicaciones, corresponden a representaciones mentales que, como sujetos, construimos dentro del dominio de la biología para interpretar e interactuar con el mundo y forman parte de nuestras herramientas epistémicas intuitivas.

Para su estudio, se han desarrollado diversas propuestas teóricas dentro de las cuales están las epistemologías intuitivas, construidas en función de la experiencia, pero también de la construcción de representaciones sobre el mundo. Estas representaciones constituyen lo que identificaremos como herramientas epistémicas ya que, gracias a ellas, se elaboran las inferencias o razonamientos que permiten encontrar explicaciones a una situación o problema específico.

Este trabajo propone un análisis que permita determinar cuáles son las herramientas epistémicas que utilizan los alumnos de bachillerato para construir sus ideas sobre la herencia genética.

La hipótesis consiste en que, conocer sus representaciones permitiría explicar los razonamientos con los que explican e interpretan los diversos mecanismos y procesos de la herencia genética, y que, a pesar del desarrollo, experiencia y escolaridad, son mantenidas por los sujetos como sus herramientas epistémicas básicas.

El objetivo propuesto es determinar las herramientas epistémicas básicas sobre la herencia genética, en alumnos de bachillerato que han abordado el tema de manera formal en al menos dos cursos de biología.

Desarrollo

Si partimos de la premisa de que, para interpretar e interactuar con el entorno, las personas construimos diversas representaciones para dar respuestas a las situaciones o fenómenos que se nos presentan, se hace evidente que desde etapas muy tempranas en nuestro desarrollo, vamos generando un conjunto de representaciones que se convierten en nuestro repertorio básico para comprender e interpretar distintas

fenomenologías. De esta forma, si consideramos que estas representaciones están construidas en función de la experiencia y de las explicaciones que generamos sobre el mundo, entonces podemos reconocerlas como herramientas epistémicas, pues con ellas se elaboran inferencias o razonamientos que permiten a los sujetos interactuar con situaciones y problemas específicos (Contessa, 2007; Knuuttila, 2011).

La representación, como herramienta epistémica, está determinada por los elementos físicos (perceptibles) que determinan los que serán los elementos de denotación de la representación, por las ideas previas que el sujeto genera y que, en conjunto, constituyen sus recursos cognitivos. Recursos que son, principalmente, las concepciones básicas con las que elabora inferencias, que son resultado de la función de la herramienta epistémica en sí misma.

La construcción de las representaciones en los alumnos se puede analizar y describir con base en el modelo representacional-inferencial, (Gallegos-Cázares, Flores-Camacho y Calderón-Canales, 2021). En este modelo los sujetos establecen: la intencionalidad de la representación, esto es, el por qué se construye para responder a una pregunta o problema determinado; la interpretación, que es elaborada a partir de las concepciones básicas del sujeto y de sus experiencias cotidianas; las expresiones signo-material que se construyen sobre objetos físicos (símbolos, dibujos, gráficas, etc.) y ayudan a que la representación sea coherente y estructurada; la inferencialidad o capacidad de construir inferencias válidas y; las reglas de coordinación, que son las relaciones entre las inferencias elaboradas y el objeto o proceso a explicar.

Al centrarnos en el dominio biológico, y específicamente en el tema de herencia genética, el modelo representacional-inferencial tiene como intención responder a cómo los alumnos construyen sus representaciones con base a la pregunta ¿por qué nos parecemos a nuestros padres? Así, con el modelo es posible analizar que sus representaciones o herramientas epistémicas intuitivas comienzan a construirse dentro del ambiente familiar (padres, hermanos, abuelos, tíos) y derivan de su percepción de aquellas características que se comparten entre algunos miembros de la familia y de las ideas que escuchan al respecto. Por ejemplo, los comentarios referidos a que un bebé nacido dentro de la familia tiene los ojos de la abuela, que se parece a la madre o al padre, etcétera (interpretación). Con esto, la representación que desarrollan desde la infancia temprana, a partir de observaciones de los sujetos y fotografías (signo-material), les permite hacer inferencias (inferencialidad) con las que pueden establecer lazos de parentesco y, conforme avanza la edad y la experiencia, a esa representación o herramienta epistémica se suman ideas otras representaciones (en general simbólicas) referidas a qué es lo que hereda, quién lo hereda y cómo se hereda (reglas de coordinación).

