



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA**

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

***MAESTRÍA EN EDUCACIÓN EN CIENCIAS  
EXPERIMENTALES Y TECNOLOGÍA***

**“La enseñanza de la biotecnología en la escuela secundaria y su abordaje en los libros de texto: Un estudio en la ciudad de Córdoba”**

**Autor: Maricel Ocelli**

**Director: Dra. Nora Valeiras**

**Co-director: Dr. Gabriel Bernardello**

**ISBN: 978-950-33-1089-2**

Occelli, Maricel

La enseñanza de la biotecnología en la escuela de secundaria y su abordaje en los libros de texto : un estudio en la ciudad de Córdoba / Maricel Occelli ; dirigido por Beatriz Nora Valeiras. - 1a ed. - Córdoba : Universidad Nacional de Córdoba, 2013.

E-Book.

ISBN 978-950-33-1089-2

1. Libros de Texto. 2. Biotecnología. 3. Enseñanza de las Ciencias. I. Valeiras, Beatriz Nora, dir. II. Título

CDD 507.12

Fecha de catalogación: 21/11/2013

# **La enseñanza de la biotecnología en la escuela de secundaria y su abordaje en los libros de texto : un estudio en la ciudad de Córdoba**

## **Resumen**

En la presente tesis se caracterizó a la enseñanza de la biotecnología en la escuela secundaria y su abordaje en los libros de texto. Se utilizó un diseño cuanti-cualitativo con técnicas de análisis de contenido. Se entrevistó a ocho docentes de escuelas públicas y privadas de la ciudad de Córdoba acerca de su enseñanza de la biotecnología y se estudió su abordaje en 12 libros de texto. Se observó que se enseñan contenidos vinculados a la ingeniería genética a través de la indagación bibliográfica y se utiliza poco a los libros de texto. En estos últimos, escasos conceptos se abordan de manera profunda, las imágenes se presentan para decorar y las actividades no se auto-sustentan con la información desarrollada en el texto.

Palabras Clave: Libros de texto – Biotecnología – Escuela secundaria

## **Secondary Biotechnology Teaching and its Approach in Textbooks: A Study in Córdoba, Argentina.**

### **Abstract**

This thesis work aims at characterizing biotechnology teaching and how it is approached in textbooks. Eight teachers were deeply interviewed and 12 textbooks were analyzed through quantitative and qualitative methodology with content analysis techniques in a group of public and private schools from Córdoba city. The obtained results prove that the main biotechnology concepts taught are related to genetic engineering and that bibliographic search is the most applied strategy. The textbooks for further reading provide shallow concepts and the activities are not self-supported with the information developed in the book, and the images are presented to decorate.

Key words: Textbooks – Biotechnology – Scondary School

## Índice

<b>Resumen</b>	<b>2</b>
<b>CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
1.1 Objetivos	8
1.2 Importancia de esta tesis	9
1.3 Contenido de la tesis	10
<b>CAPÍTULO 2: REFERENTES TEÓRICOS Y ANTECEDENTES</b>	<b>12</b>
PARTE A: ANTECEDENTES EN EL ANÁLISIS DE LIBROS DE TEXTO PARA LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES	13
2.A.1 Los libros de texto	13
2.A.1.1 El aprendizaje de las ciencias y los libros de texto	15
2.A.2 El libro de texto en las prácticas educativas	17
2.A.3 Investigaciones en libros de texto	20
2.A.3.1 Análisis de Contenido	21
2.A.3.2 Análisis de las actividades	31
2.A.3.3 Análisis de las imágenes	33
2.A.3.4 Estudios combinados en el análisis de los textos	38
2.A.3.5 Algunas problemáticas asociadas a los libros de texto	41
PARTE B: LA BIOTECNOLOGÍA Y LOS ANTECEDENTES DE SU ENSEÑANZA	44
2.B.1 La biotecnología	45
2.B.2. La biotecnología y el currículum de la escuela secundaria	50
2.B.3 La enseñanza de la biotecnología como objeto de investigación	53
2.B.4 La biotecnología en los libros de texto de la escuela secundaria	61
<b>CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA</b>	<b>63</b>
3.1 Análisis de Contenido	64
3.2 Qué y cómo enseñan biotecnología los docentes y qué materiales curriculares seleccionan	67
3.3. Análisis de los componentes del texto y sus relaciones semánticas	70
3.3.1 Derivaciones para los contenidos	70
3.3.2. El análisis de las imágenes	73
3.3.3 El análisis de las actividades	74
3.4 Análisis de la estructura del texto	75
3.5 Diagrama integrador de la metodología	77
<b>CAPÍTULO 4: RESULTADOS</b>	<b>78</b>
4.1 Cómo enseñan biotecnología los docentes y qué materiales curriculares seleccionan	79
4.1.1 Inclusión de la biotecnología en el desarrollo de su asignatura	79
4.1.2 Importancia de la enseñanza de la biotecnología	82
4.1.3 Estrategias utilizadas para enseñar biotecnología	83
4.1.4 Materiales curriculares y fuentes de información utilizadas para enseñar biotecnología	88
4.2 Análisis de los componentes de los libros de texto y sus relaciones semánticas	93
4.2.1 Análisis de la estructura del texto	93
4.2.2 Análisis de los componentes del texto y sus relaciones semánticas	102
4.2.3 Análisis de las imágenes	111
4.2.4 Análisis de las actividades	114
<b>CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y REFLEXIONES FINALES</b>	<b>117</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>124</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>136</b>



# Agradecimientos

Al Grupo docente de este programa de formación de Postgrado por brindarnos la posibilidad para que tengamos oportunidades de capacitación específica en la enseñanza de las ciencias y la tecnología en el ámbito local.

A mi directora, Dra. Nora Valeiras, para quien no alcanzan las palabras que pueda expresar aquí, ya que de manera muy generosa me dedicó su tiempo, me abrió puertas y me brindó su conocimiento. A su vez, no sólo colaboró en mi proceso de formación sino que me enseñó a amar mi profesión y a poner el corazón en ello.

A mi co-director, Dr. Gabriel Bernardello, por tantas horas de lectura dedicadas a mis escritos y por estar siempre dispuesto a enseñar de manera tan comprometida y apasionada que se torna en inspiración!

A la Mag. Marina Masullo por mostrarme que “no hay camino, sino que se hace el camino al andar” y por sobre todo por alentarme y acompañarme en la creación de ese camino que se marcó con mis huellas.

A Leticia Garcia por convertirse en mi compañera y amiga incondicional de ésta y tantas otras aventuras.

Al grupo de compañeros de la Maestría por haber compartido momentos inolvidables en aquellos almuerzos de los viernes durante el cursado, las infaltables fiestas de fin de año y las “cervezas maestrandas” que hasta ahora nos convocan!

En especial a Andrea Perea, Viviana Suárez, Javier Martín, Rubén Rochietti, Carlos Urcelay, Mercedes Parietti, Carlos Salas, Liliana Buffa, Roberto Hernández, Verónica González, Ligia Quse, Javier Quinteros, y tantos otros!

A mi jefa de Cátedra, Mag Gertrudis Campaner y a mi compañera Priscila Biber por brindarme su apoyo y comprensión, y por alentarme siempre a cumplir mis metas!

A mi amorcís, Martín Medina, por su paciencia ante tantas horas de ausencia y por sobre todas las cosas por caminar a mi lado y conectarme con las cosas esenciales de la vida!

A los queridos amigos del alma por estar conmigo y brindarme su apoyo, y sin los cuales nada tendría sentido: Carlita Coutsiers, Juli Astegiano, Andre Cosacov, Pauli Venier, Gaby Reiner, Mari Paolo, Anita Ferreras, Benja Caruso y Pedro Clop.

A mi familia por su apoyo constante y por tantas horas en las que pude haber estado con ellos.

# Capítulo 1

## Introducción

En el marco de una educación ciudadana equitativa, la escuela tiene la responsabilidad de formar sujetos con herramientas conceptuales, procedimentales y actitudinales que les permitan tomar decisiones e intervenir en el mundo con juicio crítico. Por ejemplo, los medios de comunicación presentan debates referidos a diferentes desarrollos tecnocientíficos, lo cual requiere que los ciudadanos posean conocimientos básicos en ciencia y tecnología para evaluar estas situaciones, construir una opinión al respecto y fundamentarla. Es por ello y por otros motivos que la alfabetización científico tecnológica se ha convertido en los últimos años en una meta a alcanzar para los sistemas educativos, ya que brinda oportunidades para una participación responsable y democrática en la sociedad (Fourez, 1998).

La alfabetización científica crea espacios y contextos educativos en los cuales se potencia no sólo el aprendizaje de conceptos científicos sino que también propicia la adquisición de capacidades procedimentales como la recolección y el análisis de la información, la interpretación de datos, la evaluación de las pruebas, etc. (Acevedo Díaz, 2004). Asimismo, permite el desarrollo integral de las personas mediante el acceso a contenidos axiológicos y actitudinales en contextos que brindan oportunidades para reflexionar sobre los valores que impregnan a la información científica y que se ponen en juego a la hora de tomar sus propias decisiones (Zeidler, 2003).



Un conocimiento científico tecnológico que en los últimos años ha sido objeto de números debates públicos es la biotecnología. Algunos ejemplos de sus aplicaciones controvertidas son el “proyecto genoma humano”, la clonación y los transgénicos. (Cabo et al., 2006). En estos debates se emplean conocimientos científicos tecnológicos específicos referidos a la biotecnología, como así también intervienen procedimientos y actitudes. Es por ello que en los últimos quince años numerosos países han incorporado en sus currículos<sup>1</sup> a la biotecnología para dar respuesta a esta demanda con el objetivo de generar una opinión pública fundamentada en este campo del conocimiento (Lock, 1996; France, 2007).

Para establecer el lugar de la biotecnología en el currículo oficial de Argentina y en particular en la Provincia de Córdoba, es necesario realizar un análisis del impacto de las últimas reformas educativas ocurridas en el país. A partir de la ley federal de educación N° 24.195, en 1993 se crearon lineamientos curriculares diferentes según cada provincia y cada institución escolar. La provincia de Córdoba estableció dos niveles de educación secundaria: el Ciclo Básico Unificado y el Ciclo de Especialización orientado a diferentes áreas de conocimiento (Miranda et al., 2006). En las prescripciones curriculares correspondientes a la Provincia de Córdoba, la biotecnología ha sido incluida en la asignatura de Biología del último año de la escuela secundaria y según los diseños de cada institución, también puede encontrarse en una materia del Ciclo de Especialización orientado a las Ciencias Naturales (Ocelli y Valeiras, 2010). Por lo tanto, la biotecnología aparece de manera específica en las prescripciones curriculares oficiales de la Provincia de Córdoba.

Sin embargo, la inclusión de determinados contenidos en el currículo prescripto no es suficiente para que éstos se desarrollen de manera efectiva en las aulas. Entre las prescripciones curriculares oficiales y el currículo escolar ocurren un sinnúmero de modificaciones y resignificaciones en las cuales los docentes juegan un papel fundamental. Estas decisiones docentes responden a un complejo entramado de posicionamientos referidos a las diversas dimensiones de la tarea de educar. Por lo tanto, en el proceso de selección y secuenciación de los contenidos se ponen en juego aspectos epistemológicos de la disciplina a enseñar, didácticos, pedagógicos y sociales (Gimeno Sacristán, 2005). A su vez este conjunto de

---

<sup>1</sup>Se ha utilizado para este término proveniente del latín *curriculum*, la derivación para el español propuesta por la Real Academia Española.

aspectos también impacta en la selección y secuenciación de estrategias de enseñanza, de materiales curriculares, de formas de evaluación, y en definitiva en el proceso completo de diseño, puesta en acción y evaluación de las intervenciones didácticas.

La enseñanza de la biotecnología ha sido estudiada en varios países (France, 2007), sin embargo, para Argentina no hemos detectado investigaciones específicas, es por ello que para acercarnos a conocer cómo se enseña biotecnología en la escuela secundaria, en esta tesis nos preguntamos de manera específica *¿qué y cómo se enseña biotecnología en el ciclo de especialización de escuelas secundarias de la ciudad de Córdoba?* Hemos abordado esta pregunta restringiéndonos a un grupo de escuelas de gestión pública y privada que ofrecen la especialidad en Ciencias Naturales.

Otro elemento que resulta clave en el proceso de concreción curricular son los libros de texto, ya que traducen y recrean los contenidos prescriptos y los presentan a través de una propuesta didáctica determinada (Martínez Bonafé, 2002). De esta manera, los libros de texto imponen una selección y secuenciación de contenidos e imprimen significados específicos al currículo, constituyéndose así en elementos de poder al participar en el establecimiento de un lenguaje disciplinar y cultural (Choppin, 1980). Por otro lado, en algunos casos los libros de texto son utilizados por los docentes en la planificación y en el desarrollo de sus clases (Neto y Francalanza, 2003). A su vez, Zabala (1993) indica que los libros de texto constituyen recursos útiles para todos los momentos de un proceso educativo: planificación, ejecución y/o evaluación, y por lo tanto impactan en las propuestas didácticas generadas por los docentes. De manera que, los significados de la enseñanza de la biotecnología podrían depender en gran medida de la información que brindan los libros de texto. Es por ello que también nos interesa conocer *¿qué materiales curriculares eligen los docentes para enseñar biotecnología?*

Los libros de texto constituyen un recurso didáctico apropiado para responder a un conjunto de objetivos e intereses, tales como las exigencias del profesorado, las prescripciones realizadas por las entidades gubernamentales y los intereses de las empresas editoriales (Jiménez Valladares y Perales Palacios, 2000). Dado este carácter particular, los libros de texto han sido objeto de numerosas investigaciones realizadas desde diferentes perspectivas (Johnsen, 1993). En

particular para la enseñanza de las ciencias experimentales se registran numerosos estudios referidos al contenido y dentro de éstos se pueden diferenciar a aquellos que analizan conceptos (Barrow, 2000; Niaz, 2001; Naughton et al., 2008; Wesolowski, 2009), imágenes (Kress y Van Leeuwen, 1996; Jiménez et al., 1997; Perales y Jiménez, 2002; Otero, et al., 2002; Pozzer y Roth, 2003; Perales Palacios, 2006; Diaz y Pandiella, 2007), actividades (García-Rojeda Gayoso, 1997; Islas y Guridi, 1999; Sánchez y Escudero, 2002) o ideologías (Furió et al., 2005a; Costa et al., 2009).

