Universidad Nacional de Lomas de Zamora

Facultad de Ciencias Agrarias

Licenciatura en la Enseñanza de las Ciencias Biológicas

TRABAJO FINAL DE GRADO

“La historia de la ciencia y el uso de narrativas en la enseñanza de los organismos transgénicos: aportes a la formación docente en Biología”

AUTORA: Córdoba, Nadia.

TUTORA: Lic. Alegre, María Luján

AÑO

2026

Agradecimientos

A quienes estuvieron presentes en cada etapa de mi formación, en estas páginas habitan, de algún modo, sus huellas; nada de lo escrito hubiera sido posible sin el acompañamiento paciente que me permitió llegar hasta este momento.

A las instituciones que brindaron el espacio donde se gestó mi interés por la enseñanza y la biología, a los docentes que les dieron vida y con quienes cultivé profundo afecto, pero sobre todo a la UNLZ por una formación gratuita y de calidad y a sus excepcionales docentes. Mención aparte, a mi tutora Lic. María Luján Alegre quien me acompañó en el hacer y el pensar y ayudó a que las ideas tomen forma. También a los estudiantes del profesorado de Biología que participaron en la investigación; sin sus voces este trabajo no tendría sentido.

A mis compañeros que se transformaron en bellas amistades, conformando mi red de apoyo y me enseñaron el valor de la construcción colectiva. Hoy, especialmente a Wanda Meczynski, quien acompañó cada paso de este trabajo y carrera por sus invaluables aportes, su escucha atenta y su sincera amistad.

A mis amistades y familiares que supieron esperar ante mis ausencias y con aún más comprensión en este proceso de escritura. En particular, a mi mamá, que desde pequeña me instó a estudiar y me enseñó el valor del esfuerzo, y a mi abuela, que siempre me marcó el valor de persistir y creyó en mi capacidad.

A quien fue sostén fundamental, mi pequeño gran hijo, cuya corta edad no se corresponde con la gran comprensión que lo caracteriza. Escuchó, abrazó, celebró, acompañó en presencia y silencio, junto con quien estuvo en el corazón de este proceso, mi amado esposo cuya paciencia es invaluable, fue impulsor, pilar, ánimo en cada desazón y contención incondicional.

A quien me inspiró a estudiar y me acercó a los libros, mi abuelo.

Índice

Agradecimientos	2
Resumen	4
Introducción	6
Materiales y métodos.	13
Resultados	17
Discusión	28
Conclusión	32
Referencias	35
Anexo	39

Resumen

El presente trabajo analiza el impacto de la historia de la ciencia (HDC) como estrategia de enseñanza en la formación de futuros profesores en Biología, observando su efecto en la concepción de organismos transgénicos y su percepción como herramienta didáctica. En el marco teórico y los antecedentes se presenta la ciencia como actividad histórica, controversial, de carácter humano y social. A su vez se destaca la importancia de incorporar esta visión en la enseñanza de la genética en consonancia con el diseño curricular. Mediante un enfoque cualitativo se analizaron las expresiones de un grupo de estudiantes antes y después de la aplicación de una clase basada en una narrativa titulada “La historia de la primera vaca transgénica argentina”. A partir de los datos obtenidos se formularon categorías que evidenciaron concepciones iniciales simplificadas sobre transgénicos y sobre la HDC. Los resultados evidencian que, tras la intervención, los estudiantes complejizan sus concepciones, incorporando dimensiones controversiales, históricas y contextuales, en línea con una imagen de ciencia más realista. Asimismo se valora positivamente la estrategia narrativa como herramienta didáctica y epistemológica. Se propone su incorporación en la formación inicial docente, dado su potencial para favorecer la comprensión de su aplicabilidad.

Palabras clave: Narrativa - Historia de la ciencia - Organismos transgénicos - - Naturaleza de la ciencia - formación docente.

Abstract

This study analyzes the impact of the History of Science (HOS) as a teaching strategy in the education of future Biology teachers, examining its effect on their conceptions of transgenic organisms and their perception of HOS as a didactic tool.

Within the theoretical framework and background, science is presented as a historical, controversial, human, and social activity. At the same time, the importance of incorporating this perspective into the teaching of genetics, in alignment with the curriculum design, is emphasized. Using a qualitative approach, the expressions of a group of students were analyzed before and after the implementation of a lesson based on a narrative entitled *"The Story of the First Argentine Transgenic Cow."* From the data obtained, categories were developed that revealed initially simplified conceptions about transgenic organisms and about HOS. The results show that, following the intervention, students develop more complex conceptions, incorporating controversial, historical, and contextual dimensions, in line with a more realistic view of science. Furthermore, the narrative strategy is positively valued as both a didactic and epistemological tool. Its incorporation into initial teacher education is proposed, given its potential to foster understanding of its applicability.

Keywords: Narrative – History of Science – Transgenic Organisms – Nature of Science – Teacher Education

Introducción

La genética es una parte de la biología que representa mayor problemática para profesores y para estudiantes, tanto en conceptos como procedimientos; los estudios realizados arrojan al respecto que los estudiantes encierran errores conceptuales y memorización superficial (Iñiguez Porras, 2005). Actualmente, investigaciones recientes continúan mostrando esta tendencia: un estudio en La Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (FaHCE) de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP), sobre los saberes de los estudiantes del profesorado de Ciencias Biológicas en el campo de la genética, concluye que es sustancial la construcción adecuada de conceptos básicos y sugiere considerar, en la educación del siglo XXI, la construcción de saberes sociales en relación a la epistemología de la ciencia actual, así como la utilización de problemas abiertos que permitan la búsqueda de explicaciones y temas más cercanos a los estudiantes en contraposición con los tradicionales ejemplos; si se sostienen representaciones e ideas alternativas en futuros docentes puede generarse un ciclo de construcciones inadecuadas sobre la ciencia (Legarralde, 2020). Específicamente, respecto a la enseñanza de la biotecnología, un estudio de Ocelli et al. (2018) en la educación secundaria en la ciudad de Córdoba (Argentina), concluye que los docentes consideran importante la enseñanza de la biotecnología para la formación científica y la participación ciudadana, emplean enfoques multidisciplinarios orientados a una participación ciudadana informada, buscando la conjunción entre ciencia, tecnología y sociedad, pero destacan la necesidad de formación para su abordaje; el estudio evidencia, además, la permanencia de métodos tradicionales junto con otras estrategias de discusión sin valor epistémico, subrayando la importancia de formación docente que incluya estrategias particulares y específicas. El mismo

autor, en una investigación previa, señaló que los transgénicos implican controversias complejas siendo necesario que la enseñanza provea de herramientas para su interpretación, y propone modificar las estrategias de enseñanza mediante situaciones controvertidas (Ocelli et al., 2014).

Los antecedentes referidos a la investigación en la enseñanza y comprensión de la genética enlazan con los autores, Acevedo Diaz et al. (2017) cuando destacan que la construcción del conocimiento científico se relaciona con controversias que no pueden separarse de factores no epistémicos dado que ésta es una actividad cultural orientada a responder a necesidades e intereses de la sociedad, y en consecuencia, es fundamental comprender valores propios y contextuales de la ciencia, derivados de su carácter humano. Desde esta perspectiva, distintas investigaciones, tanto nacionales como internacionales, evidencian resultados significativos: Parga-Lozano y Piñeros-Carranza (2018) abordan contenidos de química desde una perspectiva socio - científica en la educación media de Colombia, considerando un aprendizaje contextualizado, la argumentación y controversias científicas, concluyendo que este enfoque refleja cambios positivos en la disposición de los estudiantes en el aula y el trabajo de Zanarini (2017) en el nivel superior en la Universidad Nacional de Rosario (Argentina), propone el análisis de un texto para la enseñanza contextualizada de la física mediante la historia de la ciencia, sosteniendo que esta estrategia contribuye a modificar concepciones absolutas sobre la ciencia, lo que promueve la participación democrática.

Continuando esta línea, Aduriz Bravo (2010) enfatiza la necesidad de incorporar en la enseñanza de las ciencias una interpretación de carácter histórico, epistemológico y contextualista, e invita a los profesores de ciencia a interpretar los contenidos de ciencia desde la historia de la ciencia como ambientación para la

discusión. Este enfoque resulta central para el presente estudio, pues orienta la incorporación de una narrativa histórica y contextualizada a los contenidos científicos. En síntesis, los antecedentes revisados justifican la elección de abordar la enseñanza de contenidos de biotecnología desde una perspectiva histórica y contextualizada, en línea con las tendencias actuales en educación científica.

Con el fin de sustentar teóricamente el análisis, se examina el marco conceptual vinculado con la naturaleza de la ciencia (NdC), que según Acevedo Diaz y Carmona (2016) aborda las características epistemológicas del conocimiento científico, el modo en que se construyó, los razonamientos que los científicos pusieron en juego en su interpretación así como sus significados, métodos y consensos. Asimismo, los autores señalan sobre su incorporación en las clases, que se puede utilizar la historia de la ciencia (HDC) entendida como proveedora de contextos en la enseñanza de la ciencia, ya que se asocia con mostrar el desarrollo de las teorías científicas. Otro aporte a la inclusión de la historia de la ciencia refiere que evidenciar el origen histórico de las principales ideas y las controversias que implicó su avance, está ligado a la reconstrucción de una imagen de ciencia incuestionable e indiscutible; correlacionándose con una actitud analítica, valorativa y reflexiva sobre las ciencias y la práctica científica como actividad humana y colectiva (Izquierdo et al., 2016).

