

## ¿QUÉ CONTENIDOS DE BIOTECNOLOGÍA ENSEÑAR EN LA ESCUELA? PROPUESTA DE UNA HIPÓTESIS DE PROGRESIÓN<sup>1</sup>

### WHAT CONTENTS OF BIOTECHNOLOGY TEACH IN THE SCHOOL? PROPOSAL FOR A PROGRESSION HYPOTHESIS

Espinel Barrero Nydia Esperanza<sup>2</sup>  
Valbuena Ussa Édgar Orlay<sup>3</sup>

#### RESUMEN

En Colombia existen ya distintas propuestas para la inclusión de la Biotecnología en los niveles de educación secundaria y media, lo que ha traído como consecuencia que profesores con distintas formaciones, entre ellos licenciados en Biología hayan asumido su enseñanza en algunas instituciones del país. En esta ponencia, presentamos una hipótesis de progresión para el conocimiento didáctico del contenido biotecnológico respecto a la categoría de contenidos de enseñanza, construida a partir de una investigación documental, en la que se sistematizó la información proporcionada por 15 documentos relacionados con la enseñanza de la Biotecnología. La hipótesis se organizó alrededor de cuatro componentes clave: referente epistemológico, contenidos conceptuales, contenidos procedimentales y contenidos actitudinales. Los niveles de complejidad propuestos de acuerdo a la revisión bibliográfica fueron: tradicional (1), tecnológico (2) y alternativo (3), los cuales, luego del análisis de los postulados planteados fueron denominados como perspectiva de producción técnica, perspectiva de producción tecnológica fundamentada y perspectiva socio-crítica de la producción, respectivamente. Para cada nivel de complejidad, se presenta un ejemplo que nos permite ilustrar de manera general la forma en la que serían presentados los contenidos de enseñanza implicados en la temática de cultivos vegetales *in vitro*. Con esta hipótesis de progresión esperamos contribuir a la investigación relacionada con el conocimiento didáctico del contenido de profesores de Biotecnología.

**PALABRAS CLAVE:** biotecnología, conocimiento didáctico del contenido biotecnológico, hipótesis de progresión, contenidos de enseñanza

#### ABSTRACT

In Colombia, there are already several proposals for the inclusion of Biotechnology in secondary education, which has resulted in teachers with different backgrounds, including

<sup>1</sup> Esta ponencia hace parte del desarrollo de la tesis doctoral de la autora.

<sup>2</sup> Estudiante Doctorado Interinstitucional en Educación sede Universidad Pedagógica Nacional. Grupo de Investigación Conocimiento Profesional de Profesor de Ciencias. [neespinelb@gmail.com](mailto:neespinelb@gmail.com)

<sup>3</sup> Profesor – investigador Departamento de Biología. Universidad Pedagógica Nacional. Director de la tesis doctoral. [valbuena@pedagogica.edu.co](mailto:valbuena@pedagogica.edu.co)



biology graduates have taken up teaching in some institutions of the country. In this paper, we present a progression hypothesis for the pedagogical content knowledge of the Biotechnology with respect to the category of teaching contents, constructed from a documentary research, in which the information was provided by 15 documents related to the teaching of the Biotechnology. The hypothesis was organized around four key components: epistemological referent, conceptual contents, procedural contents and attitudinal contents. The levels of complexity proposed according to the bibliographical review were: traditional (1), technological (2) and alternative (3) which were denominated as perspective of technical production, perspective of technological production based and socio-critical perspective of production after the analysis of the proposed postulates. For each level of complexity, an example is presented that allows us to illustrate in a general way the way in which the teaching contents involved in the subject of *in vitro* plant cultures would be presented. With this progression hypothesis we hope to contribute to the research related to pedagogical content knowledge of Biotechnology teachers.

**KEY WORDS:** biotechnology, pedagogical biotechnological content knowledge, progression hypothesis, teaching content.

## INTRODUCCIÓN

Una revisión bibliográfica preliminar, nos ha permitido evidenciar que durante los últimos años se han venido implementando en Colombia proyectos pedagógicos orientados a la inclusión de la Biotecnología en la educación secundaria y media (Espinel, 2015) y que como consecuencia de ello, profesores con distintas formaciones, entre ellos licenciados en Biología, han asumido la enseñanza de la Biotecnología en algunas instituciones del país; situación que nos ha llevado a plantear una investigación doctoral relacionada con el conocimiento sobre la Biotecnología y el conocimiento didáctico del contenido (CDC)<sup>4</sup> biotecnológico de estos profesores<sup>5</sup>.

En aras de avanzar en la caracterización del CDC de profesores de Biotecnología, hemos decidido construir una hipótesis de progresión, en la que a partir del análisis documental de literatura relacionada con la enseñanza de la Biotecnología planteamos diferentes

---

<sup>4</sup> En la literatura anglosajona se hace referencia al Pedagogical Content Knowledge (PCK), de acuerdo a nuestro análisis, preferimos referirnos al PCK como Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC).