Otros estudios investigan la utilización de estos materiales en las prácticas educativas y su vinculación con su contenido (Digisi y Willett, 1995; Lapasta et al., 2001; Neto y Francalanza, 2003; Martins y Brigas, 2005). Si bien se cuenta con un número importante de antecedentes en investigaciones que tienen en cuenta a los conceptos biológicos en los libros de texto (Clifford, 2002; Korfiatis et al., 2004; Fernández Xavier et al., 2006; de Melo Ferreira y Alves Soares, 2008), en general se registran muy pocos estudios para la temática de biotecnología (Martínez-Gracia et al., 2003; Martínez-Gracia et al., 2006), y en particular para Argentina, no se ha encontrado ninguna investigación al respecto, es por ello que nos interesó conocer *¿cuál es el abordaje que se hace de la biotecnología en los libros de texto de Biología utilizados en el ciclo de especialización de la escuela secundaria?*

Meyer (1994) indica que un texto es comprensible cuando el escritor ha dispuesto sistemáticamente las ideas en una organización compatible con determinada disciplina, ha conectado lógicamente las ideas, ha evitado información distractiva o no pertinente y ha tomado en cuenta el probable conocimiento previo del lector. Por lo tanto, para conocer la organización de ideas de biotecnología que desarrollan los libros de texto de biología, nos preguntamos *¿en el marco de qué temas se presenta a la biotecnología?* ya que resulta necesario conocer qué relaciones establece el texto entre los conceptos biológicos y la biotecnología. Es por esto que también nos interesa saber *¿qué contenidos de biotecnología se desarrollan en los libros de texto? ¿qué formatos (texto, ilustraciones, actividades) se utilizan? y ¿en qué jerarquía textual se aborda a esta temática?* Un aspecto directamente vinculado a los contenidos se refiere a la profundidad de su desarrollo en los textos. Desde esta perspectiva, en una investigación previa realizada para el abordaje de la respiración celular en libros de texto (Ferreiro y Ocelli, 2008), hemos identificado diferentes niveles de profundidad. En esta tesis estos niveles se han resignificado

para responder al interrogante: *¿cuál es la profundidad con la cual se desarrolla biotecnología?* Asimismo considerando la naturaleza del conocimiento de la biotecnología, que al igual que otros conocimientos científico-tecnológicos, tiene la particularidad de vincular diferentes aspectos referidos a la Ciencia, la Tecnología, la Sociedad y el Ambiente (CTSA), también nos interesó conocer *¿qué elementos contextuales presentan los libros de texto en el abordaje de la biotecnología?*

Las imágenes resultan un componente esencial en los libros de texto, y en los contenidos científicos, toman particular importancia ya que constituyen una de las formas semióticas que puede tomar el lenguaje de las ciencias (Lemke, 2002). Sin embargo, las imágenes incluidas en los libros de texto pueden responder a múltiples intereses (Perales Palacios, 2006) y presentarse con diferentes funcionalidades (Otero et al., 2002), de manera que nos preguntamos *¿cuáles son las principales funciones de las imágenes incluidas en el abordaje de biotecnología?*

Otro elemento central en los libros de texto son las actividades, Zohar (2006) destaca la necesidad de promover el desarrollo del pensamiento superior de los estudiantes a través de diferentes tipos de actividades. En particular las actividades de los libros de texto pueden presentarse del tipo lápiz y papel cuando sólo requieren la puesta en acciones de habilidades referidas a la selección, adquisición, organización y elaboración de la información (García-Rojeda Gayoso, 1997); o del tipo experimentales cuando plantean actividades prácticas ya sea de laboratorio o de campo (Calvo Pascual y Martín Sánchez, 2005). En el caso particular de la biotecnología nos interesa conocer *¿qué tipos de actividades se proponen en los libros de texto?*

Por último, al considerar el aporte de cada uno de estos componentes de los libros de texto y analizarlos de manera global nos acercamos a otro aspecto importante propuesto por Meyer (1994): la estructura de los textos, es decir las relaciones entre las proposiciones. La estructura de un texto puede hacerse evidente a partir de la construcción de mapas conceptuales, lo que permite evaluar la progresión de un tema y su coherencia secuencial (Serhat, 2009). Es en este sentido que cabe preguntarnos *¿qué estructura tienen los libros de texto para la temática de biotecnología?*

A continuación se detallan los objetivos que nos planteamos a fin de responder a cada uno de los interrogantes formulados en esta tesis.

## **1.1 Objetivos**

### **Objetivo General**

Caracterizar la enseñanza de la biotecnología en el ciclo de especialización de un grupo de escuelas públicas y privadas de la Ciudad de Córdoba, y su abordaje en los libros de texto de Biología para el ciclo de especialización.

### **Objetivos específicos**

1. Identificar los aspectos de biotecnología que se enseñan en el ciclo de especialización en las escuelas de la ciudad de Córdoba, considerando la importancia que le asignan los docentes, las estrategias de enseñanza que utilizan y los materiales curriculares que eligen para trabajar esta temática.
2. Determinar los temas en los cuales se incluyen los conceptos relacionados a la biotecnología, reconocer los contenidos que se desarrollan, la inclusión de texto, ilustraciones o actividades y establecer las jerarquías textuales que se utilizan en el desarrollo de la biotecnología en los libros.
3. Establecer la profundidad con la cual se desarrollan los contenidos de biotecnología en los libros de texto, a partir de cuatro niveles de intensidad.
4. Identificar los elementos contextuales con los cuales se vincula a la biotecnología en los libros de texto, considerando para ello aspectos ambientales, económicos, éticos, sociales y de la historia de la ciencia.
5. Reconocer las principales funciones de las imágenes incluidas en el abordaje de conceptos biotecnológicos y el significado que pueden tener para el lector en función de las relaciones que se establecen con el texto.
6. Establecer los tipos de actividades que se proponen para la temática de biotecnología en los libros de texto, los procesos cognitivos que se favorecen y los procedimientos que se pondrían en juego para su resolución.

7. Inferir las estructuras del texto a través de la construcción de mapas conceptuales, la elaboración de resúmenes y según la organización interna de los conceptos en los textos.

## **1.2 Importancia de esta tesis**

Si bien la enseñanza de la biotecnología ha sido caracterizada en otros países (France, 2007), aún no se conoce la situación en Argentina al respecto. Es por ello que encontrar algunas respuestas a los interrogantes planteados en esta tesis puede brindar elementos teóricos para contribuir al conocimiento del estado de la enseñanza de la biotecnología y de su abordaje en los libros de texto.

Asimismo, su caracterización proporciona información útil para el desarrollo y la ejecución de innovaciones didácticas tanto a nivel oficial como institucional o áulico. Considerando para ello aquellos aspectos positivos y útiles que brindan los textos, los recursos que los propios docentes ya utilizan en el aula y las estrategias específicas que implementan.

Por otro lado, esta tesis brinda una aproximación metodológica que utiliza principalmente al análisis de contenido pero con derivaciones particulares para dar respuesta a cada una de los interrogantes de esta tesis, con una combinación de análisis estadísticos cuali-cuantitativos, que en conjunto constituyen una metodología novedosa y posible de aplicarse a estudios similares.

La capacitación continua de docentes resulta un elemento esencial en el mejoramiento de los procesos de enseñanza-aprendizaje que tienen lugar en las aulas. Sin embargo, las propuestas de cursos y programas de formación, en general responden a diversos intereses que no siempre se corresponden con las necesidades reales de los docentes. Es por ello que, la información generada a partir de esta tesis en relación a los aspectos que los docentes priorizan en la enseñanza de la biotecnología, tanto a nivel conceptual como didáctico, aporta al conocimiento de las necesidades de los docentes a la hora de enseñar biotecnología, y por lo tanto a partir de ella se podrán diseñar propuestas de formación docente acordes a las situaciones detectadas.

Por último, como aportes indirectos de estas tesis, creemos que el conocimiento del contenido de los libros de texto puede colaborar en el proceso de selección de estos recursos, considerando tanto a los organismos oficiales que deben decidir su compra para las escuelas públicas, como los responsables de instituciones privadas o los propios docentes de cada aula. A su vez, el análisis presentado puede ayudar en el proceso de revisión, modificación y superación de las producciones editoriales, y de esta manera aportar en el desarrollo de libros de texto que respondan a las exigencias actuales de la enseñanza de las ciencias experimentales en nuestro país.

### **1.3 Contenido de la Tesis**

La presentación de esta tesis se ha organizado en cinco capítulos. En el *primero* de ellos, esta Introducción; se presenta la situación problemática que motivó la realización de esta investigación y las preguntas a la que se espera aportar a partir del conocimiento generado en esta tesis. A su vez, se señalan los objetivos generales y particulares que orientan a este trabajo.

En el *segundo* capítulo se desarrollan los aspectos centrales que dan sustento a esta investigación, organizados en dos partes. En la primera de ellas se presentan a los libros de texto como materiales curriculares, sus características particulares como elementos partícipes de los procesos de enseñanza en general y de la enseñanza de las ciencias en particular. A su vez se detallan los principales antecedentes de investigaciones registradas para el análisis de cada uno de los componentes de los textos (contenido, imágenes y actividades). En la segunda parte se definen los principales núcleos temáticos de la biotecnología como área de conocimiento científico-tecnológico. Luego se posiciona a la biotecnología en el currículo de la escuela secundaria a nivel internacional, nacional y provincial. Por último, se incluyen los principales antecedentes de las investigaciones referidas a la enseñanza de la biotecnología.

El capítulo *tercero* muestra los aspectos generales referidos a la metodología utilizada en esta tesis, la cual se basó en un diseño cuanti-cualitativo a través del análisis de contenido. Se analizan los fundamentos que sustentan al análisis de contenido y se detallan las derivaciones particulares realizadas para responder a cada uno de los objetivos de esta tesis. Especificando en cada caso las

modificaciones particulares realizadas a instrumentos y estrategias metodológicas validadas en investigaciones que nos sirvieron de referentes. Por último, se explicitan los materiales seleccionados, los instrumentos desarrollados para cada instancia y las estrategias de validación aplicadas.

En el capítulo *cuarto* se analizan los resultados derivados de esta tesis y se discuten retomando los referentes teóricos detallados en el capítulo dos. En primera instancia se discuten los resultados referidos a los contenidos de biotecnología que seleccionan los docentes, la importancia que le asignan, las estrategias que utilizan y los materiales curriculares que seleccionan para la enseñanza de la biotecnología. En segundo lugar se presenta el análisis general de la estructura de los libros de texto incluyendo una consideración individual para cada uno de los libros. Adicionalmente, se detallan los temas en los cuales se incluyen contenidos de biotecnología, las jerarquías textuales en los que se presentan, la profundidad en que se desarrollan y los elementos contextuales que se integran. Por último, se analizan los objetivos y significados de las imágenes y las actividades que acompañan a los contenidos biotecnológicos en los libros de texto. Los resultados referidos al abordaje de la biotecnología por parte de los libros de texto se discuten a partir de cómo enseñan esta temática los docentes y de los antecedentes registrados en la literatura.

Finalmente en el capítulo *quinto* se presentan las conclusiones de esta investigación, exponiéndose una síntesis de los resultados alcanzados por la tesis, como así también las recomendaciones para futuros trabajos en el tema.

En los anexos se detallan los resultados parciales que permitieron la construcción de los resultados generales presentados en esta tesis. Por último se incluyen las referencias bibliográficas.



## **CAPÍTULO 2**

# **REFERENTES TEÓRICOS Y ANTECEDENTES**

En este capítulo se desarrolla un análisis de los diferentes aspectos que han sido considerados como componentes teóricos que sustentan esta tesis, como así también los antecedentes de las investigaciones que se registran en las principales publicaciones científicas del área. La naturaleza del problema de investigación de esta tesis requirió que este capítulo fuera dividido en dos partes. En la parte A se presentan los libros de texto concebidos como materiales curriculares, se discute su lugar en las prácticas educativas en general y en las aulas de ciencias experimentales en particular, y se detallan los antecedentes de investigaciones académicas referidas a los diferentes componentes de libros de texto de ciencias experimentales. En la parte B se aborda el conocimiento específico de la biotecnología y se presenta de manera sintética las áreas de desarrollo actual de la biotecnología como conocimiento científico-tecnológico. A continuación se analiza el lugar que ocupa la biotecnología en el currículo de la escuela secundaria, y de manera particular se discuten las prescripciones curriculares vigentes para los últimos tres años de la escuela secundaria<sup>2</sup>. Finalmente se detallan las investigaciones registradas para el área de la educación en biotecnología y los antecedentes de investigaciones específicas de libros de texto para esta temática.

---

<sup>2</sup> Nivel Polimodal o Ciclo de Especialización para la Jurisdicción de la Provincia de Córdoba.

# **PARTE A: LOS LIBROS DE TEXTO Y LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES**

## **2.A.1 Los libros de texto**

El origen de los libros de texto resulta difícil de determinar. Choppin (2004) propone ubicarlos a partir de la yuxtaposición de tres géneros de literatura que participaron en los procesos educativos: la literatura religiosa a partir de la cual se originó la literatura escolar, los libros laicos de “preguntas y respuestas”, y la literatura didáctica técnica o profesional. Esta yuxtaposición habría tenido lugar en diferentes épocas comprendidas entre los años 1760 y 1830 en el continente Europeo.

En la actualidad se pueden diferenciar a los libros de texto de otro tipo de literatura, ya que éstos se producen intencionalmente para ser utilizados en la educación formal. Sin embargo no todos los libros que se utilizan como recurso didáctico en la escuela constituyen libros de texto por no haber sido diseñados inicialmente para ese fin, tales como las novelas, los cuentos, los libros de divulgación científica, etc. y a estos últimos se les nombra como “libros escolares” (Johnsen, 1993).

