



**XVI**  
Congreso Nacional de  
Investigación Educativa  
CNIE-2021

## Análisis de la construcción de representaciones científicas en estudiantes de bachillerato

**Araceli Báez Islas**  
*baezi.araceli@gmail.com*

Área temática 06. Educación en campos disciplinares.

Línea temática: Análisis de los procesos de aprendizaje y del desarrollo de los conocimientos y saberes disciplinares.

Porcentaje de avance: 30%.

Trabajo de investigación educativa asociado a tesis de grado.

Programa de posgrado: Doctorado en pedagogía, 3er semestre en curso.

Institución donde realiza los estudios de posgrado: Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Nacional Autónoma de México.



### Resumen

Este documento da cuenta de los avances realizados en el proyecto de investigación doctoral que tiene como propósito analizar el proceso de construcción de representaciones científicas en estudiantes de bachillerato. Se presenta el marco teórico que incluye una revisión general del enfoque representacional y se abordan aspectos sobre el papel de las representaciones en la didáctica de las ciencias y en particular sobre el tema de herencia genética que será sobre el cual se realice el análisis del proceso de construcción de representaciones. Para el enfoque metodológico se muestra uno de los instrumentos diseñados para la recolección de datos, describiendo el proceso de construcción, se muestran datos del proceso de validación estadística que determinan su confiabilidad y validez. Finalmente se muestran resultados preliminares de la aplicación de uno de los instrumentos a una muestra de 50 alumnos que cursan el 3er semestre de bachillerato de una Escuela Preparatoria Oficial del Estado de México, los resultados incluyen la descripción de cinco categorías de análisis que serán utilizadas para determinar el proceso de construcción y refinamiento representacional de los alumnos. Los datos obtenidos al momento indican que se generó un instrumento confiable para caracterizar diversos tipos de representaciones externas como son respuestas escritas, esquemas y dibujos, lo que evidencia el abanico de las posibles representaciones que tienen y pueden construir los alumnos sobre temas representacionalmente complejos como lo es el tema de genética.

**Palabras clave:** *Representaciones, genética, bachillerato.*

## Introducción

Nuevas investigaciones en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias plantean enfoques centrados en el análisis de la interpretación y construcción que los estudiantes hacen de representaciones como imágenes, símbolos, esquemas, diagramas o dibujos, y cómo éstas de forma articulada pueden dar cuenta del modelo explicativo que el alumno construye para explicar determinada fenomenología (Ainsworth, 2006; Flores, 2004; Gilbert, 2008; Kozma y Russell, 2005; Martí y Pozo, 2000).

En consecuencia, el enfoque representacional implica replantear las situaciones didácticas y generar nuevas investigaciones que consideren a las representaciones como elementos centrales en los procesos cognitivos implicados en la construcción y transformación del aprendizaje (Prain y Tytler 2012, 2013; Wu y Puntambekar 2012). Dentro de esta perspectiva se han desarrollado diversas propuestas en la didáctica de las ciencias que contemplan el uso de múltiples representaciones externas para mejorar el proceso de construcción de conocimientos científicos en los alumnos (Tsui y Treagust, 2013), mostrando que este enfoque es útil para conocer cómo los sujetos interpretan y explican los fenómenos y conceptos presentados.

En este trabajo se pretenden conjuntar diferentes aspectos del marco representacional para analizar cómo el uso de las representaciones influye en la construcción representacional en diferentes niveles de refinamiento; se eligió el tema de genética para analizar este proceso por las siguientes razones: 1) es un tema donde es común el uso de representaciones de apoyo (como animaciones, simuladores, imágenes y gráficos) por parte de los profesores para mostrar los diferentes conceptos y procesos implicados (Diez de Tancredi y Caballero, 2004); 2) en las últimas décadas se ha realizado una gran número de investigaciones en didáctica de la genética donde se destaca el enorme reto que implica su enseñanza y aprendizaje debido principalmente a dificultades representacionales que implica el análisis en diferentes (macro-micro) en lo que ocurren los procesos y fenómenos (Banet y Ayuso, 2000; Figini y De Micheli, 2005; Caballero, 2008); 3) se considera un tema prioritario por su impacto social; por ejemplo, con proyectos como los transgénicos o la pandemia por SARS-CoV2, donde el conocimiento de conceptos genéticos es necesario para comprender los aspectos biológicos y sus implicaciones en lo individual y social.