<sup>5</sup> Este último entendido como un tipo de conocimiento que le permite al profesor ayudar a los estudiantes a entender un contenido específico que, "incluye conocimiento de cómo organizar, representar y adaptar a los diversos intereses y habilidades de los aprendices, tópicos particulares del contenido a enseñar y luego presentarlos para su instrucción" (Magnusson, Krajcik y Borko, 1999, p. 96).



Memorias del IX Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. IV Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

niveles de complejidad para cada una de sus categorías<sup>6</sup>. Pretendemos así contrastar las acciones desarrolladas en el aula por los profesores estudiados con los postulados planteados para cada categoría del CDC de acuerdo a los niveles de complejidad establecidos.

En este orden de ideas, entendemos la Hipótesis de Progresión como una perspectiva epistemológica y metodológica, en la que se asume y caracteriza el conocimiento como diverso y procesual, y factible de ser organizado desde los niveles más simples a los más complejos o deseables. Creemos que su uso puede facilitar la detección de fortalezas, dificultades y obstáculos en los profesores; evidenciar la diversidad de concepciones en cuanto a la enseñanza de la Biotecnología y, asumir el desarrollo del conocimiento profesional del profesor como un proceso dinámico y cambiante (Valbuena, 2011).

En esta ponencia nos detendremos en la descripción de la hipótesis de progresión para la categoría de contenidos de enseñanza. Lo anterior teniendo en cuenta que si bien gran parte de los autores revisados señalan la importancia de la inclusión de la Biotecnología en la educación formal, no existe un acuerdo entre ellos acerca de qué contenidos de la Biotecnología enseñar en los niveles de educación secundaria y media (Madden, 2005, citado por Roa, 2016); cuestión que dificulta el avance de tal incorporación y que podría ser analizada a través de la hipótesis de progresión que proponemos a continuación.

## METODOLOGÍA

La hipótesis de progresión fue elaborada desde una perspectiva interpretativa a partir de una investigación documental en la que se tuvieron en cuenta las fases propuestas por Vélez y Calvo (1992) así:

- Fase de Contextualización: Se definió un universo documental a partir de la búsqueda en diferentes bases de datos, de artículos relacionados con la enseñanza de la Biotecnología, usando los descriptores “enseñanza de la Biotecnología”, “educación biotecnológica” y “didáctica de la Biotecnología” tanto en español como en inglés y portugués.
- Fase de Clasificación: Se elaboraron los resúmenes analíticos (RAE) de los documentos encontrados, lo que permitió clasificarlos y seleccionar los que mantuvieran relación con la categoría contenidos de enseñanza.
- Fase de Categorización: Se sistematizó la información de los documentos seleccionados de acuerdo a su relación con los tres niveles de complejidad establecidos. Dichos niveles se corresponden con los niveles de formulación sobre el modelo didáctico personal propuestos por Porlán, Rivero y Martín del Pozo (1998), de la siguiente manera: un nivel de partida o tradicional (complejidad 1), un nivel intermedio o tecnológico (complejidad 2) y un nivel de referencia o alternativo (complejidad 3).

---

<sup>6</sup> De acuerdo con Magnusson, Krajcik y Borko (1999) reconocemos como categorías del CDC los conocimientos sobre contenidos, las estrategias y las finalidades de enseñanza, el conocimiento de los estudiantes y la evaluación del aprendizaje.



Memorias del IX Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. IV Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

- Fase de Recomprensión: Se propuso una hipótesis de progresión para la categoría de contenidos de enseñanza, mediante el establecimiento de los planteamientos de cada uno de los niveles de complejidad.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron 40 documentos relacionados con la enseñanza de la Biotecnología, de los cuales se seleccionaron 15 por dar cuenta de información acerca de los contenidos de enseñanza.

La sistematización se realizó a partir de los siguientes niveles de complejidad: nivel de partida o tradicional (1), nivel intermedio o tecnológico (2) y nivel de referencia o alternativo (3), propuestos a partir de elementos de otras investigaciones (Rivero y Porlán, 2002; Valbuena, 2011; Reyes y Martínez, 2013; Obregoso, Vallejo y Valbuena, 2013 y Dueñas y Valbuena; 2017), pero principalmente de la investigación desarrollada por Porlán, Rivero y Martín del Pozo (1998), acerca de los niveles de formulación sobre el modelo didáctico personal.

Las consideraciones planteadas para cada uno de los niveles de complejidad se organizaron de acuerdo a cuatro componentes: referente epistemológico, contenidos conceptuales, contenidos procedimentales y contenidos actitudinales, las cuales se presentan a continuación, seguidas de un ejemplo que nos permite ilustrar los planteamientos elaborados.