En consonancia con estas ideas sobre la NdC, Aduriz Bravo (2005) la vincula con la epistemología, enmarcada en la historia e incorporando la dimensión sociológica, proponiendo la formación de una concepción de ciencia que contemple sus logros y limitaciones, articulando los contenidos del campo disciplinar con una finalidad cultural que recoge el contexto social propio de cada época.

Con respecto a las narrativas, foco de este trabajo, Aduriz Bravo (2009), agrega que la utilización de HDC como ambientación constituye un modo de contextualización de la NdC mediante la elaboración de relatos que reconstruyen episodios históricos con finalidad didáctica, transmitidos mediante narrativas que posteriormente pueden ser analizadas como estudio de caso. Propugna un "análisis histórico - epistemológico" que implica la construcción de un texto argumentativo centrado en el conocimiento mismo, su construcción y el contexto en el cual surgió, de manera moderadamente realista y racionalista (Aduriz Bravo, 2010). En este sentido, las narrativas a utilizar se centran en hechos que permitan comprender cómo se ha construido el conocimiento científico.

Además, se sugiere, al diseñar estrategias y recursos para la enseñanza de la ciencia, la incorporación del contexto social en que se inserta el aprendizaje, de manera que la contextualización, considera la realidad del estudiante y la sociedad en la que vive fortaleciendo la capacidad de reconocer la relación de los contenidos con su cotidianeidad y su comunidad (Acosta y Barrios, 2023). A partir de ello, la utilización de narrativas en este trabajo se orienta a la inclusión de historias contextualizadas.

Lo desarrollado hasta aquí sobre el enfoque NdC, HdC, construcción de narrativas y contextualización, se refleja en el trabajo de Thomas, Fressoli y Aguiar (2006) que consolida las nociones expuestas y constituye base estructural para este análisis, funcionando como referente tanto para el trabajo con historias de la ciencia, como con una narrativa y con organismos transgénicos. Los autores analizan el proceso de desarrollo de un artefacto tecnológico, particularmente de un organismo transgénico en Argentina, y evidencian los significados sociales que se entretejen en dicho proceso. Desde una posición relativista, consideran el desarrollo tecnológico

como una amalgama de actores sociales y artefactos, reunidos bajo el concepto de “ensambles sociotécnicos”, donde los participantes formulan preguntas y soluciones que transforman el proyecto, producto de relaciones y tensiones entre tecnología y sociedad. En este enfoque los artefactos sociotécnicos pueden ser considerados contingentes, fenómeno que los autores denominan “flexibilidad interpretativa”, es decir, los distintos sentidos atribuidos al funcionamiento de una tecnología en desarrollo. En sus conclusiones, destacan la complejidad de definir el funcionamiento de un organismo transgénico, dado que intervienen distintos actores, disciplinas y elementos cognitivos, económicos, organizacionales y biológicos junto con concepciones sobre lo que es o no natural, que se resignifican en el proceso de construcción del organismo, donde la divulgación cumple un rol central en la difusión que participa en construcción y reconstrucción de discursos y prácticas acerca de la relación entre naturaleza y cultura. Por ello, sostienen que la introducción de un nuevo organismo a la sociedad no se limita a la incorporación de una técnica de modificación, sino que implica procesos de resignificación y traducción social vinculados a la naturalización de la tecnología, generando nuevos significados. De este modo, concluyen que el funcionamiento de un producto como un organismo transgénico constituye una evolución continua desde su concepción, que se reconfigura y adapta a medida que surgen nuevas condiciones y sentidos (Thomas, Fressoli y Aguiar, 2006).

En línea con las perspectivas de los mencionados referentes, el Diseño Curricular de Biología, Genética y Sociedad de la Educación Secundaria de la Provincia de Buenos Aires, plantea que “la producción y el consumo de organismos genéticamente modificados (OGM) han enfrentado a distintos sectores de la sociedad que difieren en su opinión sobre las ventajas y los riesgos de su uso”

(Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires, 2008, p.96) y agrega que “no puede restringirse a la evaluación de argumentos científico-técnicos, sino que debe incorporar la consideración del impacto económico, social, ambiental y en la salud humana, así como el marco jurídico, ético y político en que se inscribe el problema” (Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires, 2008, p.98). Esto se aborda alineandolo con la formación docente, el Diseño Curricular para la Educación Superior del Profesorado de Educación Secundaria en Biología (DC) prescribe un vínculo con la historicidad, con la construcción de saberes situados, con el reconocimiento de lo histórico-cultural, con habitar la cultura contraponiéndose al conocimiento deslocalizado, con un perfil de egresado que pueda contextualizar los sistemas biológicos, que promuevan la construcción de la ciencia en contexto social e histórico; la materia genética se ubica en cuarto año y enlaza con el análisis crítico de posturas reduccionistas, dictando la enseñanza de los métodos de ingeniería genética, aplicaciones de la biotecnología así como controversias, problemáticas, impacto, debates y regulación. (Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires, 2022).

Refiriendo a este enfoque curricular, Roa et al. (2019) analizan la didáctica en relación a la biotecnología y sostienen la necesidad de incorporar las implicaciones sociales, económicas, bioéticas según el contexto, así como al estatus epistemológico; destacan que se debe tener presente la naturaleza del contenido biotecnológico, incluyendo en la formación su historia, epistemología y filosofía, lo que fundamenta la investigación de la didáctica de la biotecnología.

Dados los antecedentes y el marco teórico planteados, se propone analizar el impacto en la formación inicial de profesores de Biología al participar de una clase

sobre historia de la ciencia con respecto el surgimiento de organismos transgénicos en Argentina, que se basa en una narrativa elaborada a partir de una aproximación histórica contextualizada a nuestro país que contempla aspectos no epistémicos que acompañaron su desarrollo. Estas historias, empleadas como narrativas en tanto recurso de enseñanza, se incorporan en el aprendizaje del contenido de biotecnología “organismos transgénicos”, correspondiente al espacio curricular Genética, dictado en el cuarto año de la formación de profesores en la enseñanza de Biología. Del mismo modo, se pretende analizar en qué medida la estrategia implementada incide tanto en la comprensión de los organismos transgénicos, como en el desarrollo de herramientas didácticas por parte de los docentes. A su vez, se busca generar información que pueda incorporarse en los procesos de formación inicial y continua, con el propósito de fortalecer la enseñanza de contenidos vinculados con la biotecnología.

En este marco, se plantea la siguiente pregunta orientadora del estudio: ¿Cómo impacta la utilización de una narrativa como recurso didáctico durante una clase sobre historia de la ciencia sobre el surgimiento de organismos transgénicos en Argentina en la formación de futuros docentes de Biología de un profesorado del conurbano bonaerense en la unidad curricular Genética? De aquí se desprenden más interrogantes: ¿Cómo impacta la participación en una clase basada en una narrativa de historia de la ciencia sobre el surgimiento de los organismos transgénicos en Argentina en las concepciones sobre dichos organismos por parte de los profesores en formación? ¿Cómo perciben los docentes en formación inicial la implementación de la narrativa sobre historia de la ciencia como recurso didáctico para su futura práctica docente? En función de la problemática planteada, la investigación se organiza a partir de los siguientes objetivos:

Objetivo general

Analizar cómo impacta la utilización de una narrativa como recurso didáctico durante una clase de historia de la ciencia sobre el surgimiento de organismos transgénicos en Argentina en la formación de los futuros docentes de la educación superior no universitaria.

Objetivos específicos

- Determinar efectos en la concepción sobre organismos transgénicos luego de la participación en una clase de historia de la ciencia basada en una narrativa sobre su surgimiento en nuestro país.
- Evaluar la adopción de la narrativa como recurso didáctico y de la historia de la ciencia desde una perspectiva contextualizada como estrategia didáctica propia por parte de los docentes en formación inicial.
- Proponer la incorporación de narrativas como recurso didáctico y de la historia de la ciencia para la enseñanza de organismos transgénicos en la formación docente en Biología.

Materiales y métodos.

El estudio se gestionará mediante un enfoque cualitativo en el cual de acuerdo a Hernández Sampieri et al. (2014) se recolectarán y analizarán los datos de forma paralela y el diseño de investigación será investigación acción, el cual plantea la división del proceso en ciclos. Consistirá en tres etapas que implicarán aproximadamente una clase, la primera destinada al desarrollo de una entrevista inicial (ver Anexo I), la segunda a la aplicación y desarrollo teórico de una clase (ver Anexo II) y la tercera a una encuesta final (ver Anexo III).

La primera etapa corresponde a la inmersión inicial, la entrevista corresponde a la recolección de los primeros datos, se espera tome no más de 15 o 20 minutos

por participante. La muestra estará conformada por los estudiantes de la materia a El tamaño de la muestra no es relevante desde el punto de vista probabilístico, siendo lo importante para este enfoque que los casos permitan una comprensión profunda del problema de investigación, así mismo, será homogéneo en cuanto a que las unidades de análisis corresponden a respuestas de estudiantes del mismo nivel educativo, año y carrera sin criterios de exclusiónlos cuales se tendrá acceso, se trata de un muestreo por conveniencia, ya que poseerán conocimientos necesarios adquiridos en el trayecto de su cursada. . En este tipo de estudio, el interés radica en obtener datos que conformarán la información con la finalidad de analizarlos y comprenderlos para responder a la pregunta de investigación, la recolección será a nivel individual ya que la unidad de análisis son las respuestas de los futuros docentes en Biología que participarán en la implementación de la clase, en lo que cada uno de ellos transmitirá antes y luego, y en su actividad rutinaria de aprendizaje, entonces, se analizarán los significados, el lenguaje, definiciones, creencias e interpretaciones de los estudiantes durante la implementación de este trabajo. El instrumento de recolección de datos será la investigadora, ya que Hernández Sampieri et al. (2014) lo define como lo que recogerá los datos, los obtiene mediante la realización de entrevistas que conforman la fuente de datos, para lo cual deberá participar en esta actividad. Se tendrán en cuenta los comentarios y actitudes de los participantes en su entorno habitual de aprendizaje. Los materiales necesarios para registrar y recabar los datos incluirán guías de preguntas digitales por medio de Google Forms que conforman las entrevistas, presentación de Power Point para el desarrollo de la clase y fotocopias con material didáctico.