Este trabajo tiene la intención de identificar cuáles son las herramientas epistémicas básicas sobre la herencia genética que tiene una muestra de alumnos de bachillerato, quienes previamente trabajaron en clase el tema de genética, en el que se abordaron los aspectos de niveles de organización celular y de la información genética; ciclo celular; mitosis y meiosis; herencia mendeliana; herencia por alelos múltiples; alteraciones cromosómicas, génicas o puntuales.

Metodología

Muestra

Participaron 186 alumnos, entre 17 y 19 años de edad. Todos cursaban la materia de Biología V del sexto grado de bachillerato, área II (químico-biológicas), turno matutino. La muestra se conformó por 60 alumnos (45 mujeres y 15 hombres) de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) de la UNAM plantel 7 y 126 alumnos (96 mujeres y 30 hombres), de la ENP plantel 5.

Instrumento

Una semana después de haber abordado el tema de genética con su profesor titular de la asignatura de Biología V, los alumnos de la muestra resolvieron un cuestionario que fue diseñado y validado (α de Cronbach = 0.88, $p \leq 0.005$) por los autores.

El instrumento, conformado por 18 ítems, se diseñó considerando la Integración de Conocimiento, esto es, tener la habilidad de generar ideas relevantes, así como conectar ideas para elaborar mejores explicaciones. (Lee, Liu y Linn, 2011). Los ítems se centraron en descripciones, explicaciones e interpretaciones escritas de las situaciones planteadas, así como la construcción de representaciones mediante dibujos y esquemas de procesos y estructuras genéticas, que implicaron demandas conceptuales y representacionales, con la intención de que relacionaran los dibujos y esquemas elaborados con las explicaciones dadas y se establecieran inferencias a partir de las situaciones planteadas. Los aspectos conceptuales y de representación gráfica de cada ítem se muestran en la figura 1. Los aspectos referentes al cuestionario, su descripción detallada y validación, pueden consultarse en Flores-Camacho et al. (2017).

Figura 1. Estructura de los ítems del instrumento

Ítem	Estructura del ítem
1	Solicita descripción escrita de porqué se expresan determinadas características en un bebé humano.
2	Solicita se indique y justifique dónde se encuentra la información que se hereda. Incluye incisos para seleccionar y luego justificar la selección.
3, 4	Solicitan representación gráfica de cómo se organiza la información genética dentro de las células sexuales (espermatozoide y óvulo).
5	Indaga si considera diferencias en la información genética de todas las células del cuerpo.
6	Solicita que por medio de representaciones gráficas se describa la información genética de una célula somática y una sexual.
7, 8, 9, 10	Demandan explicaciones sobre cómo se hereda una característica (lóbulo de los oídos) a partir de un determinado fenotipo de padres y abuelos del caso hipotético, sobre lo que se responde a lo largo de los ítems: El ítem 7 solicita representaciones gráficas que describan cómo se encuentra la información genética en el óvulo y en el espermatozoide de los padres. El ítem 8 solicita representación gráfica que muestre la información genética de las células del bebé de la pareja hipotética. El ítem 9 solicita se indique localización de la información genética para la expresión de una determinada característica (en el ejemplo, los lóbulos de la oreja). El ítem 10 solicita las probabilidades de expresión de un determinado fenotipo en la progenie a partir de los genotipos paternos.
11, 12	Demandan las probabilidades de expresión del tipo sanguíneo, utilizando el mecanismo de alelos múltiples, así como definir si esta característica tiene relación con la herencia de otras.
13, 14	El ítem 13 pide descripción y representación gráfica del síndrome de Down; el ítem 14 indaga si se reconoce influencia entre el sexo del progenitor y la herencia del síndrome de Down.
15, 16	El ítem 15 solicita se indique qué tan posible es que distintos factores influyan en que se presente una alteración genética en la descendencia; mientras que el ítem 16 pide descripción y representación de una alteración genética.
17	Solicita explicación del porqué existe variabilidad genética entre hermanos.
18	Conformado por siete incisos, demanda representación y ubicación de las estructuras en que se organiza la información genética, así como de los gametos y las células somáticas.