**Nivel tradicional:** En este nivel prima una concepción del *conocimiento escolar como un producto formal*, que es reflejo de una posición racionalista en relación con la naturaleza de la ciencia (Porlán, Rivero y Martín del Pozo, 1998) y de la tecnología; según la cual, la ciencia es generada a través del rigor lógico y la razón y, la tecnología, equivale a la utilización de conocimientos científicos a través de la ejecución de procedimientos para la obtención de productos, lo cual la hace equiparable con el uso de "técnicas industriales de base científica" (Quintanilla, 1991, p.33), por lo que la ciencia y la tecnología son consideradas como entidades independientes. Así, la Biotecnología en este nivel se entiende como un conjunto de procedimientos prácticos que tienen como objetivo la obtención de bienes o servicios a través del uso o manipulación de seres vivos, es decir, como un conjunto de técnicas que sustentan una actividad económica productiva. Los **contenidos de enseñanza** son por tanto entendidos como simples "informaciones" más que como conceptos y teorías (García, 2000); de manera que los contenidos conceptuales se centran en datos y hechos biológicos y químicos desarticulados entre sí asociados tanto a fenómenos particulares de los seres vivos (metabolismo, reproducción biológica, transmisión y expresión de información genética, entre otros) como a procesos biotecnológicos (fermentación, cultivos de tejidos vegetales *in vitro*, clonación, modificación genética de seres vivos, etc.). Adicionalmente, dentro de los contenidos conceptuales, se presenta información acerca de avances de las investigaciones biotecnológicas y su correlación con la comercialización (Roa, 2016), la cual no es ni cuestionada, ni debatida. Entre tanto, los contenidos procedimentales tienen relación con





Memorias del IX Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. IV Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

técnicas y procedimientos vinculados al uso o manipulación de seres vivos para la obtención de productos o servicios, los cuales son desarrollados a modo de “receta”, es decir, siguiendo instrucciones paso a paso (Hodson, 1994). Dado que no hay articulación entre los contenidos conceptuales y las técnicas desarrolladas en los experimentos, los trabajos prácticos se realizan sin fundamentación conceptual. Los contenidos actitudinales por su parte, carecen de importancia, y no son explicitados durante el desarrollo de las clases, es decir, y de acuerdo con Ferreyra (2007), no se da relevancia a la enseñanza de actitudes y valores positivos hacia la Ciencia, y por extensión hacia la Biotecnología. De esta manera, y de acuerdo a los anteriores planteamientos, establecemos para este nivel la denominación de **perspectiva de producción técnica**. El siguiente ejemplo nos permite ilustrar de manera general la forma en la que serían presentados en este nivel los contenidos de enseñanza implicados en la temática de cultivos vegetales *in vitro*:

El profesor informa la definición de cultivos *in vitro*, presentando adicionalmente y de manera aislada datos asociados a la anatomía vegetal, los tejidos vegetales, los mecanismos de reproducción asexual en plantas y los medios de cultivo. De manera desarticulada se presentan los procedimientos implicados en las técnicas de cultivo *in vitro* y, se desarrollan actividades prácticas en las que se siguen instrucciones con la finalidad que los estudiantes adquieran habilidades y destrezas para el manejo de instrumentos de laboratorio y aprendan los procedimientos involucrados en las técnicas estudiadas. En este caso, no se da importancia a los contenidos actitudinales y todo el abordaje de contenidos de enseñanza se realiza sin acudir a reflexiones o cuestionamientos acerca de la manipulación de lo vivo, o las implicaciones sociales de la Biotecnología vegetal y sin tener en cuenta las ideas o conceptos previos de los estudiantes.

**Nivel Tecnológico:** Este nivel se caracteriza por concebir el conocimiento escolar como un proceso tecnológico desde la perspectiva de una *racionalidad práctica de tipo instrumental* de la ciencia, es decir, desde una imagen de ciencia basada en la generación de conocimientos objetivos y verdaderos a través de experimentos que permiten comprobar hipótesis, y una visión de la tecnología como aplicación de teorías científicas (Porlán, Rivero y Martín del Pozo, 1998). Por lo que para nosotros, en este nivel la Biotecnología es considerada como el uso integrado de distintos conocimientos originados en estudios científicos, con el fin de obtener aplicaciones útiles. Los **contenidos de enseñanza** que priman en este nivel son por tanto los contenidos procedimentales; pese a esto, los contenidos conceptuales, se refieren no solo a datos y hechos, sino también a conceptos y algunas relaciones entre ellos, las cuales posibilitan la comprensión de fenómenos biológicos y químicos (metabolismo, reproducción biológica, transmisión y expresión de información genética, entre otros) implicados en los procesos biotecnológicos (fermentación, cultivos de tejidos vegetales *in vitro*, clonación, modificación genética de seres vivos, etc.). Se presentan además conceptos relacionados con la comercialización de productos o servicios, lo que trae consigo el abordaje de conceptos propios de otros campos de saber, como la economía y la contabilidad, permitiendo dar cuenta de la lógica interdisciplinar y multidisciplinar de la Biotecnología (Espinell y Valbuena, 2017). Los avances de las investigaciones biotecnológicas, son contrastados con situaciones de la cotidianidad en las que se ponen en evidencia las