Las entrevistas serán semiestructuradas con una guía de preguntas, se busca profundizar en experiencias, percepciones y significados con un enfoque ya determinado. De acuerdo a las características de las entrevistas cualitativas según Hernández Sampieri et al. (2014), se utilizarán preguntas de diferentes tipos: generales al inicio, de conocimiento para revisar conceptos de genética, de opinión para recabar qué valoración pueden asignar a la estrategia didáctica, de contexto para detectar si el tema era conocido por ellos, preguntas para ejemplificar así se podrá observar su aplicación, de contraste con la finalidad de comparar antes y después de la implementación y preguntas de simulación en las que imaginen cómo podrían posteriormente llevar lo trabajado a sus prácticas.

Se comenzarán a esbozar conceptos clave, iniciando una comprensión de la problemática, la primera entrevista permitirá conocer las concepciones de los estudiantes acerca de la historia de la ciencia y organismos transgénicos, desde la cual se conformarán las categorías, patrones, significados y relaciones, teniendo en cuenta que en la investigación cualitativa las variables están conformadas por estas categorías que emergen de los datos y caracterizan al fenómeno a estudiar. Las hipótesis, si surgieran, se determinarán en este momento a partir de los primeros datos. Entonces, el inicio consistirá en identificar segmentos significativos de los datos y elaborar categorías representadas por las experiencias relatadas u observadas, en lo posible códigos “en vivo”, frases exactas, del lenguaje de los participantes. Se utilizarán frases o palabras que por su repitencia se tornan, relevantes, se buscarán similitudes y diferencias en los pasajes del lenguaje verbal.

Al ser el enfoque cualitativo iterativo, se regresará posteriormente sobre estos datos, se trata de un proceso de análisis de datos no lineal, lo que permite

plantear un desarrollo flexible y presentar las etapas en este orden es meramente organizativo.

En la segunda etapa se llevará adelante una clase (Anexo 2) sobre historia de la ciencia (HDC) aplicada al desarrollo de un organismo transgénico, y se basa en una narrativa seleccionada por su contexto en nuestro país, ya que, teniendo un panorama a partir de la inmersión inicial, sobre el conocimiento y percepción de ambos puntos, se buscará conocer su impacto. Esto se propondrá como identificación de los efectos que produce la utilización y conocimiento de HdC mediante narrativas y sobre transgénicos. Al desarrollar el plan, también surgirán datos productos de las actividades realizadas que serán analizados e incluidos en las categorías, esto también permitirá comenzar a evaluar la propuesta. La idea básica de este diseño implica favorecer un cambio que se debe incorporar durante el propio proceso de investigación, sondeando e interceder a la vez, con la propuesta se buscará generar información para el diseño de proyectos basados en esta estrategia (Hernadez Sampieri et al., 2014).

Finalmente, la última etapa consistirá en la evaluación más profunda del plan con respecto a la problemática y, si han sido planteadas, de las hipótesis, se buscará arrojar respuestas basadas en la resolución de las actividades y nuevas entrevistas posteriores a la vivencia, proceso denominado realimentación. Consistirá en recolectar más datos para evaluar nuevamente el plan implementado y su efecto en la respuesta a la pregunta problema, emitiendo un informe final, se trata de un nivel más abstracto de evaluación. Se identificarán patrones otorgando significados profundos a las categorías recuperando y transcribiendo los segmentos y colocándolos en las categorías. Así, se generará teoría sobre los efectos de la historia de la ciencia al enseñar sobre organismos transgénicos, es menester

destacar que el diseño de una investigación de enfoque cualitativo es único, si bien se pueden englobar los procedimientos presentados en este apartado dentro del diseño investigación acción, se adaptó a las circunstancias y objetivos, respetando las tareas de inmersión en el campo, recolección y análisis de datos y construcción de teoría.

Al ahondar en los significados, el lenguaje, definiciones, creencias e interpretaciones de los estudiantes el enfoque implica cierta subjetividad de la investigadora en el análisis y proceso del estudio, esto recae sobre el alcance del estudio. Además, los resultados no son generalizables y no pueden trasladarse a otros contextos ya que presenta limitaciones en relación a la cantidad de participantes y se encuentra circunscripto a las condiciones en las que se desarrolla. Sin embargo, la relevancia radica en otorgar una perspectiva profunda del campo analizado y el impacto transformador, que puede probarse en otros ámbitos o situaciones, por ejemplo otros contenidos curriculares, si el lector lo considera viable, aportando a la reflexión y a la práctica docente, lo que representa un insumo a la comunidad educativa.

Resultados

Se considera cada consigna como una unidad de análisis. Los códigos son tomados como palabras o frases textuales utilizadas por los participantes y se los contrasta de acuerdo al significado, si se consideran semánticamente equivalentes se los coloca bajo un mismo código, si representan un mismo concepto se les asigna una categoría analítica común desarrollada en coherencia con los objetivos de la investigación, esta presentación de los resultados corresponde a la codificación cualitativa descrita por Hernadez Sampieri et al. (2014).

De la entrevista previa: Primer etapa (Ver Anexo IV)

En referencia a la pregunta N°1 sobre la concepción de transgénicos se presentan las respuestas utilizando códigos “en vivo” y su frecuencia de aparición evidenciando dos tendencias: una hacia una concepción de transgénico referente a modificación/alteración genética/del ADN y otra orientada hacia su utilidad/función.

Tabla 1

Codificación y categorización sobre la concepción de transgénicos.

Código	Frecuencia	Categoría	Cantidad de participantes
“Organismos con ADN alterado”/ “Organismos genéticamente modificados”	5	Concepción de transgénico centrada en modificación/alteración genética/ del ADN	6
“Modificación genética”	1		
“Permitirán abastecer la demanda mundial de alimentos”	1	Concepción de transgénico basada en utilidad/función	3
“Útil para la producción agropecuaria”	1		
“Para el aprovechamiento de los humanos”	1		

Nota: Frases textuales de los participantes y su frecuencia de mención. Categorías formuladas agrupando los códigos por similitud a partir de segmentos del contenido de la respuesta y la cantidad de menciones.

De la tabla 1 se desprende que la mayor parte de las elaboraciones utilizan componentes técnicos-teóricos de la biología o utilitaristas, predominando definiciones técnicas/teóricas, de un total de 8 respuestas, solo una combinó ambos elementos pero existe total ausencia de sus aspectos controversiales y epistemológicos, lo que permite inferir una simplificación reducida a su dimensión técnica.

Con respecto a la segunda unidad de análisis, pregunta N°2, se organizan los elementos de las respuestas en dos categorías, por un lado las relacionadas a la necesidad de incorporar conceptos biológicos y por otro las relacionadas a la necesidad de incorporar impacto y consecuencia de los organismos transgénicos tanto negativa como positiva e involucrando al ser humano, al medio ambiente en general o sin especificación en este aspecto.

Tabla 2.

Categorización de las nociones necesarias para enseñar sobre transgénicos

Categoría	Código	Cantidad de menciones
En la enseñanza de organismos transgénicos no deberían faltar conceptos biológicos	"ADN"	7
	"Selección natural"	
	"Ingeniería genética"	
	"Genética"	
	"Cómo se produce un organismo modificado genéticamente"	
	"Técnicas científicas"	
En la enseñanza de organismos transgénicos no debería faltar sus impactos y consecuencias	"Efectos sobre la salud humana"	7
	"Sus ventajas y qué consecuencias pueden traer para el medio ambiente y población"	
	"Peligro de la introducción de transgénicos en la naturaleza"	
	"Impacto que generan las prácticas relacionadas con el uso de agroquímicos"	
	"Ventajas y desventajas en alimentos y farmacopea"	
	"Los pros y las contras"	
	"Necesidades de la sociedad con respecto a la alimentación"	

Nota: Codificación y categorización según la necesidad de incluir conceptos científicos o impacto y consecuencias contabilizando cantidad de menciones.

De aquí se interpreta una equivalencia en la cantidad de menciones a la incorporación de conceptos biológicos (teóricos y técnicos) y la consideración de aspectos valorativos del tema. Sin embargo, estas últimas no se acompañan de referencias explícitas a marcos epistémicos, sociológicos o históricos, lo que sugiere que no las consideran o no de manera central.

De la consigna N°3, tercera unidad de análisis, se contabilizan las repeticiones de los ejemplos que mencionan los estudiantes, se concentran y reiteran principalmente los cultivos locales asociados al desarrollo de organismos modificados genéticamente en Argentina mencionando “Maíz”, “Soja”, “Soja y glifosato”, “Trigo, consecuencias positivas y negativas”. Se observan referencias más generales, “verduras de hoy en día” que es menos precisa conceptualmente pero refiere a tomar en cuenta lo contemporáneo y actual; y “alimentos” que es aún más ambigua ya que podrían utilizarse ejemplos contextuales o no. Como menciones de ejemplos de desarrollos globales, no autóctonos, se refiere a “Desarrollo de fármacos”/ “producción de medicamentos” “Vacunas de ARNm” “Producción de enzimas”, aunque en menor cantidad de repitencias. Estos datos evidencian dos cuestiones, por un lado existe una tendencia a la selección de ejemplos locales, lo que se relaciona con una aproximación a un enfoque contextual. Por otro lado, son menciones a ejemplos sin descripciones ni explicitación de procesos históricos, aspectos controversiales, problematizadores o sociales de su desarrollo, lo que no permite observar su relación con la naturaleza de la ciencia.