La mirada que se hace en esta tesis del libro de texto se orienta a su función como mediador en el proceso de concreción y objetivación curricular. Entendiendo al currículo como una construcción social flexible en la cual se cruza un entramado complejo de prácticas e intereses que guían, condicionan y recrean la realidad educativa (Gimeno Sacristán, 2005). En este proceso, el libro de texto traduce y concreta aquellos significados incluidos en el currículo prescripto por los organismos gubernamentales y lo hace a través de una presentación didáctica más elaborada en la cual se incluyen posibles estrategias de enseñanza (Martínez Bonafé, 2002). Es por ello que, Alvarez Méndez (2001) define a los libros de textos como herramientas pedagógicas destinadas al aprendizaje, que imponen una determinada distribución y jerarquización de ideas, a partir de una transformación y recreación del conocimiento epistémico. En palabras de Kuhn (1991): “son

vehículos pedagógicos para la perpetuación de la ciencia normal". Por lo tanto, también son soportes de las verdades que la sociedad cree necesario transmitir, depósitos de conocimientos que requieren difundirse para el mantenimiento de los sistemas axiológicos, las creencias y las actitudes que debe poseer el ciudadano de una determinada nación (Choppin, 1993). El libro de texto se constituye así en un elemento de poder que contribuye a la uniformización lingüística de una disciplina, a la nivelación cultural y a la propagación de las ideas dominantes (Choppin, 1980).

Los libros de texto, al ser concebidos para su utilización en la escuela, responden a principios didáctico-pedagógicos. Sin embargo, como la mayoría son elaborados por empresas editoriales, también se encuentran sujetos a los mecanismos comerciales. De manera que para ser económicamente viables, se intentan producir libros que sean fáciles de usar en diferentes instituciones educativas, y por lo tanto que sean fáciles de vender (del Carmen y Jiménez, 1997). En este sentido, un aspecto interesante a considerar es que a diferencia del resto de otras publicaciones, los libros de texto no se definen como elementos comerciales en función de sus verdaderos lectores, sino del maestro o profesor quien será el medio a través del cual el libro se venderá o no (Apple, 1989).

Asimismo, estos textos son producto de una red de conexiones culturales económicas y políticas que conforman un cuerpo de conocimientos legitimado para ser utilizado por maestros y profesores en sus aulas, es decir que representan y materializan la cultura y el conocimiento que se considera necesario. Por lo tanto, los libros de texto contienen una dimensión ideológica. Reflejan una concepción del mundo, unos valores y unas prioridades, en otras palabras ofrecen "una versión uniforme, aprobada y hasta oficial de lo que se debe creer" (Apple, 1989). Este carácter ideológico puede fundamentarse considerando que en primer lugar, los libros de texto suelen pensarse como productos anónimos, y este aparente anonimato atribuye la autoridad ideológica en la institución educativa que utilizará los libros de texto, en lugar de atribuirla a quienes los han elaborado. En segundo lugar, los libros de texto son construcciones simbólicas utilizadas como instrumentos de socialización, que introducen a las nuevas generaciones en el orden social existente y en sus relaciones de poder y dominación (Apple, 1989). Por último, influyen en los cambios políticos e ideológicos que se producen en la sociedad, lo cual se visualiza en las modificaciones que va sufriendo su contenido (Blanco, 2001). Es así que, se tornan también en textos productores de políticas

curriculares, en la medida en que reinterpretan y crean nuevos sentidos, afectando tanto al contexto de la práctica como al contexto de la producción de los textos (Gomes de Abreu et al., 2005).

En cuanto al contenido que presentan los libros de texto, resulta interesante considerar que si bien en algunos países los textos pasan por revisores estatales que los controlan antes de ingresar al “mercado”, en otros países, no existen estos sistemas de control epistemológico (Apple, 1989). De manera que, libros con errores conceptuales, derivados de malas interpretaciones en procesos de traducción, o construidas a partir de transposiciones didácticas deformantes del conocimiento científico (Gil Pérez, 1994) pueden llegar a las instituciones escolares, a las aulas y a las clases.

Ahora bien, al interior del aula, los libros de texto pueden utilizarse sólo como fuente de información complementaria hasta convertirse en el esquema conceptual de la clase (Chiappetta et al., 1993). De manera que participan de una u otra forma en el proceso de enseñanza-aprendizaje, y ello se hace extensible para el caso particular de la enseñanza de las ciencias. Por lo tanto, una reflexión sobre los libros de texto conlleva también pensar en qué significa aprender ciencia y cómo estos materiales curriculares pueden mediar en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

#### **2.A.1.1 El aprendizaje de las ciencias y los libros de texto**

El aprendizaje es un proceso complejo que requiere una participación activa y constructiva de los sujetos, en el cual las ideas previas de los alumnos interactúan con la nueva información (Ausubel et al., 2000). Este proceso de construcción requiere la interiorización de productos culturales y la organización de los conocimientos incorporados en un sistema jerárquico (Vygotsky, 1991).

Desde un enfoque sociocultural, los seres humanos transformamos nuestro mundo natural y social mediante el uso de herramientas, y mediante este proceso nos transformamos nosotros mismos. Los signos y las herramientas compartidas en la vida social cotidiana mediatizan tanto la estimulación interna como la externa. Una herramienta que resulta fundamental en el proceso de mediación es el lenguaje (Vygotsky, 1973). Los textos escritos constituyen uno de los medios que toma el

lenguaje en el proceso de enseñanza aprendizaje. En este sentido, un aspecto interesante de considerar es que la ciencia utiliza un lenguaje particular a través de una combinación de recursos semióticos tales como la representación visual, los lenguajes del simbolismo matemático y los de las operaciones experimentales. Al respecto Lemke (2002) afirma que: “el lenguaje natural de la ciencia es una combinación de palabras, diagramas, imágenes, gráficas, mapas, ecuaciones y otras formas de expresión visual y matemática”.

Si consideramos que los contenidos científicos pueden convertirse en asequibles a través de los libros de texto, entonces sería esperable que éstos expresaran a los contenidos desde el lenguaje natural de la ciencia, es decir no sólo con palabras sino con una combinación de los recursos semióticos que componen al lenguaje científico.

Los libros de texto son utilizados como fuente de información a través de su lectura directa, por lo cual resulta importante retomar los aportes de las investigaciones desarrolladas en el ámbito de la comprensión lectora, para discutir cómo el libro de texto puede mediar en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Esta corriente teórica plantea que la lectura es un proceso activo de construcción de significados, que depende de los esquemas conceptuales de los lectores y de la interacción entre éstos y la información del texto (Otero, 1990), y a través de la cual se pueden aprender las formas de hablar de la ciencia y comparar puntos de vista con otros (Marbà et al., 2009). Asimismo, leer ciencias no comporta un proceso lineal, sino que por el contrario significa también poner en juego habilidades cognitivas para la interpretación y decodificación de sus diferentes modalidades semióticas (tablas, gráficos, diagramas, lenguaje verbal, etc.). Por lo tanto, en el proceso de lecto-comprensión de textos científicos se desarrollan habilidades para la comprensión de los componentes visuales y verbales de la ciencia (Han y Roth, 2006).

Los libros de texto pueden presentar diversas potencialidades para el aprendizaje de contenidos científicos, sin embargo este potencial se encuentra condicionado por el tipo de propuesta educativa que planteen los docentes. Por lo tanto resulta interesante conocer qué lugar ocupan los libros de texto en las prácticas educativas.

## **2.A.2 El libro de texto en las prácticas educativas**

En gran parte de los trabajos científicos referidos a los libros de texto en la enseñanza de las ciencias, se argumenta que éstos constituyen un recurso didáctico muy utilizado y de importancia en las prácticas educativas. Se indica que una de las decisiones más relevantes que toman los docentes al inicio del año lectivo o ante la modificación de los planes de estudios, es la selección de un determinado libro de texto (Jiménez Aleixandre, 1997), ya que de ello dependerán los contenidos, la organización de sus clases o la evaluación de los alumnos (Concari y Giorgi, 2000). En este mismo sentido, Lazarowitz (2007) en el *Handbook of Research on Science Education* presenta una descripción del currículo de biología enseñado en la escuela secundaria en los últimos 50 años incluyendo la utilización de los libros de texto. Para ello retoma un trabajo publicado por Yager en 1982 quien escribió que “los programas de Biología en las escuelas podían estar caracterizados por una palabra: libros de texto (textbook)”, indicando de esta manera el impacto de estos materiales curriculares en las prácticas educativas. Lazarowitz a su vez, afirma que este rol asignado a los libros de texto y la manera en la cual eran utilizados por los docentes, continúan vigentes hasta hoy. Sin embargo a pesar de la extensa búsqueda bibliográfica realizada, en revistas científicas específicas sobre la enseñanza de las ciencias para el período 2000-2010, se detectaron muy pocas investigaciones que justifiquen este argumento. A continuación se detallan cada una de ellas y sus resultados.

Martins y Brigas (2005) estudiaron en Portugal cómo utilizaban los libros de texto los docentes de química del nivel secundario. Encontraron que los empleaban principalmente para la preparación de las clases, el desarrollo de las mismas, o las tareas para la casa. En cuanto la preparación de las clases, los usos más frecuentes fueron: para encontrar ejemplos o aplicaciones de los contenidos, diseñar experimentos, decidir el nivel de profundidad de abordaje de los conceptos, secuenciar los contenidos o seleccionar figuras y tablas que sirvan en actividades de análisis. En el aula la mayoría de los profesores lo empleaban para resolver ejercicios, consultar tablas y gráficos, analizar fotografías y dibujos o consultar las guías de trabajo experimental. Resulta interesante destacar que sólo la mitad de los profesores solicitaban a sus alumnos que realicen tareas de investigación sugeridas en el libro de texto o las lecturas complementarias.

Una indagación sobre el uso de libros de texto en España por Correa Piñero y Moreira (1992) indicó que los libros de texto son el recurso más utilizado por los docentes en la planificación, en la selección y secuenciación de contenidos y actividades, y como apoyo fundamental de sus explicaciones. Los autores destacan que las causas atribuidas para este tipo de uso responden a una multiplicidad de factores, algunas de ellos son: la carencia de otros medios, la disponibilidad del libro de texto, la falta de preparación del profesor para utilizar otros medios, la rutina e inercia de los profesores o el deficiente dominio de los contenidos. Por otro lado, en cuanto a cómo seleccionaban los libros de texto, los criterios más considerados por los docentes fueron: la adecuación al nivel de conocimiento de los alumnos, el lenguaje, el tipo de actividades sugeridas y la relación con el entorno o contexto.

En Brasil, Neto y Francalanza (2003) obtuvieron resultados similares en cuanto al uso que los docentes hacen de los libros de texto, de hecho encontraron que éstos le asignaban un lugar primordial en la planificación y desarrollo de sus clases. Los autores proponen una clasificación de la dependencia docente para con los libros de texto en tres niveles, desde aquellos que indagan diferentes colecciones y editoriales para la preparación de sus clases y la planificación anual, pasando por aquellos que los utilizan en su aula como apoyo para las actividades de enseñanza aprendizaje, hasta los que acuden a los libros de texto como fuente bibliográfica para completar sus propios conocimientos. Por otro lado en este mismo país Cassab y Martins, (2008) investigaron los sentidos que los profesores de ciencia atribuyen al uso del libro de texto como material curricular. Trabajaron con un grupo focal de docentes e indagaron sus concepciones en cuanto las características de sus alumnos, la tarea de enseñar y en particular enseñar ciencias y su vínculo con la selección de textos, el lenguaje de los libros de texto y su lectura. Concluyen que los sentidos atribuidos por los docentes son diversos y devienen de otros discursos y de las relaciones complejas que se establecen entre ellos. En general justifican este uso con el imaginario de que trabajan con alumnos carentes de determinadas habilidades y competencias necesarias en el proceso de aprendizaje, lo cual para estos docentes, constituye una razón para que los libros de texto sean imprescindibles en sus clases. Este argumento fue muy común para los docentes de escuelas públicas quienes expresaban que el libro de texto es el único recurso con el que cuentan. Sin embargo, otro argumento que utilizaban los docentes para

explicar porqué emplean de esta manera los libros de texto fue que éstos les permiten presentar a los estudiantes una pluralidad de sentidos.

Desde otra perspectiva, da Silva Carneiro et al. (2005) trabajaron en Brasil con un grupo de profesores que habían seleccionado el mismo libro de texto para la asignatura de química, con el objetivo de conocer qué función pedagógica le asignan. Los docentes indicaron como muy positiva la actualización de los contenidos, la diversidad de actividades propuestas y la adecuación a los lineamientos curriculares oficiales. A su vez, destacaron la posibilidad que brindaba el texto para presentar diversidad de temas relacionados con la vida cotidiana del alumno y la presencia de ilustraciones significativas en su cantidad necesaria. Por otro lado, indicaron como elementos negativos, la poca teoría evidenciada en los libros y la deficiente propuesta de actividades complementarias. En este sentido, expresaron que necesitaban contar con otras propuestas de actividades, ya que carecían de tiempo para leer, pensar y diseñar nuevas actividades o realizar cursos de formación.

Otra manera de analizar la utilización del libro de texto en las prácticas educativas está vinculada a cómo se propone la lectura de estos textos en el aula de ciencia. Digisi y Willett (1995) investigaron en Estados Unidos, cómo los profesores de Biología de la escuela secundaria enseñaban a leer los libros de texto. Encontraron que los docentes utilizan de manera diferente la lectura de los textos en función del nivel educativo, en los niveles más bajos utilizan mucho tiempo para leer el libro en clase y realizar actividades de manera conjunta, sin embargo en los niveles más altos se solicita la lectura de los textos de manera independiente, a veces como complemento de las clases y a veces para abarcar aquellos contenidos que no se alcanzan a dar en clase. Esta diferencia en el abordaje de la lectura, resulta interesante ya que estos mismos docentes opinaban que en general los estudiantes no prestan mucha atención a la lectura de los textos cuando el objetivo de esta actividad es complementar la información que se desarrolló en clase, mientras que si la lectura se solicitaba para abordar un tema nuevo, los estudiantes leen de manera más cuidadosa y con mayor atención a fin de poder aprender esta nueva información. De manera que en los niveles superiores los docentes le asignaban al libro de texto un lugar muy importante en el proceso de enseñanza – aprendizaje.