Esta investigación propone analizar la influencia que tiene el trabajar en ambientes de aprendizaje multi-representacionales considerando el uso que le da cada sujeto (profesor y alumno) a las representaciones para la construcción de su conocimiento, y cómo esto se relaciona con la comprensión de fenómenos científicos a partir de las representaciones externas que los estudiantes construyen sobre el tema. La intención es generar aportes en el marco representacional sobre las potencialidades que este enfoque tiene para mejorar la comprensión de temas representacionalmente complejos para la ciencia escolar.

## Objetivo general

- Analizar el proceso de construcción de representaciones científicas en estudiantes de bachillerato.

## Objetivos particulares

- Analizar las representaciones que alumnos de bachillerato construyen para explicar el tema de genética.
- Determinar la influencia del uso de las representaciones externas en el proceso de construcción representacional.
- Identificar si el enfoque representacional tiene potencialidades para mejorar la comprensión e integración de temas complejos para la ciencia escolar, como es el caso de genética.

## Preguntas de investigación

- ¿Cuál es la influencia de las representaciones externas en la construcción de las representaciones de los alumnos?
- ¿Las representaciones que explicitan pueden dar cuenta de la comprensión de un modelo sobre la fenomenología implicada?
- ¿El uso de múltiples representaciones en la enseñanza de las ciencias puede ayudar a mejorar la comprensión en temas complejos?

## Desarrollo

### Marco teórico de las representaciones

Una representación es una estructura generada por el sujeto, con la que puede conceptualizar, visualizar, materializar o inferir propiedades o cualidades posibles de lo que representa en diferentes formatos o modos; estas representaciones son útiles para generar explicaciones que podrán o no ser correspondientes con los fenómenos observados, pero que satisfacen la coherencia mínima que los sujetos requieren para interpretar y funcionar en su entorno (Flores y Valdez, 2007).

Las representaciones pueden ser implícitas cuando ocurren o se llevan a cabo en la mente de los sujetos; o explícitas cuando se expresan en cualquier formato representacional de tipo oral, gráfico y/o simbólico. Diferentes estudios reportan que los sujetos construyen representaciones implícitas y/o explícitas para realizar explicaciones fenomenológicas aunque no dispongan de ninguna instrucción al respecto (Balluerka, 1995). Esta situación indica que un enfoque centrado en análisis de las representaciones desde su uso, construcción y transformación podría ser marco teórico que permita analizar la comprensión de los conceptos científicos.

En este proyecto el estudio está centrado en el análisis de las representaciones en dos sentidos, el primero se refiere a aquellas representaciones llamadas externas, las cuales funcionan como elementos en los que el sujeto se apoya para poder interpretar y construir sus propias representaciones. El segundo tipo de representaciones se refiere a las explícitas, que son aquellas que el sujeto construye para generar explicaciones de los fenómenos, pudiendo usar diferentes formatos como el oral, escrito, simbólico, gráfico o icónico.

Para categorizar las representaciones externas que tienen como función el apoyo para la construcción representacional, se utilizará la clasificación propuesta por Wu y Puntambekar (2012) donde se consideran cuatro tipos de representaciones: 1) Verbal-textual, 2) Simbólica-matemática, 3) Visual-gráfica y 4) Accional-operacional.

Cada tipo de representación puede ser útil para distintos propósitos, ya que difieren en su eficiencia representacional y puede mostrar aspectos específicos del dominio a aprender; por ejemplo, el texto y las imágenes son ideales para presentar el contexto de un problema, mientras que los gráficos ayudarían a mostrar información cuantitativa y posibilitan generar análisis entre variables (Mij y Jong, 2006). Esto quiere decir, que los beneficios específicos del uso de representaciones dependen del uso y en consecuencia la función que estas tengan en los procesos cognitivos de los sujetos.