Sobre las menciones a recursos o estrategias a utilizar, se las puede categorizar según el proceso de aprendizaje que promueven. Algunos mencionan estrategias prácticas y teóricas o indagatorias, cuyo enfoque refiere a la actividad a realizar. Otros mencionan propuestas centradas en promover pensamiento crítico, más alineadas con los objetivos de aprendizaje. Otras propuestas tienen en cuenta la contextualización y lo sociohistórico, que refieren a un enfoque de enseñanza. Así, se presentan resultados de la unidad de análisis correspondiente a la 4° pregunta, de la cantidad de códigos se desprende que cada estudiante menciona más de una estrategia metodológica.

Tabla 4.

Codificación y categorización de recursos o estrategias a utilizar.

Código	Categoría	Recurrencia por categoría
“Laboratorio”	Propuestas prácticas	2
“Investigación de campo”		
“Comparación de organismos no modificados con los que sí”	Propuestas basadas en comprensión teórica e indagativas	3
“Investigación sobre el tema”		
“Lluvia de ideas”		
“Proyección de video que permita generar conciencia crítica”	Propuestas centradas en promover el pensamiento crítico	2
“Espacios de debate”		
“Estudios de casos actuales y de nuevos desarrollos”	Propuestas que incluyen contextualización	4
“Ejemplos de la vida cotidiana”		
“Situar con la contextualización actual y situación del país”		
“Involucrar posición sociohistórica”	Propuestas relacionadas a la perspectiva histórica	1

Nota: Se agrupan los códigos en categorías según la modalidad predominante de intervención en el aula y se contabiliza la cantidad de veces que se repite ese modo de intervención.

De la tabla 4 se desprende diversidad de estrategias de enseñanza pero también de enfoques, algunos estudiantes integran en el mismo nivel intervención didáctica concreta y marcos de enseñanza. Las primeras menciones se relacionan con marcos de enseñanza más tradicionales y responden a estrategias metodológicas específicas; las restantes que se corresponden con ideas de enseñanza basada en objetivos críticos y contextuales o enfoque histórico, no se traducen en términos de intervenciones específicas, lo que no evidencia articulación entre estos enfoques y su implementación en el aula. En contraste con las respuestas anteriores, en esta instancia se incorpora una expresión de índole epistémica previamente no considerada.

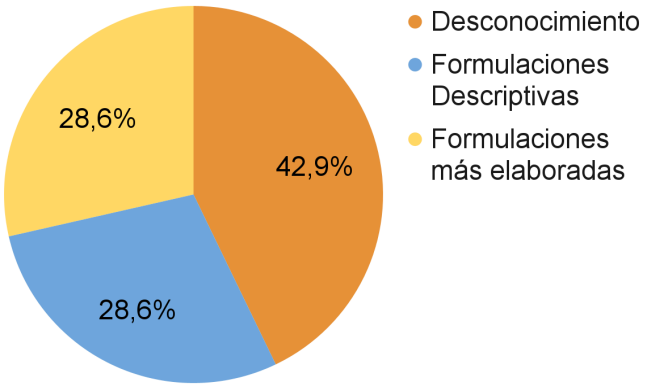
La anteúltima unidad de análisis se refiere a la importancia del enfoque. Siendo que dos estudiantes no responden esta consigna, los que sí lo hacen la valoran positivamente. Cuatro respuestas incluyen una justificación, algunas más elaboradas y otras más vagas, son destacables las menciones a “generar conciencia” “necesidades actuales” “impacto en la sociedad” y “como los ejemplos en la actualidad”.

Por último, al cuestionar sobre el grado de conocimiento del enfoque epistémico presentado se pueden relevar tres categorías: desconocimiento aludiendo “No sé” “Nada” o no respondiendo; conocimiento superficial, básico que describe una dimensión temporal en las expresiones “construcción del conocimiento a lo largo de los años” “Analiza la evolución a través del tiempo” y no se amplía, y un

conocimiento más profundo o con mayor nivel de elaboración de respuesta que incluye su importancia “necesario para la comprensión de la ciencia” y su complejidad “está siempre en constante crecimiento”.

Gráfico 1

Conocimiento sobre el enfoque “Historia de la Ciencia”



Nota: Se muestra la respuesta de 7 estudiantes ante el nivel de conocimiento.

De estas últimas dos respuestas se concluye que existe conocimiento limitado sobre el enfoque, que en algunos casos no permite su valoración ni su conceptualización, manifestándose con más claridad en la consigna específica sobre su conocimiento. No obstante, aun sin una comprensión profunda se evidencia valoración positiva del enfoque. Estos datos son clave en articulación con las otras respuestas: cobra sentido la ambigüedad de expresiones que consideran enfoques epistémicos pero presentan conceptualizaciones, ejemplificaciones y estrategias con escasa presencia de los mencionados enfoques por ellos mismos. De esta forma, emerge un hallazgo que evidencia tensión entre la valoración de enfoques epistémicos y su traducción en la práctica docente. Permite la elaboración de un supuesto a modo de hipótesis de investigación, en línea con una metodología de corte cualitativo: la implementación de una propuesta de enseñanza que permita la reflexión del enfoque epistémico sobre prácticas concretas, favorece la

comprensión de su aplicabilidad en la enseñanza de conceptos complejos y controversiales como los organismos transgénicos, en docentes en formación.

De la clase sobre “historia de la ciencia”: Segunda etapa (Ver Anexo II)

Los estudiantes se muestran predispuestos con la propuesta. Luego de la lectura de la narrativa, se realiza un breve intercambio en el que emergen opiniones positivas respecto a la herramienta didáctica. En la actividad, inicial, en línea con las respuestas de la entrevista previa, surgen palabras clave como “Avance - Ensayo/error” que remiten a una idea de ciencia más simplificada, acumulativa y empirista; “Finalidad - Necesidad” asociadas a un visión utilitarista de la ciencia; y “Momento histórico”, que introduce una mirada contextual. En contraste, en la actividad de cierre, los estudiantes plantean que “la epistemología y la historicidad son fundamentales para un análisis crítico del tema”, que “Se complementa efectivamente con la visión actual de la ciencia”, que “es necesaria para la sociedad actual” y que “La narrativa presenta un buen desarrollo histórico y epistemológico”.

Se observa una intensificación en la valoración del enfoque, que no solo se profundiza respecto de instancias anteriores, si no que además se expresa mediante un cambio de formulaciones generales a una justificación discursiva más fundamentada en conceptos propios del campo.

De la entrevista posterior: Tercer etapa (Ver Anexo V)

A partir de la consigna N°1 de este momento de la investigación, resultan relevantes expresiones de los estudiantes sobre los cambios que considerarían incorporar en su enseñanza luego de la clase debido a que se hace evidente su efecto. Se pueden clasificar en tres grupos que emergen de las expresiones utilizadas en las respuestas

Tabla 5

Cambios propuestos en la enseñanza de organismos transgénicos

Categorías	Códigos
Incorporar la perspectiva histórica sin referencias a la perspectiva epistémica	“Incluir contexto histórico”
	“perspectiva útil para el debate”
Incorporar la perspectiva histórica con la perspectiva epistémica	“la ciencia se va apoyando en el ensayo y error.”
	“deja de ser una descripción técnica ("qué son")” “exploración de ‘cómo llegamos aquí y para qué’". “De la ‘Verdad Absoluta’ a la ‘Ciencia en Construcción’” “Evitaría presentar como una tecnología ‘perfecta’ o ‘terminada’”
Incorporan otras dimensiones no vinculadas a perspectivas históricas y epistémicas	“Como los transgénicos pueden alterar los ecosistemas” “la necesidad de evaluar la contaminación”

Nota: Clasificación de las expresiones de los participantes en categorías de acuerdo a los enfoques de enseñanza que se desprenden de las mismas.

Comparándola con la Tabla 2 que analiza nociones necesarias para enseñar transgénicos en la cual no se evidencian menciones a perspectivas históricas o epistémicas de manera explícita, en esta oportunidad comienzan a incorporarse, por lo que existe un desplazamiento hacia la inclusión de otra concepción de ciencia.

A su vez, también se evidencia un cambio al comparar la Tabla 4, que incluía variedad de estrategias clasificadas en distintos enfoques, con la Tabla 5, se observa que en esta instancia muchas expresiones se concentran en enfoques de carácter histórico y epistemológicos.

Al analizar la respuesta a la segunda consigna se desprende que los participantes manifiestan incorporación de nociones no contempladas de diversas maneras. Por un lado las relacionadas a los ejemplos considerados anteriormente se sostiene “Que no solamente se tiene que hablar de la soja.”, lo cual implica

ampliación de ejemplos. Por otro lado, vinculadas a dimensiones sociales al sostener “Ciertos conflictos de interés en el contexto de los transgénicos”. Por último, expresiones que conectan con enfoque epistémico, social e histórico “visión del transgénico como producto histórico y social.” Otros no explicitan con el mismo nivel de detalle, aún así se evidencia aparición de nuevas dimensiones.