En cuanto al uso que hacen de los libros de texto, los docentes de Biología de Argentina, sólo hemos podido detectar un trabajo de investigación en las Memorias del V Jornadas de Enseñanza de la Biología, referido a la función que le asignan los docentes en formación (practicantes) a los libros de texto. Si bien no se los coloca en un lugar central en el aula, se los consideran recursos necesarios para que el estudiante pueda resolver dudas y como una herramienta de trabajo para el docente (Lapasta et al., 2001). Otro antecedente es el referenciado por Berzal (2005) en una revisión teórica del análisis de los libros de texto, en el cual se cita un trabajo de tesis de Maestría realizado en la Universidad Nacional del Comahue, y se expresan los resultados de esa tesis con la siguiente información: “la complejidad de las relaciones que se establecen entre los maestros y los materiales, conduce a la formulación de diferentes modelos asociados a los modos de utilización de éstos”. De esta manera se destaca que el uso del libro de texto es el resultado de múltiples causas que pueden resumirse en diferentes modelos explicativos. Específicamente para la Provincia de Córdoba, no se registran estudios al uso de los libros de texto en las prácticas educativas y resultaría un elemento importante de conocer.

### **2.A.3 Investigaciones en libros de texto**

Los libros de texto han sido objeto de investigación desde diversas perspectivas, es por ello que Egil Johnsen (1993), utiliza la analogía del caleidoscopio para ilustrar que pueden considerarse como expresiones interpretables desde todos los ángulos. De manera que pueden analizarse como documentos históricos para estudiar los procesos de pensamiento y conocimientos predominantes en una determinada época; la historia de una disciplina en el sistema educativo, como así también los contenidos que se han desarrollado dentro de una disciplina. Este autor destaca que los libros de textos pueden utilizarse en investigaciones de educación comparada, de exámenes ideológicos, sociológicos, antropológicos, psicológicos, lingüísticos, de política cultural y economía, epistemológico-disciplinares, pedagógicos, etc. Como ejemplo de investigaciones corte histórico, realizadas a partir del análisis de libros de texto, se destaca de manera particular para conceptos científicos el libro publicado por Gvirtz et al. (2000). Allí se presentan diferentes investigaciones referidas a la historia de la enseñanza de conceptos científicos (electricidad, evolución, astronomía y cosmografía, etc), a través de un análisis de los libros de texto utilizados en las escuelas argentinas para un período de tiempo. En esta misma línea, Cornejo

(2006) realizó un análisis histórico de la enseñanza de la ciencia y la tecnología en los niveles primario y secundario, desde 1880 hasta el 2006, a partir de los libros de texto históricamente utilizados en la escuela argentina para las materias de física, química, cosmografía, biología, manuales de ciencias naturales, y manuales para maestros y profesores de las asignaturas mencionadas.

En la enseñanza de las ciencias se registran numerosos artículos vinculados al análisis de los libros de texto. A fin de presentar una revisión de los diferentes aspectos en los que se han centrado estos trabajos y tomando en consideración aquellos elementos que serán objeto de investigación en esta tesis, los antecedentes han sido organizados según *análisis de contenido*, *actividades e imágenes*, y estudios que indagan de manera *combinada* estos factores para el abordaje de temas particulares.

### **2.A.3.1 Análisis de Contenido**

En el *análisis de contenido* se observan diferentes derivaciones de esta corriente metodológica. Un factor común de las investigaciones que estudian un contenido conceptual específico, responde al estilo de análisis de contenido temático frecuencial, en el cual se seleccionan determinadas unidades de análisis y se registra su frecuencia para el estudio del abordaje de conceptos específicos desarrollados por los libros de texto, lo cual coincide con lo expuesto por Bardín (1986) en cuanto a las investigaciones que utilizan la metodología del análisis de contenido. A continuación se resumen los aportes encontrados en cuanto al análisis de contenidos científicos en libros de texto en función de áreas temáticas, a saber: biología, química, física, naturaleza de la ciencia y por último recursos lingüísticos. Se incluyen otras áreas de las ciencias experimentales como la física y la química ya que brindan perspectivas metodológicas interesantes de considerar en el estudio de los libros de texto.

#### **En el área de la biología**

Para el área de biología, un estudio que ejemplifica este tipo de abordaje metodológico es el realizado por de Melo Ferreria y Alves Soares (2008), quienes seleccionaron nueve aspectos conceptuales para el abordaje de los arácnidos peligrosos en ocho libros de texto de ciencias para el sexto año de la Educación

Fundamental de Brasil. En función de la presencia o ausencia de estos nueve aspectos realizaron un análisis descriptivo de la información presentada en los libros y destacaron la poca importancia que se le asigna a esta temática al ser presentado en general fuera del texto principal o en subtítulos como “para saber mas” o “lecturas complementarias”. Resultados similares fueron encontrados, también en libros brasileros, por Fernández Xavier et al. (2006), para la temática de genética. Seleccionaron 15 aspectos conceptuales en función de tres criterios: inclusión en los contenidos obligatorios, investigaciones que se registran en esta área temática y temas que se presentan en los medios de comunicación. Analizaron 12 libros correspondientes a siete editoriales y realizaron un análisis cuantitativo del número de páginas destinadas al tema versus cantidad de páginas totales del libro y después según la calidad y el número de páginas. Los autores concluyen que el abordaje de la genética se realiza de una manera muy superficial y destacan que en general se incluyen los temas al final del capítulo como una “curiosidad”.

Desde esta misma perspectiva metodológica, Martínez-Gracia et al. (2003) seleccionaron 19 ítems conceptuales en cuanto a cómo presentaban a la Ingeniería Genética los libros de texto de biología españoles. A su vez analizaron el abordaje de la genética molecular a través de la selección de 23 conceptos, y su criterio de selección fue incluir en el estudio aquellos aspectos en los cuales los estudiantes presentan con frecuencia dificultades o errores conceptuales (Martínez-Gracia et al., 2006). Dentro de esta misma temática se analizaron las enfermedades genéticas en 18 libros de texto de Biología de Francia, a partir de cinco categorías conceptuales. Para la recolección de los datos, utilizaron la porción del texto que incluía el nombre de una enfermedad o anomalía, y encontraron que en general los libros presentan una mirada reduccionista del tema (Castéra et al., 2008).

Una investigación en contenidos de la salud fue realizada por Snyder y Broadway (2004), quienes estudiaron en ocho libros de texto la temática de las sexualidades en Estados Unidos. Para ello igual que las investigaciones antes descritas, seleccionaron seis aspectos de la sexualidad humana y construyeron una guía de preguntas que guió el análisis del contenido a partir de su presencia o ausencia. Por su parte Oliveira de Freitas y Martins (2008) estudiaron el abordaje del concepto de salud en una colección de libros correspondiente a tres años de la escuela media (6° a 9° año de la escuela brasileras). En una primera etapa mapearon las formas de inserción del concepto de salud en el desarrollo de diferentes temas y

luego caracterizaron las diferentes concepciones de salud presentadas. Determinaron como unidad de registro a los párrafos que contenían palabras claves que establecían relaciones directas con las cuestiones de salud. Observaron de manera general, que se orienta al estudio de la salud desde un enfoque individualista, con predominancia de las concepciones higienistas y de un enfoque anatómico-fisiológico. Asimismo se encontraron muy pocas referencias hacia un concepto de salud más amplio en el cual se considere la calidad de vida.

Martins y Avelar Guimarães (2002) analizaron las concepciones de naturaleza en 67 libros de ciencias para la enseñanza fundamental utilizados en las escuelas de Brasil, analizando en qué grado se presentaba una concientización de las problemáticas ambientales, de los valores éticos y estéticos, de las relaciones entre naturaleza y sociedad, y los niveles de participación de los individuos en su construcción. Discuten la predominancia de una visión occidental y capitalista del hombre como dominador de la naturaleza y sus implicaciones en la educación y la sociedad. Concluyen que el libro de ciencias para el nivel inicial no presenta elementos para crear una concientización y respeto hacia los problemas ambientales. En Grecia, se realizó un estudio similar referido a la imagen de naturaleza que presentan los libros de textos para la escuela primaria. En particular estudiaron cómo se presentaban elementos cognitivos como los conceptos ecológicos en la construcción de imágenes de la naturaleza. Los resultados indicaron que los libros presentan a la naturaleza bajo una condición oscilatoria de balance en la cual cada uno de los elementos se encuentran interconectados, y el hombre tiene el absoluto control sobre la naturaleza y le asignan valor desde su potencial para proveer alimento y materiales para el uso humano (Korfiatis et al., 2004).

Desde una perspectiva más global, Clifford (2002) presenta un análisis del transporte de floema en nueve libros de texto de Biología utilizados en Inglaterra. La metodología utilizada no incluye una selección previa de contenidos o categorías conceptuales a ser examinados en determinada temática. Los resultados se presentan de manera descriptiva e incluyen una propuesta de cómo podría desarrollarse el tema de manera simple y eficiente. Por otro lado, una manera diferente de análisis es la registrada en el trabajo de Roseman et al. (2010) quienes estudiaron la coherencia de textos de biología estadounidenses, a partir de mapas conceptuales. Los investigadores crearon el mapa y luego se lo dieron a expertos

para que analicen en los libros la presencia de las ideas y el desarrollo de las conexiones conceptuales expresadas en el mapa.

### **En el área de la química**

Wesolowski (2009) examinó el concepto de sustancia presente en libros de texto brasileros en función de las siguientes categorías: substancialista, empirista, atómico-molecular o animista. Desde un enfoque cuantitativo López Calafi et al. (1992), investigaron el abordaje de las propiedades de la materia en libros de texto para la EGB española. Analizaron 18 libros y contabilizaron el número de sustancias presentes y el número de veces que fueron citadas estas sustancias y sus propiedades.

Los conceptos y modelos teóricos presentes en los libros de texto de química españoles de bachillerato y universidad, fueron analizados por Furió et al. (2005 a). Examinaron cuál era el abordaje de estos modelos teóricos y en qué medida presentan una imagen pobre y deformada de la ciencia en la temática de termoquímica. Construyeron para ello una red de análisis a partir de 15 ítems y la aplicaron a 30 libros textos. Encontraron que los libros presentan las siguientes deficiencias: no tienen en cuenta aspectos axiológicos lo cual se evidencia en la ausencia de ejemplos de relaciones Ciencia Tecnología Sociedad y Ambiente (CTSA); no tienen en cuenta la existencia de concepciones alternativas de los estudiantes en prerrequisitos conceptuales; presentan un excesivo énfasis en el operativismo en el concepto de entalpía ya que los libros de texto no incorporan significados cualitativos que le den sentido físico o químico a los conceptos.

De manera similar Costa et al. (2009), construyeron categorías para el análisis de seis libros de química brasileros, pero con el objetivo de conocer el abordaje de las relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS). El artículo describe las categorías e indicadores para determinar la presencia de cada tipo de relaciones entre “ciencia y sociedad”, “ciencia y tecnología”, “tecnología y ciencia”, “tecnología y sociedad” y el conjunto de “ciencia, tecnología y sociedad”. En función de los resultados los autores concluyen que en general las relaciones CTS no están totalmente contempladas en los contenidos y por lo tanto esta situación puede contribuir al desarrollo curricular de una química desvinculada del contexto social de los alumnos. Asimismo para una derivación de estas relaciones CTSA, Lobato et

al. (2009) analizaron el concepto de estufa como fenómeno que participa en el calentamiento global del planeta, en un total de siete libros de química para la escuela secundaria utilizados en Brasil. Realizaron un análisis descriptivo del abordaje de seis aspectos conceptuales y encontraron que los libros presentan una visión muy simplista de este fenómeno.

Por otra parte, Naughton et al. (2008) aplicaron una metodología innovadora en el proceso de selección de los contenidos a analizar. El objetivo del trabajo fue conocer si los libros de texto de química estadounidenses abordaban el tema de la calidad del aire en función de las problemáticas locales. Para ello entrevistaron a representantes de nueve organismos municipales involucrados en educación ambiental sobre los conceptos y habilidades que se perciben como importantes para los ciudadanos en el tratamiento de los problemas de la calidad del aire. En función de la información recabada construyeron categorías conceptuales que fueron utilizadas para el análisis de contenido de seis libros de texto.

Por último, utilizando una metodología descriptiva sin selección de contenidos o categorías conceptuales, se presentan estudios referidos a la presencia de la historia de la ciencia en libros de texto de ciencia, para la hipótesis de avogadro (Muñoz Bello y Bertomeu Sánchez, 2003) y para la teoría del enlace covalente (Niaz, 2001).

### **En el área de la física**

Barrow (2000) analizó el concepto de magnetismo en 11 libros estadounidenses a partir de la selección de ocho conceptos claves para el tema de magnetismo. Describe el número de páginas dedicadas al tema, conceptos abordados, y si se proponen investigaciones o se sugieren otras actividades, y la inclusión o no de las relaciones CTSA. Presenta una discusión de las posibles relaciones entre la situación de los libros de texto y los preconceptos que puedan generarse. Desde otra perspectiva, Koliopoulos y Constantinou (2005) realizaron un análisis comparativo para la temática de péndulo entre los libros de texto de Grecia y los de Chipre. Estos autores plantean que el conocimiento científico contiene tres componentes: conocimiento conceptual, metodológico y atributos culturales, y éstos pueden ser incluidos en los libros de texto desde una corriente tradicional o innovadora. Desde la tradicional, la inclusión del tema toma las siguientes

características: a) es abordado de manera dispersa dentro de otros temas o unidades conceptuales; b) se presenta una abordaje matemático; c) enfoque empírico experimental en el cual la sola inclusión de experimentos es suficiente para introducir o confirmar conceptos; d) uso limitado de las implicancias culturales por ejemplo a través de la inclusión de las aplicaciones científicas sólo en cajas separadas del texto principal. Desde el enfoque innovador, la inclusión del tema toma las siguientes características: a) el énfasis está puesto en la estructura conceptual o en la presentación del tema en sí mismo, hay tres variantes, la construcción de modelos conceptuales, la presentación de sus características metodológicas o un enfoque centrado en las aplicaciones tecnológicas; b) abordaje profundo cualitativo o semicuantitativo; c) enfoque metodológico hipotético deductivo; d) presentación de la dimensión cultural a través de problemas tecnológicos.