Ainsworth (2006), refiere tres funciones de las representaciones principales: 1) Aquellas que son complementarias a un concepto o proceso; por ejemplo lecturas o imágenes de apoyo visual o informativo. 2) Representaciones de restricción de la interpretación; por ejemplo, cuando utiliza una animación para guiar la atención hacia algún aspecto concreto ya sea sobre una información o proceso. 3) De construcción, cuando los alumnos integran representaciones para obtener información que sería difícil de lograr con una sola, aumentando así la probabilidad de que el conocimiento sea transferido a nuevas situaciones.

Con respecto a las representaciones explícitas que son generadas por los sujetos, se analizarán desde la propuesta de Kozma y Russell (2005) donde describen cinco niveles que indican el nivel de comprensión y refinamiento representacional que los sujetos hacen de los conceptos científicos.

### **Representaciones en la enseñanza de las ciencias**

Las representaciones externas han tenido un papel indispensable en el desarrollo las ciencias a través de imágenes, gráficos, modelos y observaciones que han posibilitado la comprensión de diferentes conceptos y procesos; por ejemplo en química con el átomo, en física con los trabajos de Faraday (Nersessian, 1990) y en biología con el desarrollo de la genética (Fox, 2002). En la enseñanza de las ciencias también ocupan un lugar importante al ser muy común su uso para apoyar mediante diferentes formatos los conceptos científicos (Tsui y Treagust, 2013). Un estudio realizado por Someren, Reimann, Boshuizen y de Jong (1998) mostró diferentes ejemplos en los que las múltiples representaciones han sido utilizadas en las, siendo los temas más recurrentes aquellos que tienen implicaciones en procesos de complejidad representacional como es el caso biología.

Diversos autores (Meyer, 2001; Sweller, 2005; Rasch y Schnotz, 2009; Tsui y Treagust, 2010) reportan el uso de múltiples representaciones externas usadas consciente o inconscientemente por profesores y alumnos, encontrando que es cada vez más común su uso debido a los distintos medios y recursos visuales, gráficos y tecnológicos con los que actualmente se dispone en los espacios educativos.

### **Representaciones en genética**

Investigaciones realizadas en las últimas décadas señalan que existe una gran dificultad conceptual en la enseñanza y aprendizaje en genética (Lewis, Leach, y Wood-Robinson, 2000; Freidenreich, Duncan y Shea; 2011; Gericke y Wahlberg, 2013), debido principalmente a la complejidad representacional de sus conceptos centrales (Knippels, 2002) pues los conceptos y procesos que dan cuenta de la fenomenología implicada, ocurren en distintos niveles de representacionales (macro y microscópicos) los cuales la mayoría de las veces se utilizan como homólogos; por ejemplo, se ha identificado que los estudiantes suelen confundir o no reconocer la estructura, ubicación y definición de los conceptos clave, como los niveles de organización de la información genética al representar un cromosoma dentro del ADN o a los genes más grandes que el ADN o los cromosomas (Lewis y Kattmann, 2004).

De esta forma, los sujetos construyen representaciones para explicar los fenómenos presentados que pueden o no corresponder con los conceptos científicos pero que son coherentes para ellos al generar un modelo explicativo.

Por otro lado, se ha documentado que en temas representacionalmente complejos como estos, es muy común el uso de las representaciones externas por parte de los profesores para explicar los aspectos conceptuales y procesos que explican la fenomenología implicada, por lo que constituyen el único referente que tiene el estudiante para apoyar la construcción de dichas representaciones que articulan los modelos explicativos (Perales, 2006).