En relación a las unidades de análisis correspondientes a las preguntas 3, 4 y 5, se presentan los datos obtenidos en la tabla a continuación donde cada fila corresponde a una unidad, es decir, a cada pregunta. Se diferencian las dimensiones didácticas y aspectos del enfoque que se solicitan analizar en las consignas. Las expresiones reflejan una valoración positiva general del enfoque. Se presentan esas expresiones como códigos en vivo y, a partir de ellas, se construyen categorías interpretativas en función de los sentidos que emergen de las respuestas. Asimismo, se observa que estas formulaciones presentan mayor desarrollo y explicitación en contraste con el nivel de claridad previo a la implementación de la propuesta.

Tabla 6

Valoración del enfoque según dimensiones didácticas y categorización

Dimensión didáctica cuestionada	**Aspecto valorado**	**Categoría**	**Códigos**
Proceso de aprendizaje	Contextual-histórico	Favorece el aprendizaje significativo	“ubica en algo tangible y cercano”
			“enriquece y facilita el aprendizaje”
			“los transgénicos no son sólo ciencia”
			“es la clave para que el aprendizaje pase de ser una memorización de datos a una experiencia significativa y transformadora.”
		Valoración positiva general	“es positivo”

Comprensión del contenido	Contextual-histórico	Favorece la comprensión contextual del contenido	“revela la necesidad de estos avances para la comunidad.”
			“las necesidades de cada región, intereses corporativos.”
			“Acerca estos temas que pueden parecer lejanos”
			“es el recurso definitivo para que el alumno entienda que los transgénicos no son solo ciencia, sino soberanía y economía”
		Valoración positiva general	“Ayuda muchisimo”
Enseñanza	Histórico	Favorece la enseñanza	“es un gran aporte”
			“Son todas herramientas”
			“muy interesante.”
			“permite transmitir una enseñanza”
			“una de las estrategias más potentes y necesarias por una razón principal: saca al transgénico del "vacío científico" y lo mete en el mundo real.”

Nota: La tabla muestra elementos contenidos en las consignas categorización interpretativa basada en lo que los códigos reflejan favorecer.

La última respuesta presenta riqueza en cuanto a los elementos concretos que los participantes mencionan como efectivos al finalizar el análisis. A partir de estas expresiones se construyen categorías que permiten reconocer qué aspectos del enfoque propuesto se traducen como efectivos en la enseñanza.

Tabla 7

Elementos y dimensiones efectivos del enfoque

Códigos	Categorías emergentes
“Saber el contexto de como se genera el conocimiento cientifico”	Es efectiva la contextualización del conocimiento

“utilizar la estrategia de "contar la historia"	Es efectivo el uso de la narrativa histórica
“dejar de memorizar conceptos para empezar a cuestionar”	Es efectiva en la promoción de pensamiento crítico
“mostrar la ciencia como una herramienta humana llena de tensiones, aciertos y desafíos”	Es efectiva en la visión de la ciencia como actividad humana

Nota: Clasificación de las expresiones consideradas efectivas en categorías basadas en el enfoque abordado.

Estas categorías articulan con el enfoque epistemológico tratado en tanto reflejan una concepción de la ciencia como construcción social, crítica, histórica, contextualizada y alejada de la neutralidad. Retomando el supuesto formulado a modo de hipótesis durante el análisis de los resultados, se muestran expresiones más elaboradas referidas a la historia de la ciencia y sus aplicaciones prácticas luego de aprender un contenido de esta forma comparados con las tensiones previas entre valoración y aplicación.

Discusión

Luego de un análisis detallado y reflexivo, el presente trabajo permite responder las preguntas de investigación planteadas, en primer lugar, en cuanto al impacto de la clase sobre HDC y la narrativa, se concluye que provee una idea de ciencia más realista y controversial. Esto se evidencia en las expresiones sobre los cambios que contemplarían en su enseñanza (Tabla 5); en las nociones que no habían considerado que incluyen componentes que exceden lo meramente biológico y en las expresiones valorativas sobre el enfoque desde diferentes dimensiones didácticas (Tabla 6); pero sobre todo, se destaca en las expresiones que utilizan al valorar elementos del enfoque (Tabla 7) que encierran la enseñanza de una imagen

de ciencia drásticamente diferente con respecto a los elementos contenidos en las concepciones que proponían en un inicio (Tabla 1), las nociones que consideraban necesarias (Tabla 2) y las estrategias que propusieron (Tabla 4). Este hallazgo está en línea con la sugerencia que postulan Pujalte, Adúriz-Bravo y Porro (2015) sobre el cambio de una imagen de ciencia deficitaria en el profesorado que resulta obstaculizante para la educación científica de calidad, sosteniendo que es clave la inclusión de contenidos metacientíficos con reflexión sobre la necesidad de incorporar la NdC; ya que los resultados muestran cambios en la imagen de la ciencia al introducir dicha reflexión. Esto sugiere que los siguientes beneficios de la incorporación de la narrativa representan ampliar los conocimientos conceptuales y cambiar la interpretación sobre la ciencia, lo que brinda posibilidad de otras formas de abordar contenidos controversiales.

Por otra parte, al ser una investigación de corte cualitativo y diseño iterativo, durante el análisis de resultados de la entrevista, se formula un supuesto a modo de hipótesis al interpretar tensiones entre lo que los estudiantes expresan en cuanto al valor que creen que posee el enfoque y la posibilidad de aplicarlo, que luego se confirma en los resultados posteriores, ya que refleja que aprender con una clase de HDC y una narrativa reduce esa tensión y, en la segunda respuesta, los educandos manifiestan elementos que antes decían desconocer o no explicitaban. De esta manera, se cumple el objetivo general, concluyendo que la herramienta didáctica ofrece una imagen deseable de la ciencia en las aulas y se evidencia la necesidad de generar instancias en las que los enfoques epistemológicos no sólo sean enunciados sino vivenciados, la experiencia concreta resulta mediadora entre declaraciones y aplicaciones, reforzando el valor de las prácticas.

Con respecto al segundo cuestionamiento que orientó esta investigación se puede observar que la narrativa de historia de la ciencia sobre organismos transgénicos impactó sobre las ideas simplificadas que los docentes en formación manifestaron (Tabla 1) expandiéndolas con ideas contextuales, históricas y controversiales en las expresiones que utilizaron en la respuesta a la consigna 6 (Tabla 6) y la respuesta 2 de la entrevista posterior (Anexo V). Así, se cumple el primer objetivo específico propuesto, determinando una conceptualización de transgénico mucho más compleja que las iniciales, lo que se alinea con los autores Ocelli et al. (2018) presentes en la introducción según los cuales “en la selección de los contenidos, los docentes no reducen la biotecnología ni desdibujan su naturaleza tecnocientífica. Sin embargo, resulta importante destacar que una mayoría reconoce que necesitarían capacitación para poder abordar estas temáticas en el aula” (p. 40). De esta forma, el aprendizaje mediante la estrategia didáctica propuesta funcionó como puente para que articulen la complejización de los conceptos sobre transgénicos sumando a ello enfoques epistémicos desde su formación inicial, y superar esa falta de capacitación que los autores plantean encontrar en docentes recibidos. A su vez, es importante vincularlo con los dichos de Legarralde (2020), recopilados anteriormente, sobre la importancia de que se incluya la epistemología de la ciencia para evitar ciclos de construcciones inadecuadas sobre la genética, en correspondencia con los resultados obtenidos en la entrevista previa, que de no incluir el aspecto epistemológico que la autora explica, se hubieran trasladado representaciones simplificadas. Se estima que el impacto de este tipo de intervenciones tenga efecto a largo plazo en la práctica docente al modificar sus marcos de interpretación.

Sobre el segundo objetivo específico y la adopción de la narrativa como recurso didáctico, cuatro de las respuestas sobre los cambios que considerarían al enseñar transgénicos (Tabla 5) expresan elementos de esta perspectiva, también en sus consideraciones sobre dimensiones efectivas (Tabla 7). En las respuestas se manifiestan aspectos que se alinean con las menciones de Adúriz-Bravo y Revel Chion (2016) con respecto a las narrativas como medio para la construcción de una imagen de ciencia como actividad humana desarrollada dentro de un contexto social y suman la ventaja de brindar metodologías concretas para la labor docente. Estas metodologías son relevantes desde la perspectiva citada en la introducción sobre la relación entre origen histórico, controversias y la reconstrucción de una imagen incuestionable e indiscutible, relacionándose con una analítica, valorativa y reflexiva sobre las ciencias (Izquierdo et al., 2016) lo que coincide con los resultados presentados anteriormente, se entiende que la HDC contribuyó a esta visión de ciencia. Puede resumirse que la HDC es más que un recurso didáctico, se puede considerar herramienta epistemológica en tanto permite problematizar la ciencia.

Por último, la utilización de una narrativa histórica sobre el primer organismo transgénico en Argentina, resultó en valoraciones positivas de la herramienta por parte de los docentes en formación inicial, así como en expresiones vinculadas a una imagen de ciencia más realista y en conceptualizaciones más complejas. Por esto, se sugiere la incorporación de la propuesta de enseñanza y del ejercicio reflexivo sobre la narrativa presentada como recurso didáctico. Por ende, la narrativa, es más que meramente motivadora.

El relato, como proveedor de contextos, facilitó la discusión sobre aspectos controversiales e históricos incluidos en la noción de transgénico desde su origen, los cuales los futuros profesores manifestaron desconocer. Sin embargo

evidenciaron saberes teóricos y técnicos sobre transgénicos y sobre el enfoque epistémico NdC, aunque de manera desarticulada, la narrativa sobre HDC funcionó como puente entre estos puntos. Es importante remarcar la contribución a la integración de saberes fragmentados entre conocimiento biológico y su enseñanza.