Por su parte, Alcocer et al. (2004) realizaron un estudio de la arbitrariedad de la inclusión de ocho temas en libros de física y química de nivel medio y universitario de España. Considerando como arbitrario todo aquel contenido que no se pueda conectar con principios y leyes de carácter general. En los resultados presentan de manera descriptiva detallando cómo se aborda cada contenido en cada libro.

En cuanto a cómo se presentan temas con diferentes niveles de profundidad en función del curso para el cual está dirigido el libro, Caldas et al. (2000) estudiaron el concepto de fricción en una serie de libros brasileros para la escuela secundaria a partir de diferentes categorías conceptuales. Encontraron que el modelo utilizado en los libros introduce el concepto de fuerzas de fricción de la misma manera en niveles educativos diferentes. A su vez, los libros difieren entre si no de manera evolutiva, en orden creciente de complejidad, sino mas bien en la cantidad y en la organización sistemática de la información.

Desde una perspectiva comparativa Dall'Alba et al. (1993), analizaron el abordaje del concepto de aceleración en libros de texto de física australianos y lo compararon con la comprensión que tenían de este conceptos los estudiantes del último año de la secundaria y de primer año de la universidad. Para ello encuestaron a 90 estudiantes solicitándoles que resolvieran 14 problemas de cinemática. Encontraron que algunas de las interpretaciones de los estudiantes

eran incompletas de manera paralela a su abordaje en los libros de texto. Además no presentaban relaciones explícitas con otros conceptos, y se centraban más bien en definiciones operativas sin explicaciones conceptuales.

Alexander y Kulikowich (1994) realizaron una revisión teórica de lo que implica aprender física desde los textos, destacan que este es un proceso multidimensional que implica una compleja interacción entre alumnos, texto y contexto. Por lo tanto requiere de habilidades de lecto-comprensión en textos específicos de física y de control o regulación de su proceso de lectura. Los textos de física resultan particulares debido a su carácter bilingüe, en el cual se incluyen tanto el lenguaje verbal como el lenguaje matemático. A su vez, un exceso del lenguaje matemático puede entorpecer el proceso de comprensión. Mientras que por otro lado, las actividades que sólo se concentran en el contenido pueden ir en detrimento de los propios procesos. Finalmente la incorporación de las analogías puede desviar la atención del lector si no están planteadas de manera completa.

### **En el abordaje de la naturaleza de la ciencia**

Otro componente del contenido investigado en los libros de texto es cómo se presenta la naturaleza de la ciencia en el abordaje de determinadas temáticas. Un estudio enfocado en este sentido es el de Chiappetta y Fillman (2007), quienes examinaron cinco libros de texto de biología estadounidenses, para determinar la inclusión de cuatro aspectos de la naturaleza de la ciencia en seis capítulos de específicos. Luego realizaron una comparación entre los datos encontrados en su estudio y las características de los libros de biología registradas para los últimos 15 años. De manera similar, Serhat (2009) evaluó la calidad del tratamiento dado a la naturaleza de la ciencia en los cinco libros de texto de Biología más utilizados en las escuelas secundarias de Turquía. El estudio se planteó desde un enfoque cualitativo, de orientación y análisis de contenido etnográfico. A partir de una codificación previa, se construyeron mapas cognitivos que fueron utilizados para el análisis de la información presentada en los textos. La investigación puso de manifiesto una serie de problemas graves con relación a la manera en que la ciencia es retratada en los libros de texto. Se la interpreta generalmente como una recolección de hechos, no como un proceso dinámico de generación y prueba de explicaciones alternativas. Se presentan varias descripciones engañosas e insuficientes en relación con la actividad científica y por otra parte, algunos



aspectos importantes de la ciencia no se encontraron desarrollados en los libros de texto.

En esta misma línea, Páez y Niaz (2008) analizaron en qué grado acordaba con la nueva filosofía de la ciencia el enfoque presentado por 16 libros de texto de Química de noveno grado publicados en Venezuela. Para alcanzar este propósito construyeron ocho criterios que reflejan el punto de vista actual de filósofos, investigadores y docentes sobre la naturaleza y evolución histórica del conocimiento científico. A partir de la información presentada en los textos se clasificó cada uno de estos ocho criterios en satisfactorio; menciona; no menciona o no trata el tema. En cuando a cómo se presentan las teorías en función del contexto de la ciencia, Furió et al. (2005 b) estudiaron en 37 libros de texto de Química españoles las reacciones ácido-base a partir de seis aspectos conceptuales. A su vez a partir de entrevistas indagaron cuál era el uso que hacían los profesores de estos libros, lo cual les permitió presentar una descripción cualitativa de la situación de los libros de texto y realizaron una comparación del abordaje de estos conceptos versus su utilización por parte de los profesores.

Izquierdo y Rivera (1997) estudiaron, en libros españoles, cómo se presenta la construcción del conocimiento científico en función de los experimentos que les dieron origen, considerando para ello cuatro estrategias narrativas diferentes. A su vez, estos mismos autores estudiaron los experimentos y las referencias en los capítulos de teoría atómica y ácido-base. Trabajaron con tres libros de texto de física y tres de química, y utilizaron nueve categorías de análisis. Encontraron gran escasez de experimentos propuestos para el alumno y de experimentos que relacionaran la teoría con el mundo. Si bien los libros de texto contienen algunas inducciones teóricas a partir de la experiencia, su número era muy reducido. Por lo tanto concluyen que el libro se presenta como autoridad suficiente sin necesidad de persuadir al lector, dedicándose muy poca relevancia a la metodología científica en la construcción de las teorías (Rivera e Izquierdo, 1996).

Como antecedente argentino se registra una propuesta de análisis de la dimensión socio histórico epistemológica del conocimiento en libros de texto de ciencias naturales. Se plantean como categorías de análisis: 1) las referencias al contexto de producción del conocimiento, 2) la evolución conceptual en el campo del conocimiento y el reconocimiento y 3) la legitimación de otras formas de

conocimiento. En una aplicación de estas categorías para el análisis de dos libros de texto, observaron que en general se presentan elementos para la primera categoría, pero las referencias a las categorías 2 y 3 son mínimas o se encuentran ausentes (Dalerba et al., 2001).

Guisasola (1997) analizó la presencia de visiones distorsionadas de la naturaleza de la ciencia para el contenido de la electrostática, en 30 libros de texto españoles. El autor presenta cuatro posibles problemas: una visión aproblemática del tema, una presentación acumulativa lineal de los contenidos, una visión excesivamente analítica que transmite conocimientos sin conexiones con otros conceptos y una falta de conocimiento del cambio en la forma de ver la interacción eléctrica, que se produjo en el desarrollo de la teoría eléctrica al pasar de unos modelos a otros. Por su parte, Custódio y Pietrocola (2004) analizaron el tratamiento del principio de conservación de la energía en libros de texto de física brasileros. Observaron una débil relación entre teorías, modelos y objetos o eventos en los libros, por lo que el tratamiento de los principios científicos apenas asume un papel de técnica adicional para la resolución de problemas. A su vez en los libros predominan las exposiciones teóricas y sus aplicaciones para la resolución de problemas, discutiendo situaciones previamente modelizadas más bien que abordando el proceso de modelización que da lugar a esos conocimientos científicos. De manera que en general los libros se enfocan principalmente en el producto y no el proceso de la actividad científica.

Las ideologías presentes en libros de texto de ciencias de Noruega para el octavo año (13 años de edad), fueron estudiadas por Knain (2001). Seleccionó 30 páginas de cada libro correspondientes a tres tópicos, sin categorías fijas a fin de que el análisis fuera tan sensible al texto como sea posible. Encontró una imagen individualista de la ciencia en la cual científicos individuales están descubriendo verdades a través de experimentos. A su vez, los libros plantean que la racionalidad científica se basa solamente en procedimientos de investigación y no en debates dentro de las comunidades científicas. Por otro lado, el discurso utilizado fue muy adecuado para proporcionar un conocimiento amplio y general sobre fenómenos naturales y cotidianos. Sin embargo, resultó menos adecuado para la enseñanza de la actividad científica en la sociedad contemporánea. Dicha deficiencia se destaca como preocupante debido a que esta dimensión es esencial para comprender la

naturaleza de la ciencia y para ejercer una ciudadanía democrática en cuestiones científicas y sociales.

### **En el estudio de recursos lingüísticos**

En el análisis de contenido de los libros de texto, se registran estudios vinculados a los recursos lingüísticos. Si bien este enfoque de análisis no es el de esta tesis, se incluyen en este apartado con el objetivo de ilustrar otros aspectos que se toman en consideración en el análisis de los textos científicos.

Un elemento lingüístico muy estudiado en los libros de texto científicos son las argumentaciones, al respecto se registran investigaciones referidas a la calidad de las argumentaciones (Álvarez Pérez, 1997 y Llanos y Otero, 2009). Un trabajo realizado en este sentido y que nos interesa destacar es el de Jiménez Aleixandre et al. (2005), quienes tomando como referencia el modelo de Toulmin, analizaron la calidad de las argumentaciones en función de la existencia de relaciones explícitas entre las teorías y los datos, el empleo de estrategias de razonamiento y las pautas de argumentación que se siguen en el texto. Mientras que por otro lado, Llanos et al. (2007) examinaron qué problemas pueden surgir en torno a la argumentación matemática propuesta en libros de texto.

Un segundo elemento lingüístico estudiado son las analogías, según su distribución y funcionalidad didáctica (Fernández González et al., 2005); la utilización de analogías para la visualización de conceptos teóricos abstractos (González González, 2003) o la calidad de las mismas a través de una comparación de las relaciones establecidas en el texto entre el concepto análogo y el concepto a enseñar/aprender (Orgill y Bodner, 2006). A su vez otro elemento lingüístico estudiado son las metáforas y figuras discursivas presentes en los libros de texto, en función de su capacidad para permitir mejores comprensiones de los conceptos (Bellini y Carozza Frasson, 2006). Como antecedente argentino, se registra un estudio de las metáforas y analogías presentes en libros de texto de ciencias experimentales para el nivel primario. Los resultados indican que en el afán de simplificar los fenómenos naturales se plantean analogías o metáforas con errores conceptuales desde la perspectiva disciplinar, aspecto que destaca su impacto en la construcción de ideas alternativas alejadas de los conceptos científicos (Crespo Fanjul et al., 2004).

Por otra parte, en relación con la estructura semántica de los textos Marbà y Márquez (2005) analizaron el contenido de libros de texto de ciencias naturales. Utilizaron para ello tres categorías de análisis: la contextualización referida a los hechos y fenómenos de los que habla el texto y cómo a partir de ellos, se acerca el modelo presentado al del lector; la razonabilidad, en cuanto a cómo se presenta la información en el texto, según qué relaciones se establecen entre los hechos, el modelo y los hechos científicos; y la relacionabilidad referida a aquellos aspectos del texto que facilitan las inferencias del lector. Los autores encuentran que los libros de texto presentan dificultades para cada una de estas categorías y planean la necesidad de que el profesorado las conozca para tomar decisiones en cuanto a cómo utilizar estos materiales en el aula.

### **2.A.3.2 Análisis de las actividades**

Las *actividades* propuestas en los textos, se han estudiado a partir de su clasificación como actividades de lápiz y papel y actividades experimentales. Las primeras han sido estudiadas desde diferentes perspectivas, tal es el caso de la investigación realizada por Sánchez y Escudero (2002) en Argentina, quienes analizaron las actividades de lápiz y papel propuestas para los temas de ecología y sistema circulatorio en libros de texto de nivel medio EGB3 y nivel polimodal. Las categorías que utilizaron para el análisis fueron: nivel de formulación o definición; lenguaje en el que se expresa la solución, consideración de las concepciones alternativas, método de resolución, nivel de transformación, contexto del enunciado y posibilidad de efectuar análisis funcional. Encontraron que en general los libros proponen la resolución de problemas con lenguaje formal, de resolución verbal, con nivel de transformación cerrado, no permiten el trabajo de concepciones alternativas y admiten en general la posibilidad de análisis funcional. Sin embargo destacan de manera positiva la versatilidad de los textos, intentando incluir tanto actividades que sean de interés para los alumnos, como aquellas derivadas de los nuevos principios de la investigación en didáctica de las ciencias.

De manera más específica, García-Rojeda Gayoso (1997) propuso una clasificación de las actividades de lápiz y papel en función de los procesos cognitivos involucrados en su resolución en libros de texto de primaria españoles. Concluye que los libros de texto presentan deficiencias en cuanto a las actividades

que permitirían seleccionar y organizar la nueva información, y se observa desconexiones entre las actividades y los desarrollos teóricos. Sin embargo en general las actividades presentan una tendencia a ayudar a los alumnos a aplicar la información y a conectar los conocimientos con su experiencia extraescolar.

Resultados similares fueron encontrados por dos investigadoras argentinas, en el análisis de los contenidos procedimentales trabajados a través de las actividades propuestas para el tema “La vida, continuidad y cambio” en 12 libros de texto de Ciencias Naturales. Observaron que los procedimientos más valorados son la adquisición, comunicación y análisis de la información, en desmedro de actividades propias de la actividad científica como la formulación de hipótesis y el planteo de preguntas o situaciones problemáticas (Ruina y Berzal, 2001).

Un tipo particular de actividades de lápiz y papel son los problemas. Concari y Giorgi (2000), dos investigadoras de la Universidad Nacional del Litoral de Argentina, indagaron de qué manera se contemplan en los textos estrategias y procesos relacionados con un modelo de resolución de problemas de lápiz y papel como investigación a fin de caracterizar a dicho tratamiento. Trabajaron con 57 problemas para el tema de mecánica extraídos de cinco textos de física de nivel universitario. Realizaron un análisis de contenido del texto, las ecuaciones, las figuras, las gráficas y las tablas correspondientes a cada problema a partir de tres aspectos: el modo de presentación de la situación problemática, los aspectos involucrados en el proceso de resolución, y la manera de formular otras perspectivas. Para cada uno de ellos elaboraron categorías e indicadores que guiaron el análisis de los problemas. Encontraron que en general no se proponen verdaderos problemas, entendiéndose a éstos como situaciones que plantean dificultades para las que no se poseen soluciones inmediatas. Prevalece una presentación cerrada de las situaciones problemáticas y a su vez ciertos procesos básicos de la resolución de problemas de física, o bien son ignorados, o al menos no están explícitos en la resolución presentada.