Memorias del IX Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. IV Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

relaciones entre la investigación biotecnológica y la obtención de productos económicamente factibles (Negrín *et al*, 2007). Los contenidos procedimentales dejan de lado las indicaciones explícitas (tipo receta) y se vinculan al reconocimiento de un problema de investigación y a la construcción de hipótesis que pueden conllevar a la invención de diseños experimentales (Gil - Pérez *et al.*, 1991), vinculados con la generación o cualificación de productos y/o procesos relacionados con la Biotecnología, abordados a través de proyectos escolares en los que se relacionan con la productividad y la eficacia económica (Melo, Mondragón y Wilches, 2001). En este nivel existe por tanto articulación entre los contenidos conceptuales y procedimentales, por lo que las actividades de trabajo práctico se desarrollan con fundamentación conceptual y orientadas a la generación de proyectos de emprendimiento (Arroyo, 2011, Corporación Biotec, 2011, Delgado, 2012). Como parte de los contenidos actitudinales se busca propiciar el interés de los estudiantes por el conocimiento científico, tecnológico y biotecnológico y, alentarlos a desarrollar productos propios de la Biotecnología (Grupo incorporación la Biotecnología, 2007), logrando al mismo tiempo actitudes favorables, a través de las cuales potenciar la comercialización de sus productos y servicios (Roa y Valbuena, 2013). Adicionalmente se pretende enseñar actitudes positivas para el trabajo en grupo (Bejarano y Basto, 2011) -que permitan optimizar los procesos de producción- y actitudes proactivas para la solución de problemas. De acuerdo con Nuñez (1999) señalamos que en este nivel se aprecia un ocultamiento del carácter social de la Biotecnología, razón por la cual no se abordan ni se cuestionan las implicaciones sociales de la Biotecnología, ni de la manipulación de lo vivo y sus consecuencias. Teniendo en cuenta las características citadas anteriormente, hemos denominado este nivel como **perspectiva de producción tecnológica fundamentada**. El siguiente ejemplo nos permite ilustrar de manera general la forma en la que serían presentados en este nivel los contenidos de enseñanza implicados en la temática de cultivos vegetales *in vitro*:

Dado que lo que predomina en este nivel son los contenidos procedimentales, la temática se aborda principalmente a partir de trabajos prácticos. De esta manera, los contenidos de enseñanza se articulan a la generación de proyectos productivos propuestos por los estudiantes, los cuales son dirigidos y orientados por el profesor, y cuya finalidad es obtener un producto obtenido a partir de técnicas de cultivo *in vitro*. Durante el desarrollo de los proyectos se da una primera etapa de conceptualización en la que se abordan datos, hechos y conceptos relacionados entre sí, que tienen que ver con la anatomía de las plantas, las características de los tejidos vegetales, la totipotencia de algunas de sus células y, los mecanismos de reproducción asexual vegetal. Se abordan también las características de los cultivos *in vitro*, relacionándolas con la función y características de los medios de cultivo, así como las técnicas de cultivo *in vitro*, relacionándolas con conceptos como mitosis, clonación (obtención de plantas iguales a la planta madre), organogénesis, embriogénesis, germinación y diferenciación celular, entre otros. La segunda etapa en el desarrollo de los proyectos productivos es la planeación en grupo, en la que los estudiantes trabajan en grupo, bajo la asesoría del profesor, en el planteamiento del problema, las hipótesis, los procedimientos a realizar y el cronograma previsto. Durante esta etapa se retoman los contenidos conceptuales ya trabajados y se abordan contenidos conceptuales relacionados con la productividad, esto es conceptos asociados al estudio de mercado, el análisis de costos y la eficiencia económica de los



Memorias del IX Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. IV Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

productos obtenidos. La siguiente etapa consiste en la ejecución de la propuesta de cada grupo, la cual se lleva a cabo a partir del desarrollo de los protocolos planteados por los estudiantes, pero asesorados y supervisados por el docente. Durante esta etapa los estudiantes aprenden a manipular distintos materiales y equipos, así como los procedimientos involucrados en las técnicas de cultivos vegetales *in vitro*, teniendo en cuenta las condiciones ambientales requeridas según el proceso productivo. Para este caso, los contenidos actitudinales se asocian a la mención de la importancia de las técnicas de cultivo *in vitro* en la propagación masiva de plantas, y como parte del proceso de mejoramiento genético de plantas, especialmente de especies económicamente importantes y de difícil propagación por otros métodos, con lo cual se generan actitudes favorables hacia la Biotecnología. Adicionalmente, y como ya se mencionó, se busca una buena disposición para el trabajo en grupo -que permita optimizar los procesos de producción- y actitudes proactivas para la solución de problemas. En este caso, todo el abordaje de contenidos de enseñanza se realiza sin acudir a reflexiones o cuestionamientos acerca de la manipulación de lo vivo, o las implicaciones sociales de la Biotecnología vegetal.