Es necesario destacar que las limitaciones del estudio se vinculan con el tamaño y la participación de la muestra. Se puede observar que inicialmente participaron 8 estudiantes pero sólo se obtienen 4 respuestas en la última pregunta, lo que restringe el análisis comparativo y pierde riqueza. Asimismo, algunas producciones de los participantes se caracterizaron por su breve y escueto desarrollo, lo que limitó el análisis interpretativo. Para mostrar opiniones y descripciones de los participantes, el estudio se apoya en aquellas (pocas) respuestas que presentaron mayor nivel de elaboración, lo que incide en la representatividad de los hallazgos.

Conclusión

Los resultados evidencian la valoración de la narrativa sobre HDC contribuyendo tanto a la construcción controversial, histórica y social de la noción de organismo transgénico como del enfoque epistémico NdC y de la herramienta didáctica para incorporarlo, logrando una doble función: sobre los conocimientos biológicos y sobre los didácticos. En este sentido, respondiendo a la pregunta orientadora de este trabajo, se concluye que la narrativa en el marco de una clase sobre HDC impacta tanto en la complejización conceptual sobre los organismos transgénicos como en la valoración de la herramienta didáctica para su práctica de enseñanza.

Una imagen de transgénico únicamente anclada en sus aspectos teóricos y técnicos, ejemplificaciones descontextualizadas, estrategias de enseñanza basadas

en la práctica, en la comprensión de la información teórica o que no articulen elementos históricos y sociales claves en su constitución y escaso conocimiento sobre los enfoques epistemológicos como la HDC, obstaculizan la educación científica de calidad ya que no evidencian articularse con ideas de ciencia realista que por ende, tampoco llegarán a las aulas de educación secundaria generando ciclos de representaciones inadecuadas sobre la ciencia. Esta autora sostiene que la estrategia didáctica presentada basada en la HDC, permite la reflexión sobre la NdC y aporta a la superación de esos obstáculos, la integración de estrategias para la formación crítica del profesorado es crucial, se defiende fuertemente la necesidad de enriquecer las estrategias didácticas con las que los educandos aprenden, para favorecer la formación de conceptos científicos que superen lo meramente biológico y la adquisición efectiva de herramientas de enseñanza variadas.

La HDC es valorada positivamente, denominada como una estrategia potente en tanto favorece el proceso de aprendizaje, la comprensión de conceptos y la enseñanza, aportando a la contextualización y criticidad, siendo efectiva como proveedora de contextos, humanización de la ciencia y formación de pensamiento crítico, pero sólo luego de presentarla en articulación con ejemplos de su aplicabilidad. Transmitir los enfoques didácticos en algunas materias disociados de los conceptos biológicos, que se llevan de forma transmisiva en otros espacios curriculares, favorece la fragmentación del conocimiento. En contraposición, vivenciar el aprendizaje con este enfoque permite apreciar su potencial didáctico y una apropiación más significativa por parte de los futuros docentes.

Para continuar la línea de esta investigación, queda planteado el interrogante sobre el diseño efectivo de estrategias didácticas que incorporen HDC por parte de los futuros docentes que construyen conceptos biológicos y didácticos con esta

metodología, es decir, más allá de las expresiones sobre su consideración para la enseñanza, evaluar el diseño de planificaciones que las incluyan. También, cabría sondear la presencia de narrativas de HDC en las aulas de los docentes que en su formación inicial aprendieron de esta manera y contrastarlas con las valoraciones que expresan sobre la herramienta. Por último, sería interesante la comparación de planificaciones que incorporen HDC formuladas por docentes o futuros profesores que no han vivenciado aprendizajes biológicos de esta forma en contraste con los que sí lo han hecho.

Referencias

Acevedo-Díaz, J. A. y García-Carmona, A. (2016). Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado: Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 13*(1), 3-19. http://hdl.handle.net/10498/18010

Acevedo-Díaz, J. A. y García-Carmona, A. (2016). Rosalind Franklin y la estructura molecular del ADN: un caso de historia de la ciencia para aprender sobre su naturaleza. *Revista Científica, 25,* 162–175. https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.RC.2016.25.a2

Acevedo-Díaz, J. A., García-Carmona, A. y Aragón, M. M. (2017). Historia de la ciencia para enseñar naturaleza de la ciencia: una estrategia para la formación inicial del profesorado de ciencia. *Educación Química 28*, 140 -146

Acevedo-Díaz, J. A., García-Carmona, A., y Aragón-Méndez, M. d. M. (2017). *Enseñar y aprender sobre naturaleza de la ciencia mediante el análisis de controversias de historia de la ciencia: Resultados y conclusiones de un proyecto de investigación didáctica* . Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

Acosta, S. y Barrios, M. (2023). La enseñanza contextualizada para el aprendizaje de las ciencias. *Revista de la universidad del Zulia*, *14*(40), 103-126. https://doi.org/10.46925//rdluz.40.06

Adúriz-Bravo, A. (2005) ¿Qué naturaleza de la ciencia hemos de saber los profesores de ciencias? Una cuestión actual de la investigación didáctica. *Tecné, Episteme y Didaxis,* 23-33.

Aduriz-Bravo, A. (2009). La naturaleza de la ciencia “ambientada” en la historia de la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias,* Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, 1177-1180 http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-117

Aduriz-Bravo, A. (2010). Aproximaciones histórico-epistemológicas para la enseñanza de conceptos disciplinarios. *Revista EDUCyT, 1.* Asociación Colombiana para la Investigación en Educación en Ciencias y Tecnología.

Adúriz-Bravo, A. y Revel Chion, A. (2016). El pensamiento narrativo en la enseñanza de las ciencias. *Inter-Ação, 41*(3), 691-704. http://dx.doi.org/10.5216/ia.v41i3.41940

Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires. (2008). Diseño curricular de biología, genética y sociedad. 6° año. Educación secundaria.

Diseño General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires. (2022). Diseño curricular para el profesorado de educación secundaria en Biología.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, M. del P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGraw-Hill Interamericana Editores S.A. de C.V.

Iñiguez Porras, F. J. (2005). *La enseñanza de la genética: Una propuesta didáctica para la educación secundaria obligatoria desde una perspectiva constructivista.* . [Tesis doctoral, Universitat de Barcelona]. https://hdl.handle.net/2445/41444

Izquierdo Aymerich, M., Garcia Martinez, A., Quintanilla Gatica, M. y Adúriz Bravo, A. (2016). *Historia, filosofía y didáctica de las ciencias: Aportes para la formación del profesorado de ciencias* . Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Legarralde, T. I. (2020). *Conceptos centrales del campo de la Genética. Los saberes de los futuros profesores en Ciencias Biológicas y su abordaje en los textos destinados a la Enseñanza Superior.* [Tesis para optar por el grado de Doctora en Ciencias de la Educación, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación Universidad Nacional de La Plata]. https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/104052

Méndez Méndez, E. y Arteaga Quevedo, Y. (2016). Una mirada a las estrategias didácticas para la enseñanza de la genética. *Omnia*, *22*(1), 61-73.

Méndez, E. (2013). Transposición didáctica en la enseñanza de contenidos de genética [Tesis de maestría, Universidad del Zulia]. https://www.researchgate.net/publication/359756130_TRANSPOSICION_DIDACTICA_EN_LA_ENSENANZA_DE_CONTENIDOS_DE_GENETICA

Ocelli, M., García, L., Gardenal, C. y Valeiras, N. (2014). Los organismos transgénicos y su lugar en el aula de secundaria: un estudio en la ciudad de Córdoba (Argentina). *Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Universidad de Huelva.

Parga Lozano, D.L. y Piñeros Carranza, G. Y. (2018). Enseñanza de la química desde contenidos contextualizados. *Educación química, 29*(1), 55-64. https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.1.63683.

Pujalte, A., Adúriz-Bravo, A, y Porro, S. (2015). Las imágenes de ciencia en profesoras y profesores de Biología: Entre lo que se dice y lo que se hace. *Boletín Biológica,* (33).

Roa, R., González-Galli, L. y Valbuena, E. (2019). Implicaciones didácticas del concepto biotecnología. *Educación y Educadores 22*(3), 397-421.: https://doi.org/10.5294/edu.2019.22.3.4

Thomas, H., Fressoli, M. y Aguiar, D. (2006). Procesos de construcción de "funhormocionamiento" de organismos animales genéticamente modificados: el caso de la vaca transgénica clonada (Argentina 1996–2006). *Convergencia, Revista de Ciencias Sociales,* (42), 153 - 180.

Zanarini, D. (2017) La obra Vida de Galileo de Bertolt Brecht como recurso didáctico para una enseñanza contextualizada de la física. *Revista de Enseñanza de la Física, 29* (Extra), 491-498. https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/18508

Anexo

Anexo I: **Entrevista previa**

1. ¿Qué concepción tenés sobre los organismos transgénicos?
2. ¿Qué aspectos o nociones crees que no deberían faltar al enseñar este concepto?
3. ¿Qué ejemplos usarías en tus clases?
4. ¿Qué recursos o estrategias te resultan o crees más útiles para que los estudiantes comprendan el tema?
5. ¿Qué importancia le asignarías a conocer la trayectoria del desarrollo de los organismos transgénicos al enseñar este tema?
6. ¿Qué sabés sobre el enfoque epistémico “historia de la ciencia”?

Anexo II: **Clase sobre historia de la ciencia aplicada a organismos transgénicos.**

Introducción de la clase: A partir de la siguiente frase textual se plantea una discusión sobre los avances de la ciencia, los errores, el contexto y las decisiones humanas. Se anotan palabras clave que servirán como guía durante la clase.