Las actividades de lápiz y papel también han sido objeto de estudios comparativos. Islas y Guridi (1999) realizaron una comparación entre estas actividades presentes en textos de nivel medio y aquellas que aparecen en textos de nivel superior en Argentina. Asimismo las compararon con las actividades experimentales propuestas en textos de nivel medio. Trabajaron cinco libros de

texto de física y utilizaron diez categorías de análisis. Encontraron que en general se emplea la teoría de forma mínima y en muy pocos casos se analizan los conceptos que se ponen en juego en la situación a resolver. Por otra parte, las estrategias de resolución aparecen muy pautadas tanto para las actividades de lápiz y papel como para las experimentales, por lo cual concluyen que no se da espacio a la iniciativa ni a la creatividad del alumno, y a su vez se contribuye a distorsionar la imagen del científico, presentando su trabajo como algo estructurado y algorítmico.

Finalmente, en cuanto a los trabajos prácticos que se proponen en los libros de texto, García Barros y Martínez Losada (2003) investigaron libros de texto y cuadernos de campo, correspondientes a tres editoriales de primaria y primer ciclo de la EGB de España en las temáticas de materia, animales y vegetales. Examinaron un total de 98 actividades prácticas, para cada una se estudió su objetivo, su posición en el tema (inicial, integrada, final), los aspectos conceptuales implicados y los procedimientos que permite trabajar. En función de los resultados obtenidos las autoras concluyen que los libros de texto en general no presentan actividades dirigidas a la indagación observándose así una deficiencia en la enseñanza de contenidos procedimentales.

### **2.A.3.3 Análisis de las imágenes**

Un recurso que facilita la comprensión de los textos es la inclusión de imágenes, ya que favorecen a que la persona mientras lea utilice la imagen para generar inferencias y a partir de sus conocimientos previos y construya un modelo mental de los conceptos expresados (Glenberg y Langston, 1992). En una revisión teórica de los aportes de las imágenes en el proceso de aprendizaje, Carney y Levin (2002) indican que si están bien seleccionadas o bien construidas, mejoran los procesos de aprendizaje. En particular, las imágenes explicativas resultan muy beneficiosas para aquellos textos que desarrollan conceptos complejos, funcionando como modelos mentales que describen causa – efecto. Por otro lado, como se expresó al inicio de este capítulo, las imágenes también toman un papel importante considerando que constituyen otra de las formas semióticas que puede tomar el lenguaje de las ciencias (Lemke, 2002) Es por ello que en los últimos años, otra línea de investigación en los libros de texto que se ha consolidado es el análisis de las *imágenes*.

En esta tesis se entiende por imagen a aquellas “representaciones de seres, objetos o fenómenos, ya sea con un carácter gráfico (en soporte papel o audiovisual, fundamentalmente) o mental (a partir de un proceso de abstracción más o menos complejo)” según la define Perales Palacios (2006).

Las imágenes como estructuras de representación pueden clasificarse en dos tipos: narrativas o conceptuales. Las primeras representan relaciones transitorias, y pueden ser naturalistas (figuras de una acción en un momento particular) o abstractas (líneas que indican patrones). Las representaciones conceptuales presentan relaciones fijas y muestran cómo las cosas o sus propiedades pueden ser categorizadas, éstas también pueden ser naturalistas (dibujos realistas de un objeto que pone atención a sus componentes) o más abstractas (diagrama que indica cómo trabaja un circuito eléctrico). A su vez, las imágenes se pueden diferenciar en tres tipos según la naturaleza de los procesos que se intentan representar: a) clasificación o taxonomía; b) analíticos y c) simbólicos (Kress y Van Leeuwen, 1996).

Los libros de texto de ciencia pueden presentar diversos tipos imágenes: imágenes de objetos reales mediante fotografías o dibujos; ilustraciones de modelos teóricos o conceptos abstractos; diagramas que muestran las relaciones entre conceptos; gráficas bidimensionales y elementos sencillos que simbolizan conceptos o magnitudes físicas (Jiménez et al., 1997). Sin embargo, esta no es la única manera de diferenciar a las imágenes de los libros de texto. En las investigaciones analizadas encontramos que se aportan diferentes taxonomías para el estudio de las imágenes presentadas en los libros de texto.

Perales y Jiménez (2002) elaboraron una taxonomía en función de los aspectos formales y semánticos de las imágenes presentes en libros de texto de física y química de España. Los aspectos formales se refieren a cómo están realizadas y dispuestas las imágenes en el texto (uso de la perspectiva, el orden y la dirección habitual de lectura, el uso adecuado del color, etc.), mientras que los aspectos semánticos se refieren a qué significado poseen éstos para el lector. A su vez, para conocer si las ilustraciones propuestas pueden ayudar a comprender el texto, plantean que es necesario estudiar dónde aparecen y qué relaciones se establecen. A partir de estas consideraciones teóricas, los autores desarrollan taxonomías de las imágenes según: la función didáctica, la iconicidad, la funcionalidad y la relación con el texto principal y el tipo de etiquetas verbales.

Utilizaron estas taxonomías para el análisis de libros de texto de física específicamente en el tema de fuerza, y encontraron que a pesar del atractivo diseño gráfico, son numerosas las deficiencias e incoherencias. En cuanto a los aspectos formales, destacan la débil conexión entre las imágenes y los textos, así como la carencia de etiquetas verbales en las ilustraciones. Asimismo las imágenes en general no están justificadas y añaden dificultades a los lectores. Esta misma taxonomía fue utilizada por dos investigadoras argentinas de la Universidad de San Juan, para analizar las imágenes incluidas en los libros de texto de Tecnología para la EGB3 en el tema de generación y distribución de la energía. Encontraron que los libros analizados no logran combinar de manera óptima los recursos lingüísticos y visuales, por lo tanto no promoverían en los alumnos una comprensión profunda de los contenidos desarrollados (Díaz y Pandiella, 2007).

Por otro lado, Otero et al. (2002) analizaron el uso de imágenes en 41 libros de texto de física de tres niveles educativos argentinos. Realizaron una clasificación para obtener una tipología, empleando técnicas de análisis multivariadas que incluyeron a diez ítems referidos a las características generales de la imagen, la relación entre la imagen y la información verbal, y características generales del libro. Los resultados indicaron que el uso de la imagen depende del nivel para el cual está dirigido el libro, siendo escasa la interacción imagen-texto. En particular para los libros de EGB 3 concluyeron que los libros no explotan el enorme potencial las imágenes.

En cuanto al rol asignado a las imágenes en los libros de texto, Pozzer y Roth (2003) señalan una tendencia de los libros de texto a utilizar las imágenes como argumentos visuales para convencer a los lectores de la veracidad de lo expuesto por ellos. Jiménez Valladares y Perales Palacios (2002) acuerdan en que la imagen puede cumplir un papel fundamental en la construcción de modelos mentales. Estos autores analizaron las imágenes de libros de Física y Química referidas a situaciones experimentales, observaron que las imágenes se presentan como evidencias experimentales que pretenden mostrar “verdades científicas” mediante falsas situaciones experimentales que sustituyen al trabajo práctico y que refuerzan una visión empirista de la actividad científica. Asimismo, destacan que la argumentación visual resulta abusiva, ambigua o errónea, ya que se pretende fundamentar al conocimiento científico a través de una combinación entre la evidencia experimental y el sentido común. Estos mismos autores en otro de sus



trabajos desarrollaron un instrumento de análisis de las secuencias didácticas de libros de texto de ciencias para determinar el papel que los autores atribuyen a las imágenes. Trabajaron con once libros de la escuela secundaria y realizaron un análisis de tipo secuencial, integrando los aspectos sintácticos (secuencias de contenidos) y los curriculares (metodología didáctica subyacente). El procedimiento utilizado consistió en la fragmentación del texto en unidades y su clasificación posterior según la función que desempeñan (evoca, define, aplica, describe, interpreta o plantea problema). Observaron la existencia de dos grandes tendencias en los libros: por una parte, estarían los libros de corte más tradicional y, por la otra, los libros influenciados por tendencias del constructivismo y el movimiento de las concepciones alternativas de los alumnos. En cuanto a las funciones desempeñadas por las imágenes en los textos estudiados, se resalta la preferencia de los autores para plantear problemas, definir conceptos y presentar situaciones que sirven como ejemplo de los conceptos definidos (Jiménez Valladares y Perales Palacios, 2001).

Las imágenes a su vez necesitan mantener relaciones de coherencia con la información presentada en el texto. Al respecto, Pérez De Eulate et al. (1999) examinaron en ocho libros de texto de primaria españoles para el tema de digestión y excreción las características de las imágenes, las relaciones entre las imágenes, los rótulos, el texto escrito y los conceptos científicos, y finalmente qué problemas científicos se detectan en las imágenes usadas para presentar los conceptos de digestión y excreción. Elaboraron una tabla descriptiva en la que contemplaron los siguientes aspectos: técnica de producción, grado de iconicidad, ubicación espacial, orientación, color, detalles ampliados, secciones, secuencia de imágenes y grafismos. Encontraron una elevada presencia de imágenes, tal es así que estaban presentes en todas las páginas analizadas y a su vez ocupan una gran parte de su superficie. Sin embargo, observaron una escasa presencia de rótulos, por lo que considerando su relación con el texto, destacan un uso excesivo de información icónica frente a un uso infrecuente de los rótulos como recurso explicativo y facilitador del aprendizaje. A su vez registraron numerosos errores conceptuales.

Por su parte, Jiménez et al. (1997) analizaron las imágenes presentes en libros de texto españoles para los temas de estática, dinámica y fluidos. Observaron que éstas son imprescindibles en el 73% de los casos, es decir que la ilustración aporta elementos ausentes en el texto y sin los cuales no es posible comprenderlos.

A su vez, destacan que los libros pasan del mundo de la experiencia cotidiana a su representación simbólica rápidamente, dando por obvio todo el proceso de construcción de esos nuevos códigos. Por otro lado, examinaron las ilustraciones utilizadas para representar conceptos complejos a través de modelos, utilizando como ejemplo aquellas presentes en el tema de sistema nervioso. Encontraron que se proponen modelos teóricos que se dan como terminados, acabados, como un hecho incuestionable y no se presentan los criterios, los datos, las experiencias, etc. que han producido esos modelos. A su vez no siempre existe coordinación entre las ilustraciones y los modelos teóricos descritos en el texto y se presentan analogías que pretenden trivializar el problema sin tener en cuenta que muchas de las ideas propuestas han sido integradas en modelos más complejos por la comunidad científica. Finalmente, el tipo de imagen utilizada, figurativa y concreta, contribuye a transmitir una visión simplista de una realidad tan compleja.

Un estudio similar pero referido a la prevalencia, la función y la estructura de las fotografías para la temática de ecología fue realizado en Canadá por Pozzer y Roth (2003). Trabajaron con textos de Biología universitario, seleccionaron 148 fotografías y utilizaron cuatro categorías para clasificarlas según su función didáctica considerando para ello la relación entre el epígrafe, el título y el texto. Las categorías fueron: decorativa, ilustrativa, explicativa o complementaria. Encontraron que las relaciones de coherencia entre estos elementos no se mantenían constantes y variaban incluso en un mismo capítulo, lo cual dificulta la lecto-comprensión por parte de los estudiantes. A su vez, las fotografías y el tipo de información incluida en sus epígrafes, se utilizaba de la misma manera tanto para ejemplificar como para comprender un concepto desarrollado en el texto.

La calidad de las imágenes en los textos resulta un elemento importante de considerar debido a que las imágenes tienen un gran impacto en el proceso de comprensión de conceptos científicos, tal como lo muestra la investigación realizada en el Reino Unido por Stylianidou et al. (2002). Analizaron cómo influyen las imágenes en el proceso de comprensión en 12 estudiantes a través de la lectura de tres documentos y la resolución posterior de un cuestionario. Observaron que la lectura de las imágenes no fue trivial y concluyeron que los docentes necesitan dedicar tiempo y esfuerzo a la interpretación de las imágenes. Sugieren un listado de factores textuales y gráficos a tener en cuenta para incluir imágenes en los libros de texto, algunas de ellas son: ser cuidadosos cuando se mezclan entidades

simbólicas y reales, poner atención en los elementos que se resaltan intencional o accidentalmente, codificar con símbolos similares, poner atención al lugar de las palabras o los elementos verbales y cuidar la disposición de varias imágenes cuando son integradas.

A partir de una revisión teórica, Perales Palacios (2006) también analiza la influencia y las posibilidades didácticas de las imágenes en la educación científica y presenta un decálogo para valorar las imágenes de los libros de texto. Algunos de los aspectos claves que allí se consideran se resumen a continuación: en la utilización habitual de las imágenes que hacen los libros de texto abundan las irrelevantes o las cargadas de ambigüedad. Si bien no existen pruebas experimentales que atribuyan a las imágenes un efecto positivo debido a la motivación, si existen evidencias de que los textos que describen un sistema en términos de relaciones causales entre sus componentes se benefician de las imágenes siempre que éstas estén acompañadas de etiquetas verbales y muestren las relaciones existentes entre los diversos elementos. El pensamiento analógico también puede beneficiarse de las representaciones pictóricas pero sólo cuando se permite la transferencia del dominio fuente al dominio destino. Respecto a las imágenes mixtas sería deseable que incorporaran una separación explícita de los planos realista y simbólico, para evitar la tendencia de los estudiantes a priorizar la importancia de los elementos realistas sobre los simbólicos. Las imágenes deberían estar destinadas a aprendices con un bajo nivel de conocimiento previo, lo que garantizaría su accesibilidad a la mayoría de los lectores. Asimismo, para aprovechar el potencial didáctico de las imágenes es importante dirigir el proceso de exploración de las mismas mediante etiquetas verbales o tareas que obliguen a los lectores a extraer información.

#### **2.A.3.4 Estudios combinados en el análisis de los textos**

Hasta aquí se han incluido aquellas investigaciones cuyo objeto de estudio específico ha sido el análisis del contenido, las actividades o las imágenes presentes en los libros de texto de ciencias. Sin embargo en la bibliografía también se registran varios trabajos que estudian determinado contenido a través de una *combinación metodológica* e investigan estos aspectos de manera conjunta. Un estudio que refleja esta aproximación es el realizado por Calvo Pascual y Martín Sánchez (2005) que estudiaron en 34 libros de química españoles la importancia

cuantitativa dada a la química respecto a los otros campos del área de ciencias de la naturaleza según el número de páginas y de unidades didácticas; la estructura de las unidades didácticas y los tipos de actividades e imágenes presentadas en el libro.