**Nivel alternativo:** De acuerdo con Porlán, Rivero y Martín del Pozo (1998), exponemos que los fundamentos del nivel, se toman en consideración a planteamientos de la teoría de la complejidad, de la teoría crítica y del socio-constructivismo. De manera adicional, nosotros incluimos aportes de la perspectiva Ciencia – Tecnología – Sociedad (CTS) (Esteban, 2003). En este orden de ideas, y siguiendo a Porlán, Rivero y Martín del Pozo (1998) señalamos que este modelo concibe el *conocimiento escolar como un proceso complejo*, y una imagen de ciencia en permanente revisión, no neutral, holística, que interactúa con la tecnología y que está inserta en una realidad socio-cultural (De Longhi, 2005). Una ciencia que no ocurre al margen de las relaciones sociales, sino que es penetrada por determinaciones prácticas, ideológicas y valorativas, a las cuales ella también influye considerablemente (Núñez, 1999, p. 20) y, que junto a la tecnología, conforma un sistema complejo denominado tecnociencia (Acevedo, 1998), en el que la ciencia y la tecnología se hibridan con el objetivo de contribuir a mejorar la competitividad y la productividad de las empresas en los mercados a través de innovaciones (Echeverría, 2010). La Biotecnología en este nivel es caracterizada por tanto como una tecnociencia (Espinel y Valbuena, 2017), debido principalmente a que en la producción de su conocimiento se pone de manifiesto la hibridación entre las acciones de la ciencia y de la tecnología, y la eficiencia económica a la que deben conducir dichas acciones para cumplir el objetivo de lograr innovaciones comercialmente rentables y patentables y también a que la Biotecnología, como otras tecnociencias genera conflictos con la sociedad Echeverría (2003). A partir de las anteriores consideraciones, planteamos que en los procesos de enseñanza de este nivel no solo se incorporan conocimientos y situaciones propias del ámbito escolar, sino también de los ámbitos cotidiano, cultural, histórico y científico y se abordan contenidos de enseñanza tanto conceptuales como procedimentales, actitudinales, axiológicos y epistemológicos, de una manera integrada, problematizando la historia de la Biotecnología, sus procesos y aplicaciones así como las implicaciones éticas, económicas y políticas de las mismas (Roa y Valbuena, 2013; Steele



Memorias del IX Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. IV Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

y Aubusson, 2004), con lo cual se ponen en evidencia las complejas relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad. Los contenidos conceptuales se centran por tanto en conceptos de ciencias como la Biología y la Química y las redes conceptuales que conforman, posibilitando la comprensión de fenómenos biológicos y químicos implicados en los procesos biotecnológicos (fermentación, clonación, cultivos *in vitro*, modificación genética de seres vivos, etc.). Al igual que en el nivel anterior se abordan conceptos no solo de disciplinas científicas, sino también de otros campos del saber, como la economía y la contabilidad, con lo que se da cuenta de la lógica interdisciplinar y multidisciplinar que caracteriza la Biotecnología (Espinel, 2017). Adicionalmente, como contenidos de enseñanza se abordan los dilemas y las cuestiones sociocientíficas y sociotecnológicas (Acevedo, 1998) que subyacen al progreso de la Biotecnología y que muestran las disyuntivas sociales que tienen en su base nociones científicas y tecnológicas asociadas a la Biotecnología. Los contenidos procedimentales involucran aquellos considerados en el nivel anterior, incluyendo además, la comunicación de los resultados obtenidos y la participación en debates, buscando el establecimiento de relaciones entre el análisis personal y grupal y la toma de decisiones argumentadas (Occelli *et al*, 2014) en relación con situaciones que implican el uso y la manipulación de seres vivos con fines productivos. En cuanto a los contenidos actitudinales, se busca enseñar a respetar las opiniones de los demás, valorar los aportes de científicos (De Longhi, 2005) y generar actitudes críticas frente a situaciones relacionadas con la Biotecnología. En este sentido, manifestamos que hay cierto solapamiento entre los contenidos procedimentales y los actitudinales, en la medida en que la enseñanza de habilidades argumentativas conlleva entre otras cosas al posicionamiento y a la toma de decisiones frente a polémicas y controversias afines a la Biotecnología. Teniendo en cuenta las consideraciones previamente presentadas, hemos denominado a este nivel como **perspectiva socio-crítica de la producción**. El siguiente ejemplo nos permite ilustrar de manera general la forma en la que serían presentados en este nivel los contenidos de enseñanza implicados en la temática de cultivos vegetales *in vitro*:

Se abordan los contenidos de enseñanza conceptuales presentados en el nivel tecnológico, así mismo, se abordan datos y conceptos que tienen que ver con la productividad y el emprendimiento, como son procesos productivos, mercadeo, análisis de costos y eficiencia económica de los productos obtenidos. Adicionalmente, y de manera relevante, como contenidos de enseñanza se abordan la historia de los avances de la Biotecnología vegetal, explicitando y problematizando los dilemas y las cuestiones sociocientíficas y sociotecnológicas generadas a raíz de tal progreso. De esta manera, se ponen en evidencia controversias asociadas por ejemplo, a la manipulación genética de especies vegetales y su relación con los discursos de la revolución verde, la monopolización del mercado agrícola por algunas multinacionales y la consecuente generación de dependencia económica de agricultores y campesinos a tales multinacionales, así como los riesgos de la biopiratería y de la asignación de patentes a grandes multinacionales para la preservación y conservación de la biodiversidad vegetal de los países megadiversos, entre otras. En cuanto a los contenidos actitudinales, precisamos que en este nivel la enseñanza de actitudes y valores trasciende la valoración y percepción positiva de la Biotecnología así como las actitudes para el trabajo en grupo, por lo que se pasa a la enseñanza de habilidades de análisis, argumentación y crítica en





Memorias del IX Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. IV Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

cuanto a los avances e implicaciones de la Biotecnología vegetal, en particular sobre los cultivos vegetales *in vitro*, en los ámbitos ambientales, económicos, políticos y éticos, así como de valores como respeto por las opiniones de los demás.

La tabla 1 se sintetiza la hipótesis de progresión, describiendo brevemente los postulados planteados para la categoría de contenidos de enseñanza de acuerdo a cada nivel de complejidad.

**Tabla 1.** Hipótesis de progresión sobre contenidos de enseñanza de la Biotecnología

<b>Nivel de Complejidad</b>  <b>Componente</b>	<b>Nivel Tradicional (1)</b>  <i>Perspectiva de producción técnica</i>	<b>Nivel Tecnológico (2)</b>  <i>Perspectiva de producción tecnológica fundamentada</i>	<b>Nivel Alternativo (3)</b>  <i>Perspectiva socio-crítica de la producción</i>
<b>Referente epistemológico</b>	<p>La Biotecnología como aplicación de técnicas, que sustentan una actividad económica productiva.</p> <p>La enseñanza de la Biotecnología está centrada en una producción técnica, desarticulada de sus fundamentos conceptuales.</p> <p>No hay complejización ideológica ni epistemológica de la Biotecnología.</p> <p>No se tiene en cuenta la lógica interdisciplinar y multidisciplinar de la Biotecnología.</p>	<p>La Biotecnología como uso integrado de conocimiento científico y de otros campos del saber para obtener aplicaciones útiles y productivas.</p> <p>La enseñanza de la Biotecnología se orienta hacia la comprensión de contenidos conceptuales y procedimentales implicados en procesos productivos biotecnológicos.</p> <p>No hay complejización ideológica ni epistemológica de la Biotecnología.</p> <p>Se tiene en cuenta la lógica interdisciplinar y multidisciplinar de la Biotecnología</p>	<p>La Biotecnología como tecnociencia cuya práctica implica relaciones CTS.</p> <p>La enseñanza de la Biotecnología está centrada en el análisis crítico de las implicaciones para la sociedad de los procedimientos, la producción y los productos biotecnológicos.</p> <p>Hay complejización ideológica y epistemológica de la Biotecnología a través de la problematización de su historia, su desarrollo y sus procesos y aplicaciones.</p> <p>Se tiene en cuenta la lógica interdisciplinar y multidisciplinar de la Biotecnología.</p>
<b>Contenidos conceptuales</b>	<p>Datos y hechos biológicos y químicos desarticulados entre sí y asociados a fenómenos particulares de los seres vivos (metabolismo, reproducción</p>	<p>Conceptos y algunas relaciones entre ellos, las cuales posibilitan la comprensión de fenómenos biológicos y químicos (metabolismo, reproducción</p>	<p>Conceptos de ciencias como la Biología y la Química y las redes conceptuales que conforman, posibilitando la comprensión de fenómenos implicados en los procesos</p>

Memorias del IX Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. IV Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