Con las respuestas de los alumnos al cuestionario, se identificaron las herramientas epistémicas básicas en función del tipo de inferencias que los alumnos llevaron a cabo, esto es, con las que explican o interpretan los procesos de herencia genética.

Resultados

Las respuestas que dieron los alumnos de la muestra permitieron identificar sus herramientas epistémicas. En la tabla I se indican las herramientas epistémicas presentes en las representaciones que los alumnos de bachillerato expresaron con respecto a la herencia genética.

Tabla I. Las tres herramientas epistémicas identificadas detrás de las ideas que los alumnos de la muestra tienen con respecto a la herencia genética

Herramientas epistémicas	Descripción	Inferencia elaborada
		(porcentaje de la muestra que lo emplea)
HE.1	La información genética de las células sexuales se concibe como un paquete no modificado que es el resultado del fenotipo del progenitor.	Al formarse un nuevo ser, los caracteres que expresa corresponden a las relaciones de dominancia y recesividad determinadas por los fenotipos de los progenitores. (23%)
HE. 2	La información genética de las células sexuales se concibe como un paquete no modificado que es el resultado del genotipo del progenitor.	Al formarse un nuevo ser, los caracteres que expresa corresponden a las relaciones de dominancia y recesividad determinadas por los genotipos de los progenitores. (58%)
HE. 3	La información genética de las células sexuales se concibe como un paquete modificado el resultado de un proceso de recombinación o entrecruzamiento de la información del progenitor.	Al formarse un nuevo ser, los caracteres que expresa corresponden al genotipo, dominante o recesivo, que cada gameto genera cuando ocurre la fecundación. (4%)
		Al formarse un nuevo ser, los caracteres que expresa corresponden al genotipo, dominante o recesivo, del gameto que se forma por la meiosis en la gametogénesis. (7%)
		Al formarse un nuevo ser, los caracteres que expresa corresponden al genotipo, dominante o recesivo, del gameto haploide que resulta de la meiosis en la gametogénesis. (9%)

Cabe destacar que dichas herramientas epistémicas fueron exhibidas por los alumnos cuando generaron inferencias que les permitieran resolver un problema, en el que se buscaba que explicaran ¿por qué se heredan algunas características del padre y otras de la madre?, es decir, ¿a qué se debe la expresión de determinadas características en el bebé? Lo que implica la intencionalidad de la respuesta de los estudiantes.

La Tabla I presenta algunas de las explicaciones e inferencias que los alumnos de la muestra elaboran, mismas que pueden vincularse con la o las representaciones intuitivas que las enmarcan. En cada caso se incluye un ejemplo del tipo de respuestas dadas por los alumnos.

Análisis y discusión

Los resultados encontrados en este estudio ponen en evidencia la persistencia y robustez de las herramientas epistémicas sobre la herencia genética, aunque desde luego se enriquecen con el uso de un

lenguaje simbólico utilizado y desarrollado escolarmente, al mismo tiempo que pueden vincularse con otras representaciones relativas a estructuras celulares.