### **Marco metodológico**

Para analizar los procesos de aprendizaje de los alumnos bajo el marco representacional, se requieren instrumentos que permitan conocer cómo los estudiantes están comprendiendo los conceptos y procesos implicados apoyándose en el uso y construcción de representaciones. Por ello, en la primera parte de la investigación se han centrado los avances en la generación de instrumentos donde los alumnos puedan explicitar su conocimiento desde el marco de las representaciones, en este apartado se describe el proceso de construcción y validación de uno de los dos instrumentos que servirán para realizar la recolecta de datos para el desarrollo de esta investigación.

## Construcción y validación del instrumento

Para generar los instrumentos se formularon preguntas que permitan la interpretación y explicitación del conocimiento científico en distintos formatos representacionales como el verbal, gráfico y simbólico (Wu y Puntambekar, 2012), que promuevan la construcción de explicaciones en diversos niveles de explicitación y comprensión representacional (Kozma y Russell, 2005), y que permitan a los alumnos generar explicaciones de mayor complejidad (Lee, Liu y Linn, 2011). Considerando esto, a lo largo del cuestionario los sujetos requieren: a) realizar explicaciones y descripciones escritas; b) elaborar esquemas y dibujos; c) relacionar los esquemas realizados con las explicaciones dadas; d) reestructurar sus explicaciones cuando se preguntan conceptos que deben dar respuesta a diferentes escenarios fenomenológicos; e) apoyarse en representaciones externas para generar explicaciones.

El instrumento que aquí se reporta contempla los aspectos que permiten identificar los elementos básicos de genética como síntesis de proteínas, expresión génica, niveles de organización de la información genética y procesos de meiosis y mitosis, con la finalidad de conocer si los estudiantes tienen la posibilidad de conceptualizar y distinguir los procesos que ocurren en un nivel macro y microscópico; en la Figura 1 se muestra un extracto de las preguntas que incluye el instrumento.

El instrumento fue sometido a un proceso de validación que siguió tres etapas: 1) Fase de construcción del instrumento, en la cual participaron 10 alumnos de bachillerato, 2) Fase de validación de expertos, donde participaron 5 especialistas en Biología y 3) Fase de validación estadística, en la cual participaron 50 estudiantes de bachillerato. En la primera fase se elaboró la primera versión de un cuestionario el cual se aplicó al azar a 10 alumnos de quinto semestre de bachillerato, los resultados obtenidos permitieron identificar preguntas que no daban respuestas esperadas e incluir esquemas para guiar el proceso de construcción a cuestiones específicas, con lo que se construyó la segunda versión del instrumento.

La segunda versión fue aplicada a los cinco expertos Biólogos todos con estudios de posgrado en la enseñanza de Biología; esto permitió analizar la inteligibilidad, y plausibilidad de las respuestas, así como suficiencia de la pregunta para abordar el tema y nivel de complejidad de las respuestas esperadas. A partir de los resultados se hicieron los ajustes correspondientes y se construyó la tercera versión del instrumento, resultando un cuestionario con 20 ítems, incluye uno de opción múltiple, 7 ítems de pregunta abierta, 2 ítems donde se solicita la interpretación de un esquema, y 10 de preguntas que solicitan una breve respuesta escrita acompañada de una representación gráfica, este instrumento fue aplicado a 50 alumnos de tercer semestre de bachillerato que cursaban la materia de Biología II de la EPO 314, para calificar sus respuestas se construyó una rúbrica que considera cinco niveles de acuerdo a la clasificación de Kozma y Russell (2005). La rúbrica se construyó tomando como referencia las respuestas de los expertos y las respuestas conceptuales esperadas. En la Tabla 1 se muestra un ejemplo de la aplicación de la rúbrica con los criterios descritos.

Para determinar la confiabilidad del instrumento los datos utilizados para las pruebas estadísticas fueron obtenidos a partir de la asignación de los niveles representacionales a las respuestas de los alumnos para cada ítem del cuestionario. Una vez construida la base de datos numérica se le aplicaron la prueba de consistencia interna con alfa de Cronbach, y la prueba Modelo de Crédito Parcial de Rasch, que determina la eficiencia de los reactivos de acuerdo con su nivel de dificultad en relación con las habilidades de los sustentantes (González, 2008).