> “El primer intento de clonación se realizó en vacas y resultó en el nacimiento de un animal muerto el 28 de enero de 2002. Aunque este hecho no puede considerarse totalmente exitoso, demostró el “funcionamiento” de una parte significativa del proyecto: las capacidades técnicas adquiridas en clonación y la factibilidad de efectuarlo en bovinos” (Thomas, Fressoli y Aguiar, 2006).

Desarrollo de la clase: Conceptualización de Epistemología de la ciencia, naturaleza de la ciencia, historia de la ciencia, elementos, principales autores y utilidad. Se presenta la narrativa enmarcando con la leyenda a continuación: La

siguiente narrativa fue elaborada a partir del artículo de Thomas, Fressoli y Aguiar (2006) publicado en la revista Convergencia con fines didácticos e interpretativos. Se trata de una adaptación narrativa del caso histórico de la primera vaca transgénica argentina, se recuperan hitos, conflictos y decisiones descritas por los autores, reelaboradas en un formato accesible a una actividad de enseñanza.

La historia de la primera vaca transgénica argentina.

En Argentina, una empresa dedicada al área de biotecnología farmacéutica que inicia como productora de drogas recombinantes en 1990 con la eritropoyetina recombinante, se enfrentó en el año 1996 a un desafío productivo y procedimental que dió paso al inicio de un innovador desarrollo científico y técnico.

La confluencia de tres eventos permiten este desarrollo, en primer lugar la expiración de las patentes de drogas recombinantes en producción por parte de la firma, en segundo lugar la necesidad de producción a mayor escala y menor costo con el fin de competir en el mercado, ya que los mecanismos al momento para producir proteínas recombinantes utilizaban plantas y bacterias que generaban poco producto a altos costos, esto último lleva al tercer evento que consiste en la necesidad de nuevos conocimientos y habilidades para lograr una nueva forma de producción. Es así como se comienza a forjar el problema, en la búsqueda de aumentar la escala de producción y reducir los costos que conllevan los sistemas conocidos al momento para competir efectivamente en el mercado. La posible solución surgió como una idea disruptiva, un verdadero desafío científico para los investigadores. Los motivaba más allá de los objetivos inmediatos del proyecto, implicaba una propuesta radical que sólo unos pocos se animaron a considerar realmente: desarrollar una nueva manera de obtener proteínas humanas

recombinantes mediante un biorreactor construido con técnicas de ingeniería genética.

La empresa se encontró con su primer obstáculo al no poseer, en ese entonces, los conocimientos y materiales necesarios para llevar adelante la investigación, lo que aborda convocando al sector público. Se conformó un equipo de trabajo entre la empresa, otros privados y públicos, coordinado por la firma privada convocante y una institución pública, se unió la UBA (Universidad Nacional de Buenos Aires) con la financiación de la Secretaría de Ciencia y Tecnología (SECYT) y del CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas). Entonces, la firma y las instituciones estatales dedicadas a la investigación, comienzan con el plan de obtener cabras y vacas transgénicas para la producción del activador tisular del plasminógeno humano (htPA).

Se hace presente un nuevo inconveniente ante un problema de coordinación, mientras la empresa de gestión privada busca efectividad, eficacia y resultados, las entidades públicas persiguen con más entusiasmo obtener prestigio, el cual logran mediante publicaciones de novedades y avances científicos, pero retrasa la dedicación hacia el resultado final. Dos horizontes distintos, dos formas de entender el funcionamiento del producto, dos formas de desarrollar ciencia, traen fuertes conflictos en el funcionamiento del equipo, afloran problemas en la organización y de criterio entre los equipos de la empresa y los de investigación pública.

Esto se combinó con problemáticas en la técnica utilizada, la microinyección de ADN recombinante para generar embriones transgénicos es poco eficaz y no se logró nacimientos de cabras ni vacas transgénicas por lo que no se obtuvieron los resultados esperados. Desde el punto de vista sociotécnico, la microinyección no resulta eficiente y falla la coordinación entre los equipos, por lo que el proyecto no

funciona y, en 1998 se cancela anticipadamente aún cuando se había otorgado buena parte de los fondos.

Entonces el problema se repiensa, en la búsqueda de una solución en relación a diferentes técnicas biotecnológicas, que se presenta un año y medio después con el advenimiento de las técnicas de clonación animal. En el año 2000, la empresa se contactó con un investigador argentino radicado en el extranjero que tenía experiencia en clonación y decidió invertir en los equipos, montar un laboratorio de clonación y un quirófano especialmente adaptado para los nacimientos mientras se interiorizaba en los cuidados de los animales clonados, era ventajoso que ya poseían destrezas y habilidades de identificación, aislamiento y transferencia de genes. La nueva técnica consiste en la transferencia nuclear de células fetales a un óvulo enucleado que se activa mediante un pulso eléctrico y transferido a un animal receptor hasta su nacimiento, lo que permite la selección de células transgénicas y evita nacimientos de animales no transgénicos.

Restaba reorganizar el equipo de investigación cuya dirección quedó a cargo del gerente de desarrollo de la empresa, coordinador de todo el programa quien contrató parte del personal de los centros públicos que habían trabajado en la etapa anterior. Estas decisiones fueron clave, ya que la mayor parte del proyecto pasó al control por parte de la dirección de la empresa privada y las áreas de clonación y veterinaria respondían a ellos.

Así comenzaron la investigación en vacas y cabras transgénicas, el primer intento de clonación en vacas resultó con el nacimiento de un animal muerto en 2002, lo que fue motivo para descartar las cabras y continuar con la experimentación, ya que si bien no puede considerarse del todo exitoso, muestra el funcionamiento de técnicas y la posibilidad de realizarlo en bovinos, sumando que

sobre estos animales se disponía de mayores conocimientos. Este avance se acompañó del cambio de la hormona a producir con el fin de disminuir el riesgo del proyecto, se decidió la producción de la hormona de crecimiento humano (hGH) ya que la empresa ya la producía en bacterias y poseía conocimientos para su identificación, aislamiento, transferencia y purificación.

Esta serie de decisiones condujeron al éxito y dos meses después ya se contaba con cuatro terneras clonadas, tres de ellas eran transgénicas y al cabo de un año, la empresa anunció que una de las vacas comienza a producir leche con hGH, lo que se celebra como una conjunción positiva de hechos sociales y técnicos. Los sociales se refieren a las modificaciones realizadas en cuanto a la organización, concentrada en los directivos de la empresa, la coordinación de los recursos humanos y económicos y la inversión en infraestructura e insumos para que el desarrollo se produzca dentro de la empresa, se pasa de un grupo de investigación híbrido entre públicos y privados a una lógica empresarial basada en la eficiencia y la productividad. Los cambios técnicos refieren a la combinación de transgénesis y clonación, que mejoraba la eficiencia con respecto a la microinyección, con la incorporación de técnicos capacitados en ello.

Las vacas transgénicas obtenidas responden la búsqueda de solución del problema inicial, se logra el objetivo de competir en el mercado de producción de proteínas recombinantes fabricando a mayor escala y a bajo costo, pero el problema fue mutando en el transcurso, cambiando el foco del animal transgénico, la proteína resultante, los actores participantes y el modo de trabajo, por lo cual, fue cambiando la concepción de “funcionamiento” del proyecto.

La cuestión se complejiza aún más cuando llega el momento de lograr la escala productiva. Se comenzó clonando los clones y así se evitó la parte de repetir

la transgénesis, luego se sorteó la técnica de clonación obteniendo un toro transgénico que permita la reproducción sexual de los animales en cuestión. De esa manera el equipo técnico se hizo prescindible y dedicaron sus esfuerzos a obtener otros recombinantes. Nuevamente se reorganizó el equipo incorporando personal al cuidado de los animales y las vacas receptoras de animales transgénicos durante las 24 horas del día.

Luego inicia la compleja etapa de solicitud de patentes nuevas sobre la producción y obtención de proteínas recombinantes por medio de estas técnicas y la empresa se enfrenta al problema regulatorio debido a la ausencia de marco legal en el país sobre los OGM y su capacidad como biorreactores de fármacos. La aprobación debía ser doble, por un lado la ANMAT (Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología) que expide aprobación de drogas y procesos farmacéuticos en Argentina y, por otro lado, la CONABIA (Comisión Nacional Asesora de Biotecnología Agrícola) que regula los OGM y su liberación. Mundialmente sólo había un caso de aprobación de comercialización de drogas producidas por cabras transgénicas y se temía a las enfermedades infecciosas virales. La falta de experiencia y el desconocimiento implicó arduas negociaciones sobre normativas regulatorias. Aunque en esta etapa, el OGM no tenía aprobación legal cabe la pregunta de si esto refiere a su no funcionamiento o en realidad no así para ciertos actores.

Este proceso de producción pasó a denominarse “Tambo farmacéutico”, a considerarse un biorreactor e implicó nuevos conocimientos tecnológicos y científicos que resultaron propiedad bajo la forma de patentes. Para la empresa significó también la acumulación de prestigio y capacidad científico - técnica, con posibilidad de utilizarse en otros contextos.

También, con la divulgación de este proyecto, se contribuyó a la aceptación social de estos desarrollos y resultó en aportes a la definición de biotecnología y transgénicos. Esto se llevó adelante mediante charlas informativas a público científico, escolar y general, publicación de artículos en los principales medios gráficos del país y también la confección de videos de divulgación sobre la noción de biotecnología y el proyecto, posicionando a la empresa como ejemplo destacado de capacidad científica y tecnológica nacional y resignificando el concepto de biotecnología existente, ya que en este material, la empresa presenta una relación entre naturaleza y cultura que naturaliza la continuidad evolutiva de las técnicas de ingeniería genética. Así, tanto en el discurso como en las prácticas biotecnológicas se reconfiguran conceptos buscando naturalizar el OGM construído y las nuevas formas de intervención entre naturaleza y cultura.