Considerando las tres dimensiones metodológicas, dos investigadores brasileños propusieron criterios de evaluación de la calidad de los libros de texto (Vasconcelos y Souto, 2003). Para analizar el abordaje de los contenidos plantearon una escala de excelente a malo, que considera los siguientes aspectos: adecuación al nivel educativo, claridad del texto, nivel de actualización, ausencia de incoherencias y la presencia-ausencia de textos complementarios. Para las imágenes, utilizaron la misma escala según el grado de relación con el texto, la inserción en el texto, la veracidad de la información, la posibilidad de contextualización, el grado de innovación y la inducción a correctas interpretaciones. En el análisis de las actividades examinaron la presencia o ausencia de una orientación multidisciplinar, problematizaciones, propuestas de trabajos en grupo, el grado de desafío que significa para los alumnos, el nivel de complejidad que requiere su resolución, la relación con el texto, la indicación de fuentes complementarias de información y la estimulación para utilizar las Tecnologías de la Información y la Comunicación. Finalmente para los recursos complementarios analizaron la presencia o ausencia de glosarios, guía de ejercicios, atlas, guía de experimentos y guía del profesor.

De manera similar Mohr (2000) analizó el concepto de salud en 12 libros de texto brasileños. Desarrolló categorías referidas al contenido en cuanto al abordaje explícito o implícito de los conceptos, la calidad de su desarrollo (de bueno a inaceptable), la presencia de explicaciones de los términos y de los prerrequisitos, el grado de corrección, la adecuación y relación al contexto, el enfoque propuesto y el nivel de profundidad. En cuanto a las actividades, las examinaron en función de su naturaleza, es decir si proponen análisis, resolución de problemas, reproducción del texto, actividades fuera del libro o preguntas que dan lugar a respuestas abiertas, y por otro lado, si son de carácter individual o grupal. Para las imágenes sólo estudian si las mismas son correctas o incorrectas para el concepto en cuestión.

Combinando el análisis de contenido junto con el tipo de actividades propuestas, dos Santos et al. (2007) realizan un estudio comparativo del abordaje

del Filo Mollusca en libros de texto y cartillas didácticas brasileras. Utilizan criterios muy amplios para las condiciones generales del libro y en relación al contenido observan el desarrollo de conceptos generales o específicos, la manera en que están presentados, si el texto es interdisciplinario o actualizado, y la presencia de actividades complementarias. Este análisis les permite concluir que para esta temática los libros son incompletos, contienen errores y están desactualizados, de manera que recomiendan utilizar sitios de Internet para complementar las clases.

De manera similar se analizó el contenido de genética presente en 11 libros de texto de Biología argentinos, y las actividades propuestas. Se observó una tendencia a incluir ejemplos de herencia vinculados a la genética humana y a experiencias de la vida cotidiana. Asimismo si bien indica como positivo la inclusión en las propuestas de actividades de contenidos provenientes de diversos campos disciplinares de manera integradora, se destaca la necesidad de que el docente intervenga como mediador en el proceso de resolución de las mismas (Figini et al., 2001).

Por otro lado, Decker et al. (2007) investigaron de manera integrada tanto el contenido como las imágenes de 11 libros de texto de biología estadounidenses para el tratamiento del tiempo geológico en la historia de la vida. Realizaron un análisis descriptivo a partir de la extensión del tema, la presencia de determinada problemática en el texto, y el tipo de imágenes que se incluyen. Por su parte Sullivan (2008) realiza un análisis similar entre contenidos e imágenes en la temática de ecosistemas urbanos en seis libros de introducción a las ciencias ambientales estadounidenses. Seleccionó catorce temas de la ecología urbana y luego analizó la presencia de cada uno de ellos en los diferentes capítulos y el tipo de imágenes utilizadas en cada caso. Encontró una tendencia general a mostrar aquellas acciones que causan disturbios en el ecosistema, y a excluir a los procesos comunes a todos los ecosistemas como biodiversidad, evolución, etc.

Otro estudio que presenta un análisis conjunto de contenidos e imágenes es el de tres investigadoras argentinas de la Universidad Nacional de San Juan, quienes examinaron en dos textos de física el tema de presión. Para cada una de las dimensiones de análisis utilizaron metodologías validadas por otros autores. En relación a los contenidos estudiaron la organización global según microestructura, macroestructura y superestructura según antecedente-consecuente e inducción o

deducción; las categorías para los textos expositivos utilizadas fueron: descripción, colección, causación o antecedente-consecuente, problema-solución. En cuanto a la información gráfica realizaron una clasificación según su función: figurativa, simbólica y mixta; y en teniendo en cuenta su naturaleza representacional: diagramas, gráficas, mapas/planos/croquis e ilustraciones y la relación que expresan: conceptual, numérica, espacial selectiva, espacial reproductiva y del formato en que es representado. A su vez incluyeron un estudio comparativo realizado con estudiantes de 16 años aproximadamente para conocer cómo según la estructura de los textos se favorecía al desarrollo de habilidades de lecto-comprensión. Para ello les entregaron a 12 alumnos un texto A y a otros 12 un texto B para que lo leyeran y luego realizaran las siguientes actividades: elaborar un resumen, escribir la idea principal y colocar un título al texto. Encontraron que la organización global del texto y la información gráfica influyen en el desempeño de los alumnos. Las características de los textos que colaboran en el mejor desempeño de los estudiantes son: la presencia de referencias de las imágenes y la inclusión de imágenes mixtas en las que aparecen elementos figurativos y simbólicos (Pandiella et al., 2004).

Un estudio comparativo similar se registra en España para la temática de los sistemas materiales (Martínez Losada et al., 2009). En esta investigación se analizaron las concepciones de los alumnos a través de cuestionarios, luego en función de los ítems de este cuestionario elaboraron un dossier para el análisis de los niveles de profundidad conceptual que presentaban los libros de texto. Desde la misma perspectiva teórica, pero invirtiéndose el orden de análisis, se estudió en Brasil el abordaje de la teoría ondulatoria de Huygens a través de una primera descripción de cómo se presentan los conceptos en los libros y de manera posterior se realizó una indagación de las concepciones de 26 alumnos en relación a estos contenidos (Araújo y da Silva, 2009).

#### **2.A.3.5 Algunas problemáticas asociadas a los libros de texto**

Los textos didácticos de ciencia suelen comportar un alto grado de dificultad en relación a otro tipo de lecturas, una causa de ello es que el lenguaje científico utiliza formas impersonales mientras que el lenguaje cotidiano prefiere las formas personales (Márquez y Prat, 2005). Por otro lado, en el afán de simplificar el mensaje, los textos didácticos suelen eliminar la pregunta o el problema que originó

la construcción de determinada teoría, lo cual dificulta que el lector pueda relacionar lo que va a leer con lo que ya sabe o con lo que ya ha vivido tornándose el texto muy complejo para el lector inexperto (Marbà et al., 2009).

Desde esta misma perspectiva Sardà et al. (2006) plantean que en general los libros de textos presentan conceptos e ideas científicas expresadas de una manera comprimida a través de terminología científica, que requiere de un proceso de decodificación. Este proceso puede ser muy complicado para un estudiante si no tiene más referencias que el texto que está leyendo. El planteo de preguntas puede ayudar en el proceso de lectura, sin embargo los libros suelen presentar preguntas para profundizar el tema que conducen a una comprensión superficial. Los autores en este trabajo presentan una experiencia didáctica a través de la lectura de un texto seguida de una serie de preguntas de tipo literal, inferencial, evaluativa y creativa a fin de estimular diferentes niveles de lectura. A partir de los resultados concluyen que las preguntas pueden facilitar la construcción de un nuevo saber a través de una mediación entre el texto y el lector. Las preguntas que promueven inferencias ayudan a que el lector pueda utilizar sus conocimientos y profundizar en el texto deduciendo los implícitos, comprender relaciones entre ideas, intuir las intenciones del autor, relacionar conocimientos e interpretar de manera personal, entre otras habilidades cognitivas.

Marbà et al. (2009) también proponen realizar tres tipos de actividades a partir de una serie de preguntas para facilitar que en el proceso de lectura se construyan nuevos significados. La primera al igual que la propuesta de Sardà et al. (2006), está dirigida a diferenciar niveles de lectura, la segunda propone actividades de lectura cooperativa en la cual el significado del texto se construye a partir de la cooperación entre los integrantes de un grupo que responden preguntas, comparan sus respuestas y consensúan la que consideran más adecuada. Por último plantean la lectura crítica a partir de utilizar una metodología, la metodología CRITIC, que deviene de un acrónimo en el cual cada letra representa una tarea: C- Consigna; R- Rol del autor/a; I- Ideas; T- Test; I- Información; y C- Conclusión.

Los libros de texto en general no utilizan evidencia empírica en la presentación de conceptos científicos. Acuden a un principio de autoridad referido al concepto en sí mismo, a los investigadores que lo encontraron o a la metodología. Sin embargo si consideramos que el aprendizaje de los conocimientos científicos

implica un proceso de construcción y legitimación social, resulta necesario que los estudiantes tengan la posibilidad de comprender cómo se llega a determinada teórica o concepto mas que aceptarla por que lo diga el libro. Algunas de las maneras de presentar evidencias que fundamenten a una teoría pueden ser: la secuencia histórica que llevó a la construcción de las ideas, el contexto histórico de ese momento, las derivaciones matemáticas o la originalidad del trabajo experimental. A su vez estas evidencias empíricas pueden utilizarse para discutir cómo estos datos constituyen pruebas a favor a o en contra de determinada teoría y esta forma de presentar al conocimiento científico puede permitir una mejor comprensión de la naturaleza del conocimiento científico (Ormiston-Smlth, 1993).

Como síntesis se destacan las recomendaciones presentadas por Rudzitis (2003), quien ha trabajado durante 40 años en la producción y análisis de libros de texto para la escuela secundaria. En particular, nos interesan destacar aquellas que pueden transferirse al análisis del desarrollo de temáticas específicas. En cuanto a la estructura, señala la importancia de que los materiales contengan tablas, gráficos y algoritmos que ayuden a resumir la información y que a su vez le permitan al docente plantear actividades de comparación y contrastación. Incluir elementos que favorezcan la motivación de la lectura, tales como comentarios en los márgenes, ejercicios especiales, tareas y resolución de problemas. Presentar el texto con diferentes formatos, fondos y colores. Presentar descripciones de experimentos, demostraciones de interés, historias y elementos humorísticos que hagan más amigable el aprendizaje.



## **PARTE B: LA BIOTECNOLOGÍA Y LOS ANTECEDENTES DE SU ENSEÑANZA**

La alfabetización científico tecnológica tiene tres propósitos principales: la autonomía del individuo, la comunicación con los demás, y un cierto manejo del entorno. La autonomía del individuo se favorece cuando a través de la formación científico tecnológica éste es capaz de tomar decisiones racionales ante situaciones problemáticas. El conocimiento a su vez, proporciona una plataforma teórica que nos provee palabras, conceptos y estructuras de representación necesarias para comunicarnos con otros. Por último, saber siempre se encuentra vinculado a poder, es decir a poder hacer o actuar en el mundo con responsabilidad (Fourez, 1998). A través de la alfabetización científica se desarrollan capacidades para analizar e interpretar los contenidos científicos que forman parte de los fenómenos cotidianos, y de esta manera se logran construir diferentes argumentos referidos a la ciencia, la tecnología y la sociedad (Jiménez y Sanmartí, 1997; Patronis et al., 2001). Es por ello que, la alfabetización científica y tecnológica resulta esencial para la participación democrática y la toma de decisiones vinculadas a determinadas aplicaciones científicas o tecnológicas que exigen conocer sus fundamentos. En este proceso educativo, se trata de otorgar responsabilidades a la sociedad, o de darle la oportunidad para ejercer su derecho de participación ciudadana (Fourez, 1998; Gil et al., 1998). A su vez, pensar la enseñanza de la ciencia enfocada hacia la alfabetización científica, permite que durante el proceso formativo los estudiantes participen de manera legítima en la vida comunitaria, lo cual proporciona un punto de partida para el aprendizaje permanente (Roth y Lee, 2004).

Un área de conocimiento que en los últimos años ha presentado debates científico tecnológicos a la sociedad es la biotecnología (Cabo et al., 2006), de manera que, los ciudadanos se han visto involucrados en discusiones sobre la clonación, la producción de organismos genéticamente modificados, la creación de nuevos alimentos, etc. La participación democrática en estos debates requiere que las personas conozcan los fundamentos científicos y tecnológicos involucrados, es por ello que resulta esencial la inclusión de la biotecnología en la formación científica ciudadana. En esta parte B del capítulo, se discuten los fundamentos

teóricos de la biotecnología como área de conocimiento tecnocientífico, la inclusión de la biotecnología en el currículo de la escuela secundaria, los antecedentes de las investigaciones referidas a conocimientos y actitudes de los estudiantes hacia la biotecnología, y por último se presentan los antecedentes específicos de análisis de libros de texto para esta temática.

## **2. B.1 La biotecnología**

El término biotecnología fue introducido por Kart Ereky en 1919 (citado por Muñoz de Malajovich, 2006), un ingeniero agrónomo húngaro, que desarrolló un plan de cría de porcinos para sustituir sus prácticas tradicionales por una industria agropecuaria basada en el conocimiento científico. Aunque el término biotecnología data del año 1919, los primeros procesos biotecnológicos se asocian a la domesticación de las variedades vegetales para la alimentación humana a través de la selección de los mejores granos de trigo y cebada silvestre para cultivar variedades más productivas (Pedauyé Ruiz et al., 2000). De manera tal que, desde el comienzo, los procesos biológicos (aunque no fueran comprendidos) eran modificados por algún nivel tecnológico para satisfacer necesidades humanas, y sus resultados impactaban en el ámbito social. En este mismo sentido, se destacan otras actividades que involucraron procesos biotecnológicos como: la domesticación de animales, la transformación y aprovechamiento de las propiedades curativas de algunas plantas, la producción de alimentos utilizando los procesos fermentativos microbianos, etc. Estas actividades son las que se incluyen actualmente en el concepto de *biotecnología tradicional*.