Con respecto a la confiabilidad, el Alpha de Cronbach se obtuvo un valor de 0.83, lo que indica una correlación adecuada y buena. El modelo de crédito parcial de Rasch indica una buena eficiencia de los reactivos al encontrarse el rango de la dificultad de los reactivos de -0.56 a 0.84. Es importante señalar que los resultados muestran que hasta el momento los ítems más difíciles para responder por los alumnos corresponden a aquellos donde se solicita la elaboración de representaciones gráficas como dibujos y en los que se incluye una representación gráfica para su interpretación.

## Consideraciones finales

Los resultados hasta el momento ofrecen el sustento para considerar que se construyó un instrumento confiable para ser aplicado en alumnos de bachillerato para conocer las representaciones externas que construyen sobre el tema de genética, lo que permitirá en la siguiente fase de esta investigación aplicar a la muestra de estudio y analizar los procesos de construcción representacional.

## Tablas y Figuras

Figura 1. Los ítems que presenta el cuestionario consideran la elaboración e interpretación de esquemas o dibujos para generar explicaciones.

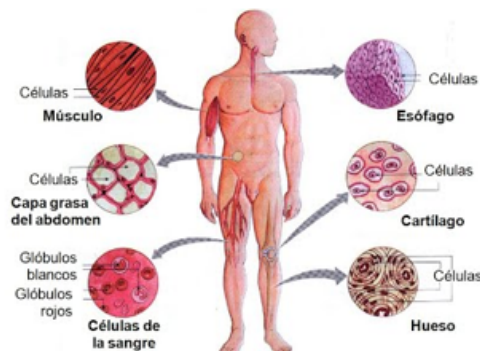
8.- Para que sea más claro, responde y dibuja lo que se te solicita para cada una de las células:

	Célula sexual: Espermatozoide	Célula somática: Célula de la piel
Cuántos cromosomas tiene		
Dibuja la forma que tienen los cromosomas, incluyendo los cromosomas sexuales		
Cuál es su función celular		
A través de qué proceso se forman		
Dibuja las células correspondientes indicando qué organelos o información genética comparten		

9.- Pensando únicamente en las células somáticas, ¿hay diferencia en la información genética que tiene cada una de estas células? (por ejemplo, si comparamos las que forman tus ojos con las que forman tu corazón) \_\_\_\_\_

9A.- Para que sea más claro, observa el esquema:

- Identifica y señala si los diferentes tipos celulares tienen un núcleo.
- La información que se encuentra dentro del núcleo de los diferentes tipos celulares de una misma persona, ¿es la misma o es diferente? \_\_\_\_\_



¿Porqué consideras esto? \_\_\_\_\_

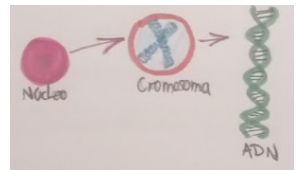
Si es la misma, ¿cómo explicas que cada una tenga diferentes funciones? \_\_\_\_\_

Si es diferente, ¿cómo explicas que un estudio de ADN para determinar la identidad de una persona se puede realizar tomando una muestra de cualquiera de las células del individuo en cuestión? \_\_\_\_\_



Tabla 1. Ejemplo de la rúbrica construida para evaluar los niveles representacionales y las respuestas para cada nivel.

Ítem 2. Uno de los padres le heredó al bebé la característica del color de los ojos azules, mientras que el otro progenitor le heredó el color de ojos cafés. Dibuja cómo imaginas que estas características se encuentran dentro de las células del bebé.