	<p>biológica, transmisión y expresión de información genética, entre otros) y a procesos biotecnológicos (fermentación, cultivos de tejidos vegetales in vitro, clonación, modificación genética de seres vivos, etc.). Información acerca de avances de las investigaciones biotecnológicas y su correlación con la comercialización.</p>	<p>biológica, transmisión y expresión de información genética, entre otros) implicados en los procesos biotecnológicos (fermentación, cultivos de tejidos vegetales in vitro, clonación, modificación genética de seres vivos, etc.).</p> <p>Conceptos de otros campos de saber, como la Economía y la Contabilidad relacionados con la comercialización de productos biotecnológicos.</p>	<p>biotecnológicos (fermentación, clonación, cultivos in vitro, modificación genética de seres vivos, etc.).</p> <p>Conceptos de otros campos del saber, como la Economía y la Contabilidad.</p> <p>Los dilemas y las cuestiones sociocientíficas y sociotecnológicas que subyacen al progreso de la Biotecnología.</p>
<p><b>Contenidos procedimentales</b></p>	<p>Técnicas y procedimientos vinculados al uso o manipulación de seres vivos para la obtención de productos o servicios, las cuales son desarrolladas a modo de "receta".</p> <p>No existe articulación entre los contenidos de enseñanza conceptuales y los procedimentales.</p>	<p>Se refieren al reconocimiento de un problema de investigación y a la construcción de hipótesis que pueden conllevar a la invención de diseños experimentales, vinculados con la generación o cualificación de productos y/o procesos relacionados con la Biotecnología.</p> <p>Habilidades y destrezas procedimentales requeridas para el seguimiento, modificación y/o formulación de protocolos, que permitan optimizar procesos biotecnológicos.</p> <p>Existe articulación entre los contenidos conceptuales y procedimentales.</p>	<p>Involucran además de los contenidos del nivel anterior, la puesta en común de los resultados obtenidos en los proyectos escolares y la participación en debates, buscando el establecimiento de relaciones entre el análisis personal y grupal y la toma de decisiones argumentadas en relación con situaciones que implican el uso y la manipulación de seres vivos con fines productivos.</p> <p>Articulación entre la toma de decisiones en relación con la Biotecnología (sus procesos, sus productos, sus controversias) con sus habilidades argumentativas.</p> <p>Se articulan contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales.</p>
<p><b>Contenidos actitudinales</b></p>	<p>No son importantes, por tanto no son enseñados.</p>	<p>Interés de los estudiantes por el conocimiento científico, tecnológico y biotecnológico y, por el desarrollo de productos</p>	<p>Motivar a los estudiantes a aprender Biotecnología, generando al mismo tiempo actitudes críticas en cuanto a</p>

		<p>propios de la Biotecnología.</p> <p>Actitudes favorables hacia los procesos y productos de la Biotecnología.</p> <p>Actitudes positivas para el trabajo en grupo.</p> <p>Actitudes proactivas para la solución de problemas.</p>	<p>su actividad tecnocientífica y sus implicaciones en diferentes subsistemas de la sociedad.</p> <p>Participación socialmente responsable frente a problemáticas y situaciones controvertidas relacionadas con la Biotecnología.</p> <p>Respeto por las opiniones de los demás.</p> <p>Posicionamiento crítico frente a los argumentos e intereses de los distintos actores involucrados en las cuestiones sociocientíficas que involucran a la Biotecnología.</p>
--	--	---	---



## CONCLUSIONES

Son pocos los estudios reportados en la literatura revisada que mantengan relación con el conocimiento didáctico del contenido biotecnológico. En ninguno de ellos hemos encontrado una hipótesis de progresión que permita caracterizar y analizar el conocimiento y la práctica docente de los profesores de Biotecnología. En este sentido, la hipótesis de progresión que proponemos constituye un referente teórico y metodológico para abordar investigaciones sobre el conocimiento didáctico del profesor de Biotecnología, en tanto ofrece un panorama de los niveles de complejidad inicial, intermedio y de referencia acerca de la categoría de contenidos de enseñanza.

La hipótesis de progresión que presentamos fue organizada alrededor de cuatro componentes clave: referente epistemológico, contenidos conceptuales, contenidos procedimentales y contenidos actitudinales. Una vez analizados los postulados que planteamos para cada componente de acuerdo al nivel de complejidad, establecimos tres denominaciones para los niveles de complejidad: Perspectiva de producción técnica, Perspectiva de producción tecnológica fundamentada y Perspectiva socio-crítica de la producción.

En el nivel de producción técnica el énfasis está en el abordaje de conceptos desarticulados, el seguimiento instrumental de procedimientos y la aceptación de los productos biotecnológicos. En el nivel de producción tecnológica fundamentada se enfatiza en la enseñanza de conceptos científicos y de producción, en el desarrollo de habilidades para formular y/o desarrollar productos o procesos orientados a la eficacia biotecnológica y en la aceptación de la Biotecnología. En el nivel socio crítico de la