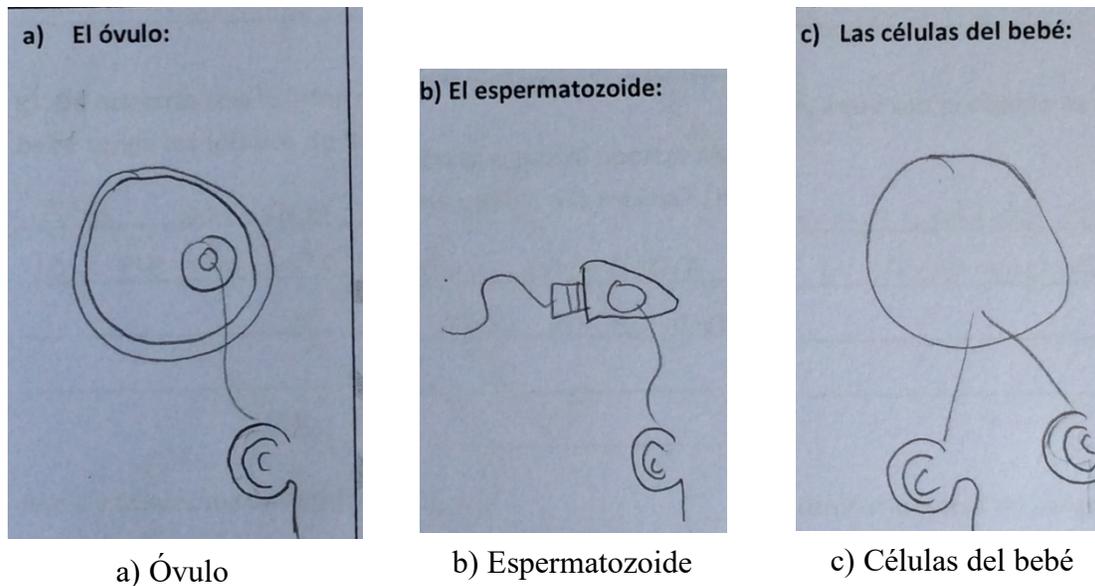
Si bien es cierto que en esta etapa educativa los alumnos cuentan con mayor conocimiento acerca de los procesos y mecanismos genéticos (*crossing-over*, meiosis, gametogénesis, haploidía y diploidía, entre otros) y, evidentemente incorporan términos e información que dan cuenta de una mayor comprensión sobre la forma en que se heredan los caracteres generación tras generación, las inferencias que establecen para poder resolver problemas o ejercicios que den cuenta de cómo imaginan que es el material genético, dónde está, cómo se transmite, cómo se expresan los caracteres, en su gran mayoría están basadas en los mismos conjuntos estables de herramientas epistémicas que utilizan los niños pequeños (Engel y Wood-Robinson, 1985; Samarapungavan y Wiers, 1997) y que muestran que las conciben como piezas u objetos (expresiones signo-material: se hereda el lóbulo de la oreja, dentro de la célula están las características físicas), y de las que infieren una concepción de sustancialización de la información genética. Por otro lado, el mecanismo de dominancia y recesividad, como herramienta epistémica intuitiva dominante, es utilizado por los alumnos para explicar por qué se expresa un carácter y no otro, se relaciona con su entorno a través de una concepción de fuerza o poder que tiene un alelo, gen, característica o cromosoma (dominante) sobre otro (recesivo) y que constituye a forma en la que coordinan sus representaciones con el entorno (reglas de coordinación), lo que lleva a suponer que no logran establecer las interacciones moleculares que ocurren entre los ácidos nucleicos y la síntesis de proteínas.

La forma en que las herramientas epistémicas se exhiben en los alumnos de la muestra puede apreciarse a continuación, con algunos de los ejemplos de las descripciones o explicaciones de alumnos en sus respuestas para explicar por qué un bebé recién nacido presenta determinadas características:

HE1, inferencia a):

(Esto se debe) “a que hay características dominantes en una pareja, esto quiere decir que es más común que ambos tengan el cabello lacio” (y así sea el de su bebé). En la figura 2 pueden verse las representaciones que ese mismo alumno hizo para mostrar la información genética (del lóbulo de la oreja) que considera está presente en diferentes células.

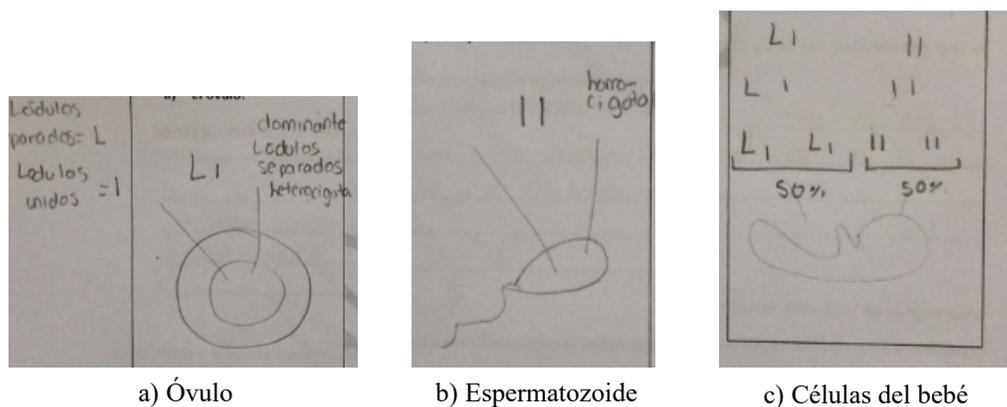
Figura 2. Ejemplo de las representaciones que tienen los alumnos que utilizan la herramienta epistémica 1, con la que generan la inferencia a, que se basa en la dominancia del fenotipo de los progenitores, por lo que dibuja cómo imagina que es la información genética del lóbulo de la oreja presente en diferentes células