En este recorrido se evidencia que la historia del desarrollo científico - tecnológico está lejos de ser lineal y ordenada, contraria a la creencia de que se trata de una recta que comienza con una buena idea, su diseño, desarrollo y aplicación para solución de problemas, en realidad ocurren procesos en simultáneo, disputas, errores, negociaciones y cambios. Permite ver cómo se construyen mutuamente ciencia y sociedad y evidencia las divergentes interpretaciones sobre funcionamiento y significado de los desarrollos que surgen durante su proceso de gestación, se puede considerar una visión relativista, mientras para unos actores el resultado es exitoso para otros no.

Se puede concluir que la construcción de este OGM implicó la coordinación en la manipulación de recursos cognitivos, económicos, organizacionales, seres vivos y la noción de lo natural, lo que devino en un proceso de transformación mutua entre ciencia y sociedad.

Fuente: Thomas, H., Fressoli, M. y Aguiar, D. (2006). Procesos de construcción de “funhormocionamiento” de organismos animales genéticamente modificados: el caso de la vaca transgénica clonada (Argentina 1996–2006). *Convergencia, Revista de Ciencias Sociales,* (42), 153 - 180.

Cierre de la clase: Actividad de interpretación de la lectura y reflexión retomando las palabras de la actividad de inicio y la teoría. ¿Cómo se relaciona la teoría vista con esta narrativa? ¿Cómo se opone o complementa con las palabras mencionadas al inicio de la clase?

Anexo III: **Entrevista posterior**

1. ¿Qué cambios considerarías en tu forma de enseñar sobre transgénicos?
2. ¿Obtuviste alguna noción que no habías considerado?
3. ¿Cómo aporta conocer el contexto histórico y local al aprendizaje?
4. ¿Cómo crees que ayuda la historia en relación con nuestro país a comprender el tema?
5. ¿Qué opinás sobre el uso de historia de la ciencia en la enseñanza de organismos transgénicos?
6. ¿Qué elementos de la estrategia te parecen más efectivos para que los estudiantes comprendan el tema?

Anexo IV: **Resultados de la entrevista previa**

1. ¿Qué concepción tenés sobre los organismos transgénicos? 8 respuestas

- Organismos genéticamente modificados para el aprovechamiento de los humanos

- Que son organismos genéticos modificados.

- Considero que son organismos que utilizados bajo una correcta normativa permitirán abastecer la demanda mundial de alimentos ante una población mundial

creciente.

- Son un desarrollo tecnológico útil para la producción agropecuaria y para adaptarnos más rápidamente a las problemáticas en la producción de alimentos

- Los organismos transgénicos son/fueron genéticamente modificados.

- Casi ninguna , creo que son organismos con adn alterado por la ingenieria genetica

- Modificación genética

2. ¿Qué aspectos o nociones crees que no deberían faltar al enseñar este concepto? 8 respuestas

- Explicar bien el adn y la diferencia entre seleccion natural e ing genetica

- Efectos sobre la salud humana

- Genética

- No debería faltar cómo se produce un organismo modificado genéticamente, sus ventajas y qué consecuencias pueden traer para el medio ambiente y población en general.

- El peligro de la introducción de transgénicos en la naturaleza, el impacto que generan las prácticas relacionadas con el uso de agroquímicos como el glifosato que se benefician de esta tecnología.

- Al enseñar este concepto, debe considerarse la aplicación de técnicas científicas y específicas.

- Ventajas y desventajas en alimentos y farmacopea

- Los pros y las contras, las necesidades de la sociedad con respecto a la alimentación.

3. ¿Qué ejemplos usarías en tus clases? 8 respuestas

- El maiz , la soja

- Soja, maíz etc

- Las verduras de hoy en día.

- El ejemplo de la soja y el glifosato.

- Soja transgenica, producción de enzimas y medicamentos para el uso humano en organismos transgénicos

- Alimentos y desarrollo de fármacos.

- Vacunas de ARNm y alimentos tragenizados

- El trigo genéticamente modificado, consecuencias positivas y negativas

4. ¿Qué recursos o estrategias te resultan o crees más útiles para que los estudiantes comprendan el tema? 7 respuestas

- Laboratorio

- La comparación de organismos no modificados con los que sí.

- La investigación sobre el tema, y la proyección de algún vídeo que permita generar la conciencia crítica de los estudiantes.

- Los espacios de debate son una buena herramienta para este tema. También hay muchos estudios de casos actuales y de nuevos desarrollos en esta tecnología.

- Ejemplos de la vida cotidiana.

- Investigación de campo y reflexión

- Saberes previos, lluvia de ideas y posición socio histórica en el avance de la biotecnología y situar el tema con la contextualización actual y situación del país.

5. ¿Qué importancia le asignarías a conocer la trayectoria del desarrollo de los organismos transgénicos al enseñar este tema? 7 respuestas

- No se

- A la conciencia de que es lo que consumimos desde todas las

perspectivas… justamente a generar conciencia donde no la hay.

- Es muy importante.

- Tiene igual importancia el desarrollo histórico como los ejemplos en la actualidad. Ambos prestan una distinta perspectiva a lo que conlleva esta tecnología.

- Es importante conocer la historia sobre el desarrollo de las distintas prácticas científicas que tengan un impacto en la sociedad.

- Muy importante

- Es muy importante por las necesidades actuales

6. ¿Qué sabés sobre el enfoque epistémico “Historia de la Ciencia”? 7 respuestas

- Analiza la evolución a través del tiempo

- Que hoy en día se está volviendo a hacer foco en esto que es tan necesario para la comprensión de la ciencia, no como algo aislado sino como algo que nos interpela a todos.

- No sé mucho al respecto.

- Nada.

- Nada.

- Que es un concepto el que nunca termina de desarrollarse, esta siempre en constante crecimiento y acompaña al progreso de la tecnología

- La construcción del conocimiento a lo largo de los años.

Anexo V: **Resultados de la entrevista posterior**

1. ¿Qué cambios considerarías en tu forma de enseñar sobre transgénicos? 5 respuestas

- En qué es importante abordar el contexto histórico y como la ciencia se va

apoyando en el ensayo y error.

- Como los transgénicos pueden alterar los ecosistemas y la necesidad de evaluar la contaminación, no solo explicar la simple definición técnica.

- Al incorporar el enfoque de la Historia de la Ciencia, la enseñanza de los transgénicos deja de ser una descripción técnica ("qué son") para convertirse en una exploración de "cómo llegamos aquí y para qué".De la "Verdad Absoluta" a la "Ciencia en Construcción" Evitaría presentar los transgénicos como una tecnología "perfecta" o "terminada".El Error como Aprendizaje

- Incluir contexto histórico

- Este tipo de desarrollo histórico presenta una perspectiva útil para el debate

2. ¿Obtuviste alguna noción que no habías considerado? 4 respuestas

- Si. Que no solamente se tiene que hablar de la soja.

- una visión del transgénico como producto biológico a una visión del transgénico como producto histórico y social.

- Muchassss

- Ciertos conflictos de interés en el contexto de los transgénicos

3. ¿Cómo aporta conocer el contexto histórico y local al aprendizaje? 5 respuestas

- Conocer el contexto histórico y local enriquece y facilita el aprendizaje.

- Que los transgénicos no son sólo ciencia sino el resultado de intereses, necesidades agrícolas de cada región.

- Conocer el contexto histórico y local no es solo añadir anécdotas; es la clave para que el aprendizaje pase de ser una memorización de datos a una experiencia significativa y transformadora.

- El aporte es positivo

- Ayuda a ubicar el conocimiento en algo tangible y cercano

4. ¿Cómo crees que ayuda la historia en relación con nuestro país a comprender el tema? 5 respuestas

- Es muy importante porque revela la necesidad de estos avances para la comunidad.

- La necesidades de cada región, intereses corporativos.

- Conectar el tema con la historia de nuestro país (como en el caso de Argentina) es el recurso definitivo para que el alumno entienda que los transgénicos no son sólo ciencia, sino soberanía y economía.

- Ayuda muchisimo

- Acerca estos temas que pueden parecer lejanos

5. ¿Qué opinás sobre el uso de historia de la ciencia en la enseñanza de organismos transgénicos? 5 respuestas

- Me parece muy interesante.

- Es una herramienta pedagógica, que permite transmitir una enseñanza

- El uso de la Historia de la Ciencia (HdC) para enseñar este tema me parece una de las estrategias más potentes y necesarias por una razón principal: saca al transgénico del "vacío científico" y lo mete en el mundo real.

- Creo que es un gran aporte

- Son todas herramientas para poder transmitir ese conocimiento

6. ¿Qué elementos de la estrategia te parecen más efectivos para que los estudiantes comprendan el tema? 4 respuestas

- El hecho de utilizar la estrategia de "contar la historia", me parece un elemento muy efectivo.

- Más allá de la teoría es combinar la investigación, comprensión de temas y dejar de memorizar conceptos para empezar a cuestionar el impacto ambiental de esta tecnología.

- Lo más efectivo es quitarle la bata blanca a la ciencia y mostrarla como una herramienta humana llena de tensiones, aciertos y desafíos económicos.

- Saber el contexto de cómo se genera el conocimiento cientifico