Memorias del IX Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. IV Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

producción se enfatiza en los análisis y reflexiones críticos de las implicaciones sociales y éticas de los procesos implicados en la producción biotecnológica, sin descuidar el desarrollo de habilidades cognitivas, procedimentales y comunicativas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, J. (1998). Análisis de algunos criterios para diferenciar entre ciencia y tecnología. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (3): 409-420.
- Bejarano, D. y Basto, J. (2011). Enseñanza de la biotecnología; una estrategia para el fortalecimiento de competencias: investigativas, científicas y en emprendimiento en la educación media.
- Cabo, J.; Enrique, C. y Cortiñas, J. (2006). Opiniones e intenciones del profesorado sobre la participación social en ciencia y tecnología. El caso de la biotecnología. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3 (3): 349-369.
- De Longhi, A. (2005). Propuestas para un proceso de formación continua de docentes innovadores en educación en ciencias. En: De Longhi, A., Ferreyra, A., Paz, A., Bermúdez, G., Solís, M., Vaudagna, E., & Cortés, M. *Estrategias didácticas innovadoras para la enseñanza de las Ciencias Naturales en la escuela*. Córdoba: Editorial Universitas.
- Dueñas, A. y Valbuena, E. (2017). (En evaluación). Mapeo y caracterización del CDC de la alimentación y la nutrición humana en dos profesores de quinto de primaria. *Revista Educación y Educadores*.
- Espinel, N. (2015). Enseñanza de la Biotecnología en América Latina. Revisión de Antecedentes. *Bio - grafía. Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*. Edición extraordinaria. pp. 1318 - 1331.
- Esteban, S. (2003). La perspectiva histórica de las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad y su papel en la enseñanza de las ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2 (3): 240-246.
- García, F. (2000). Los modelos didácticos como instrumento de análisis y de intervención en la realidad educativa. *Biblio 3W. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*. Universidad de Barcelona. 207 (18): 1 - 12.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3): 299-313.
- Magnusson, S., Krajcik, J. y Borko, H. (1999). Nature, Sources, and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. En: Gess- Newsome, J. y Lederman, N. (Eds.). *Examining Pedagogical Content Knowledge. The Construct and its Implications for Science Education*. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers. pp. 95 - 132.
- Melo, S., Mondragón, C. y Wilches, F. (2001). Desarrollo de proyectos escolares en biotecnología. Propuesta de trabajo para la enseñanza aprendizaje de las Ciencias naturales en el nivel de educación media. Memorias XXXVI Congreso Nacional de Ciencias Biológicas. Cartagena.





Memorias del IX Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. IV Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

- Negrín, S.; Sosa, A.; Ayala, M.; Diosdado, E.; Pérez, M.; Pujol, M.; Fernández, J.; Muzio, V.; Castellanos, L.; González, L.; Cremata, J.; Quintana, M.; Pérez, G.; Valdés, J.; Rodríguez, M.; Borroto, C.; González, C.; Morales, J.; Duarte, C.; Pérez, R.; Ubieta, R.; Costa, L.; Rosales, I.; Herrera, L. y Lage, A. (2007). Enseñanza popular de la biotecnología. *Biotecnología Aplicada*, 2 (154).
- Nuñez, J. (1999). La ciencia y la tecnología como procesos sociales. Lo que la educación científica no debería olvidar. La Habana: Félix Varela.
- Obregoso, A.; Vallejo, Y. y Valbuena, É. (2013). El conocimiento didáctico del contenido de las ciencias naturales en docentes en formación inicial de primaria. Un estudio de caso. En: Martínez y Valbuena (comp.) *Conocimiento profesional del profesor de ciencias de primaria y conocimiento escolar*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Occelli, 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.
- Porlán, R.; Rivero, A. y Martín del Pozo, R. (1998). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores II: Estudios empíricos y conclusiones. *Enseñanza de las ciencias*, 6 (2): 271-288.
- Reyes, J. y Martínez, C. (2013). Una Hipótesis de Progresión sobre el Conocimiento Didáctico del Contenido respecto a las actividades de enseñanza asociadas al campo eléctrico. En: Martínez y Valbuena (comp.) *Conocimiento profesional del profesor de ciencias de primaria y conocimiento escolar*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Rivero, A. y Porlán, R. (2002). La naturaleza y organización del conocimiento profesional "deseable" del profesorado. Documento disponible en: [www.elistas.net/lista/redires/ficheros/6/.../La%20Naturaleza%20y%20Organización](http://www.elistas.net/lista/redires/ficheros/6/.../La%20Naturaleza%20y%20Organización)
- Roa, R. (2016). Configuración del conocimiento profesional didáctico y pedagógico del profesor de ciencias para la enseñanza de la biotecnología. Tesis Doctoral. Universidad Pedagógica Nacional.
- Roa, R. y Valbuena, E. (2013). Incursión de la biotecnología en la educación: Tendencias e implicaciones. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 15 (2): 156-166.
- Steele, F. y Aubusson, P. (2004). The Challenge in Teaching Biotechnology. *Research in Science Education*, 34: 365-387.
- Valbuena, E. (2011). Hipótesis de progresión del conocimiento biológico y del conocimiento didáctico del contenido biológico. Parte I: referentes teóricos. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 30: 30-52.
- Vélez, A. y Calvo, G. (1992). Análisis de la investigación en la formación de investigadores. Nueve años de la maestría en Educación de la Universidad de La Sabana. El estado del arte o del conocimiento. Bogotá: Gráficas Sol.