HE2, inferencia b):

“Se debe a que cada ser vivo tiene genes o alelos dominantes y recesivos, los dominantes fueron los que se expresaron en cada individuo y los recesivos son los que se guardan en el genotipo, pero para la siguiente generación se puede llegar a expresar. Entonces su hijo o su hija tendrá los genes de los dos, pero algunos se expresarán y otros quedarán recesivos”. En la figura 3 se muestra la forma en que este alumno considera está la información genética (del lóbulo de la oreja en diferentes células).

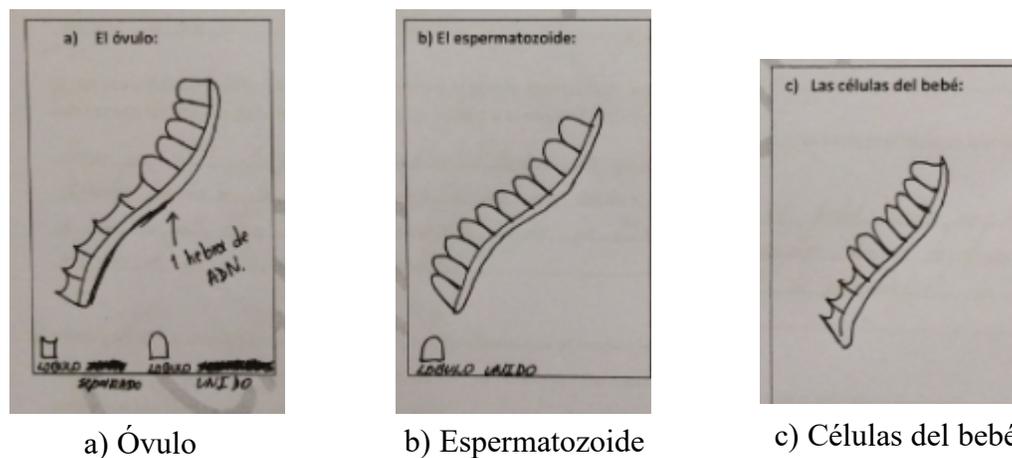
Figura 3. Un ejemplo de las representaciones que tienen los alumnos que utilizan la herramienta epistémica 2, y de ella derivan la inferencia b, basada en la idea de que el genotipo de los progenitores (que pasa sin cambio) define la información del bebé. Se muestra cómo concibe la información genética del lóbulo de la oreja presente en diferentes células



HE3, inferencia c):

“Se debe a que cuando se fecunda el óvulo se da la primera división celular donde se da el entrecruzamiento (en este momento es donde se une la mitad de la información genética del padre y la mitad de la información de la madre), para continuar con las divisiones celulares siguientes y se forme al nuevo individuo (en estas divisiones siguientes ya no hay entrecruzamiento”. Lo referente a la concepción del alumno acerca de la información genética para el lóbulo de la oreja se muestra en la figura 4.

Figura 4. Representaciones de los alumnos que utilizan la herramienta epistémica 3, con la que generan la inferencia c, en la que conciben que la información de los progenitores se combina en la fecundación y se expresa por dominancia. En este caso dibuja la información genética del lóbulo de la oreja presente en diferentes células



HE3, inferencia 5:

“Porque debido a la meiosis, se van a dividir algunos aspectos hereditarios de la madre y otros del padre, se mezclarán y heredarán al bebé ciertas características de cada uno de ellos, esto será al azar”. La información genética para el lóbulo de la oreja que representa este alumno en diferentes células se muestra en la figura 5.