<p><b>Nivel 1. Representación fenomenológica</b></p>	<p>Representa el fenómeno basado únicamente en características físicas, siendo la representación isomórfica e icónica.</p>
	
<p><b>Nivel 2. Representaciones simbólicas tempranas</b></p>	<p>Representa el fenómeno basado en características físicas incluyendo también elementos simbólicos sin que estos tengan alguna sintaxis y semántica.</p>
<p><b>Nivel 3. Uso sintáctico de representaciones formales.</b></p>	<p>Realiza una representación basada en características observables y entidades no observables, haciendo conexiones y dando una sintaxis de uso, sin dar un significado.</p>
<p><b>Nivel 4. Uso semántico de representaciones formales.</b></p>	<p>Representa el fenómeno usando un símbolo formal para representar entidades y procesos no observables, basados en reglas semánticas y sintácticas.</p>
<p><b>Uso reflexivo y retórico de las representaciones.</b></p>	<p>Utiliza diferentes tipos de representaciones de manera articulada explicando las relaciones entre propiedades físicas, entidades y procesos subyacentes en un contexto retórico.</p>

## Referencias

- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction, 15*(3), 183–198.
- Banet, E. y Ayuso, E. (2000). Teaching Genetics at Secondary School: A Strategy for Teaching about the Location of Inheritance Information. *Science Education, 84*(3), 313-351.
- Diez de Tancredi, D. y Caballero, C. (2004). Representaciones externas de los conceptos biológicos de gen y cromosoma. Su aprendizaje significativo. *Revista de Investigación, (56)*, 91-121.
- Flores, F. y Valdez, F. (2007). Enfoques epistemológicos y cambios representacionales y conceptuales. En J. I. Pozo y F. Flores (Eds.), *Cambio conceptual y representacional en el aprendizaje y la enseñanza de la ciencia* (21-36). Madrid, Antonio Machado Libros.
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning, (7)*, 75–83. doi.10.1111/j.1365-2729.1991.
- Knippels, M. C. (2002). Coping with the abstract and complex nature of genetics in biology education. *The yo-yo learning and teaching strategy*. Utrecht, Netherlands: CD-Press.
- Kozma, R. y Russell, J. (2005). Students becoming chemists: developing representational competence. En J. Gilbert (Ed.), *Visualization in Science Education* (121-146). Switzerland, Springer.
- Lee, H., Liu Ou, L. y Linn, M. (2011). Validating measurement of knowledge integration in science using multiple-choice and explanation items. *Applied Measurement in Education, 24* (2) 115-136.
- Lewis, J., Leach, J., y Wood-Robinson, C. (2000). What's in a cell? Young people's understanding of the genetic relationship between cells, within an individual. *Journal of Biological Education, 34*(3), 129-132.
- Marbach-Ad, G., y Stavay, R. (2000). Students' cellular and molecular explanations of genetic phenomena. *Journal of Biological Education, 34*(4), 200-205.
- Nersessian, N. (1990). *Faraday to Einstein: Constructing meaning in scientific theories*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- Pande, P. y Chandrasekharan, S. (2017). Representational competence: toward a distributed and embodied cognition account. *Studies in Science Education, 53*(1), 1-43.
- Perales, J. (2006). Uso (y abuso) de la imagen en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias, 24*(1), 13-30.
- Pozzer, L. L., y Roth, W.M. (2003). Prevalence, structure, and functions of photographs in high school biology textbooks. *Journal of Research in Science Teaching, 40*(10), 1089-1114.
- Someren, M., Boshuizen, H., Jong, T. y Reimann, P. (1998). *Learning with Multiple Representations*. Pergamon.
- Tsui, C.-Y., y Treagust, D. F. (2003). Genetics reasoning with multiple external representations. *Research in Science Education, 33*(1), 111-135.
- Tsui, C.-Y., y Treagust, D. F. (2013). Introduction on multiple representations: The importance in biological education. En C.-Y., Tsui y D. F. Treagust (Eds.), *Multiple representations in biological education* (3-18). Springer.
- Wu, H.-K. y Puntambekar, S. (2012). Pedagogical affordances of multiple external representations in scientific processes, *Journal of Science Education and Technology, 21*, 754–767. doi.10.1007/s10956-011-9363-7