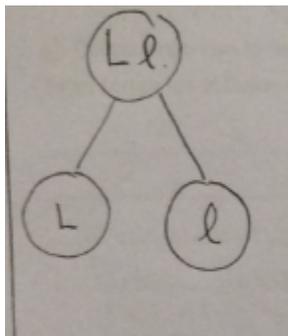
Figura 5. La representación de un alumno que utiliza la herramienta epistémica 3, que le permite hacer la inferencia 4, al concebir que durante la meiosis la información se combina y genera gametos con genotipo dominante y recesivo. Dibuja cómo imagina la información genética para el lóbulo de la oreja en diferentes células



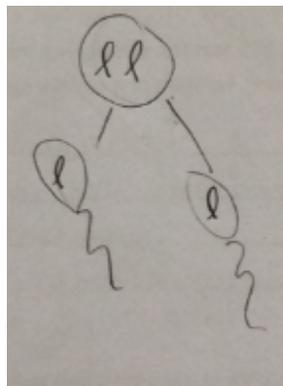
HE3, inferencia 5:

(Se debe a que) “cada uno de nosotros tenemos diferentes versiones de cada gen, llamados alelos, que pueden ser dominantes o recesivos y que durante la meiosis (formación de gametos) se reparten en diferentes cromosomas en diferentes gametos, y dependiendo de cuál sea más fuerte es lo que se expresará y serán las características que tendrá el bebé”. En la figura 6 se presentan las representaciones que este alumno para mostrar la información genética para el lóbulo de la oreja que considera hay en diferentes células.

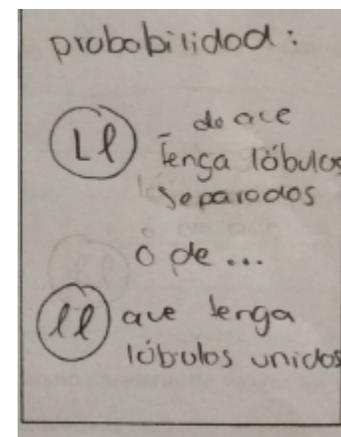
Figura 6. Las representaciones que tienen los alumnos que hacen uso de la herramienta epistémica 3, la que les lleva a generar la inferencia 5, en la que considera que los gametos son haploides como resultado de la meiosis y que la recombinación en este proceso determina genotipos dominantes y recesivos. Se muestra cómo este alumno concibe la información genética para el lóbulo de la oreja que está presente en diferentes células



a) Óvulo



b) Espermatozoide



c) Células del bebé

Conclusiones

Para el caso de la herencia genética encontramos que, aún después de un proceso de escolarización, donde el tema es abordado hasta el nivel molecular, la gran mayoría de los estudiantes mantienen sus herramientas epistémicas básicas, y las aplican para interpretar los procesos de transmisión de caracteres entre generaciones.

Esto pone de manifiesto la importancia de reconocer que estas representaciones, como herramientas epistémicas, son consistentes y útiles para establecer inferencias y razonamientos coherentes para el sujeto, por lo que deja de lado la nueva evidencia e información que tiene al alcance para interpretar y explicar los fenómenos.

Es necesario que en la enseñanza se fomente la explicitación de sus representaciones e identificarlas como herramientas epistémicas, a la vez que se generen estrategias que los apoyen en la construcción de nuevas representaciones, más cercanas a las explicaciones científicas.

Referencias

- Contessa, G. (2007). Scientific representation, interpretation, and surrogative reasoning. *Philosophy of Science*, 74, 48–68
- Engel, E. & Wood-Robinson, C. (1985). Children's understanding of inheritance. *Journal of Biological Education*, 19(4), 304-310.
- Flores-Camacho, F., García-Rivera, B., Báez-Islas, A., Gallegos-Cázares, L. (2017). Diseño y validación de un instrumento para analizar las representaciones externas de estudiantes de Bachillerato sobre genética, *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, doi: 10.15366/riee.
- Gallegos-Cázares, L., Flores-Camacho, F., & Calderón-Canales, E. (2021) Elementary school children's explanations of day and night: An interpretation based on a inferential approach to representations, *Science & Education*, (on line first) <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00230-1>.
- Knuuttila, T. (2011). Modelling and representing: An artefactual approach to model-based representation. *Studies in History and Philosophy of Science*, 42, 262–271
- Lee, H-S., Liu, O, L. & Linn, M. (2011). Validating measurement of knowledge integration in science using multiple-choice and explanation items. *Applied Measurement in Education*, 24(2), 115-136, doi:10.1080/08957347.2011.554604
- Samarapungavan, A. & Wiers, R. (1997). Children's thoughts on the origin of species: A study of explanatory coherence. *Cognitive Science*, 21(2), 147-177.