A partir del desciframiento de la estructura del ADN en 1953, comienza “la revolución molecular”, la cual significó para la Biología que muchas subdisciplinas clásicas adoptaran métodos y teorías moleculares. Se tendieron puentes entre ramas de la Biología que antes mostraban escasa comprensión recíproca, de manera que puede reconocérsele a la Biología Molecular el mérito de haber hecho un gran aporte para la unificación de la Biología (Mayr, 2006). A su vez también se acoplaron diversas tecnologías tales como la ingeniería, la electrónica, la informática, etc. El resultado de esta fusión de ciencias y tecnologías es lo que ha dado lugar a la *biotecnología moderna* (Aldao, 2007).

De manera global, se puede considerar a la biotecnología como una actividad basada en conocimientos multidisciplinarios que utiliza agentes biológicos para hacer productos útiles o resolver problemas (Muñoz de Malajovich, 2006). Según el Convenio sobre la Biodiversidad (1992) “se entiende por biotecnología a toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos”. Según Smith (2004), se puede pensar en la biotecnología como un ejercicio interdisciplinario, es decir como el resultado de un trabajo colaborativo entre diferentes especialistas de áreas científicas y tecnológicas. La historia de la biotecnología contiene numerosos hechos que exponen la influencia del conocimiento científico sobre el diseño y la innovación tecnológica. Esta relación entre ciencia y tecnología no se restringió a una mera influencia, a una transferencia causal o indirecta de conocimientos al ingenio productivo, sino de verdaderos proyectos destinados a resolver desde el nuevo conocimiento científico cuestiones prácticas (Vaccarezza y Zabala, 2002). Es por ello que resulta muy difícil posicionar a la biotecnología como “ciencia” o como “tecnología”. Al respecto, desde hace más de 25 años Habermas (1986) puso en duda la esencia de la diferenciación entre ciencia y tecnología, si bien en las épocas clásicas parecía que éstas eran dos actividades distintas, en el siglo XX los desarrollos científicos y tecnológicos se han integrado. La noción de tecnociencia de este autor considera que ciencia y tecnología integran un solo haz indisoluble, algunos autores agregan a esta definición la noción de proceso considerando que en el seno de la investigación tecno-científica las actividades se encuentran coexistiendo permanentemente. La tecnociencia se manifiesta entonces como un *continuum* reversible que toca los procesos de construcción de conocimientos y artefactos, así como sus aplicaciones sociales, simbólicas y materiales (Arrellano Hernández y Morales Navarro, 2005). Es desde esta perspectiva que conceptualizamos a la biotecnología, la biotecnología puede pensarse también como una “tecnociencia en la cual se evidencia la breve distancia cognitiva y de reacción entre descubrimiento e innovación” (González Becerra, 1998). Por su parte, France (2007) en una revisión teórica sobre diferentes definiciones de biotecnología, argumenta cómo según qué elementos se enfatizan, la biotecnología puede ilustrar las múltiples relaciones entre Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente.

La analogía planteada por Smith (2004) entre la biotecnología y un árbol, puede ayudar a ilustrar la naturaleza de este concepto. Según este autor, las raíces

representan a las disciplinas básicas como la genética, la microbiología, la ingeniería química, la electrónica, etc.; el tronco a los principios fundamentales de la ingeniería genética, la inmunoquímica, el cultivo in vitro de células, etc; y la copa del árbol abarca al campo de las diferentes aplicaciones biotecnológicas, en la que cada rama representa una combinación interdisciplinaria, enfocada en áreas diferentes como la salud, la producción de alimentos, la administración de la energía, la industria farmacéutica, etc., y a su vez, las ramas pueden seguir creciendo y diversificándose.

Se podría decir que, desde su origen, la biotecnología ha buscado soluciones a problemas y demandas correspondientes a diversos sectores, es así que actualmente pueden identificarse numerosas áreas vinculadas a procesos biotecnológicos. La búsqueda de las soluciones en cada una de estas áreas implica investigaciones y desarrollos científico tecnológicos. En la Figura 2.1 presentamos una posible red conceptual que hemos construido para representar los conceptos implicados en las aplicaciones biotecnológicas, y las hemos reunido según sus finalidades. A continuación se detalla para cada una de estas áreas los principales conceptos involucrados.

Los procesos biotecnológicos en el ámbito de la *salud*, se han orientado a la producción de fármacos, vacunas y sueros. El desarrollo de técnicas de diagnóstico, las terapias génicas, los trasplantes, la fertilización asistida y las aplicaciones derivadas de nanotecnología. En la medicina regenerativa se destaca la ingeniería de tejidos, la utilización de células madre y la clonación terapéutica. La producción industrial de macromoléculas humanas como anticoagulantes, factores hematopoyéticos, interferones, interleuquinas, hormonas y anticuerpos monoclonales.

En la *industria química* se destaca la producción de enzimas para diversos usos, como por ejemplo: la producción de alimentos, la creación de nuevos elementos de limpieza, o la fabricación de medicamentos. Asimismo, se producen aminoácidos con destino a la industria alimentaria principalmente y en menor proporción a la industria farmacéutica y cosmetológica. Por otro lado, a través de microorganismos también se elaboran industrialmente otras sustancias, un ejemplo de ellas es el ácido láctico cuyo uso incluye a la industria alimentaria, la fabricación de plásticos, embalajes, etc.

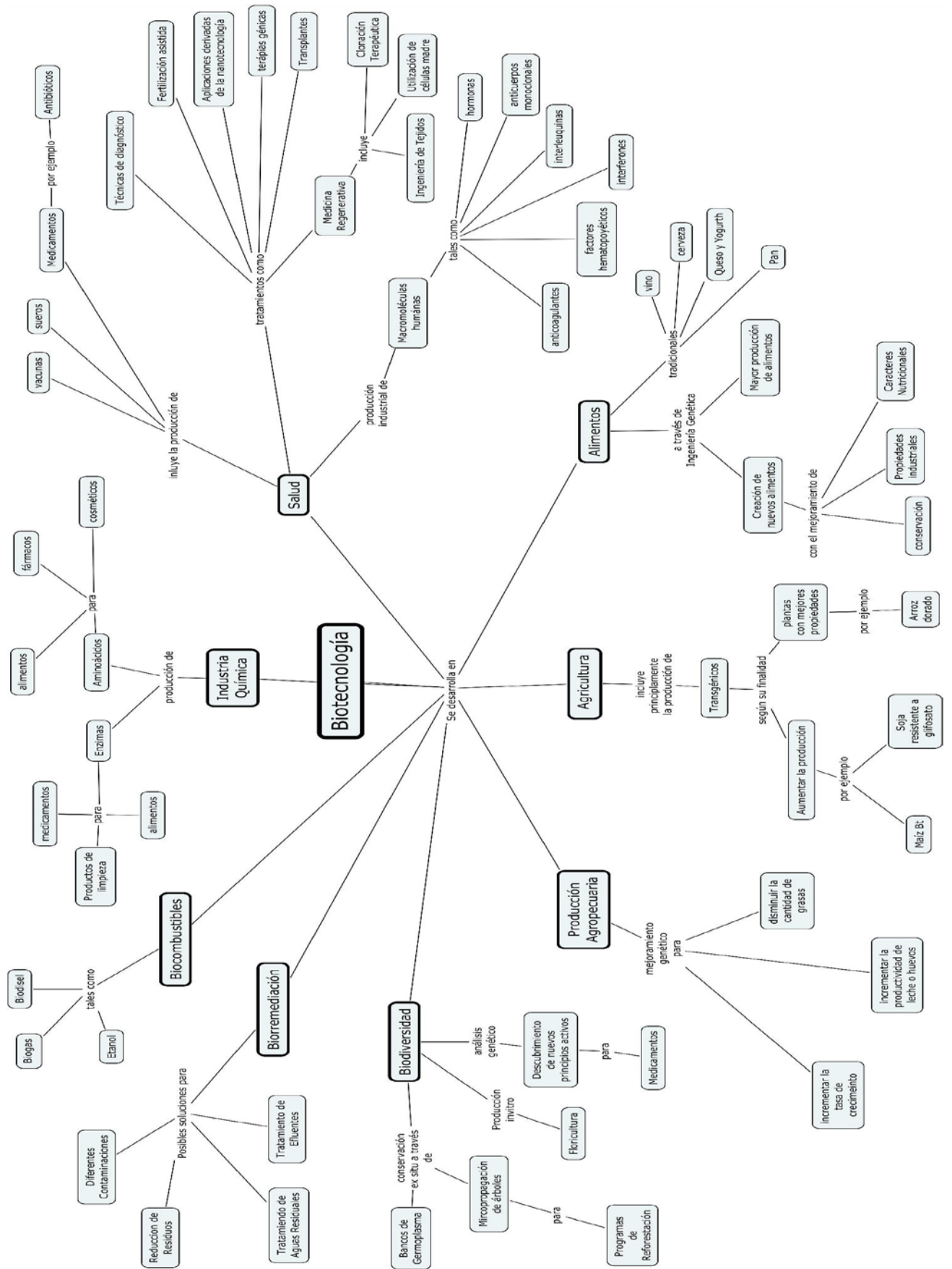


Figura 2.1: Áreas de desarrollo biotecnológico divididas según la finalidad.

La producción de plantas transgénicas constituye el mayor desarrollo biotecnológico en la *agricultura*. Algunos ejemplos son las variedades de soja resistentes al glifosato, maíz Bt resistente a insectos barrenadores, y con menor desarrollo, plantas con calidades nutricionales mejoradas, como el arroz dorado que incluye precursores para síntesis de la Vitamina A. En relación a la *producción pecuaria*, las actividades se concentran en el mejoramiento genético de las razas de ganado para incrementar la tasa de crecimiento corporal, la productividad (leche o huevos) y modificar la composición de la res aumentando la cantidad de proteína (carne y leche) en detrimento de la grasa. En la industria *alimentaria*, se incluyen por un lado a las tecnologías tradicionales para la producción de alimentos tales como el pan, la cerveza, el vino, el yogurt, etc., y por otro, la incorporación de la ingeniería genética promete la producción de mayor cantidad de alimentos y el mejoramiento de los caracteres nutricionales, la conservación y sus propiedades industriales.

Algunas aplicaciones de ingeniería genética sobre microorganismos brindan soluciones a problemas *ambientales*. Estos organismos modificados pueden colaborar en la prevención, remediación y monitoreo de la contaminación, la reducción de residuos o el tratamiento de efluentes y aguas residuales. Los desarrollos biotecnológicos enfocados al mejoramiento de las condiciones ambientales se conocen como *biorremediación*.

En relación con la *biodiversidad*, a través de bancos de genes y germoplasmas se realiza conservación *ex situ*, lo cual puede colaborar en el proceso de conservación de especies y variedades silvestres en peligro. A su vez, por medio de técnicas de micropropagación se facilita la generación de árboles más productivos y de crecimiento más rápido, los cuales pueden utilizarse en proyectos de reforestación. Otro sector que se beneficia es la floricultura, a través de la producción *in vitro* de plantas y la transferencia de genes que codifican los pigmentos, para producir nuevas flores, como por ejemplo los claveles azules colombianos. Por otro lado, a partir del análisis genético de las plantas que se utilizan tradicionalmente de manera medicinal, se encuentran principios activos que pueden resultar en nuevos medicamentos.

Con respecto al uso de los recursos naturales como fuente de energía y en busca de nuevas fuentes que no dependan de los combustibles fósiles, la

biotecnología está trabajando en la producción de *biocombustibles*: el biogas obtenido a partir de la fermentación de estiércol, residuos agroindustriales, domésticos, municipales (cloacas) o plantas, el etanol producido a partir de la fermentación microbiana de la caña de azúcar, y el biodisel elaborado a través de una reacción química entre aceites vegetales y el alcohol en presencia de un catalizador (Muñoz de Malajovich, 2006).

En cada una de las áreas descritas se encuentran implicados aspectos científicos, tecnológicos, sociales y ambientales. Es por ello que la *bioética* está vinculada estrechamente a la biotecnología en todas sus dimensiones, la cual “reflexiona sobre los actos humanos realizados con responsabilidad y que alteran radicalmente los procesos irreversibles de lo vivo” (Kottow, 2005). Por ejemplo, en la salud, se discuten temas como la clonación humana, el posible control sobre los genes de las generaciones futuras (selección artificial), los bioensayos, etc. En la agricultura la producción de transgénicos despierta discusiones referidas al probable flujo génico, las potenciales amenazas para la diversidad de variedades silvestres, las supermalezas, etc. Estos ejemplos ponen en evidencia que reflexionar sobre aspectos biotecnológicos implica pensar también en sus dimensiones éticas vinculadas al contexto, es decir la política, la economía, la cultura y el ambiente entre otros.

### **2.B.2. La Biotecnología y el currículum de la escuela secundaria**

Numerosos países han identificado a la enseñanza de la biotecnología como un factor básico para dar respuesta a la demanda de una opinión pública fundamentada, tal como se registra en el estudio realizado por Lock (1996) y los estándares para la educación científica estadounidense (National Science Education Standards, 1996). En función de este lugar primordial que ocupa en la formación ciudadana, la biotecnología ha sido incorporada desde hace más de quince años en los currículos oficiales de diversos países. France (2007) presenta una revisión bibliográfica acerca del lugar que ocupa la biotecnología en el currículo de varios países angloparlantes, destacando que la tendencia internacional es la inclusión de la biotecnología moderna en la asignatura de Biología perteneciente a los últimos años de la escuela secundaria. A pesar de esta ubicación general, también se observa que en algunos países el abordaje de la biotecnología se lleva a cabo en los primeros años de dicho nivel.

En Argentina, la ubicación curricular de la biotecnología es poco clara, y para poder comprenderla es necesario ubicarnos en las modificaciones que resultaron a partir de la sanción y promulgación de la Ley Federal de Educación N° 24.195 en Abril de 1993. Esta ley tuvo un impacto importante en el sistema educativo argentino, ya que produjo una transferencia de la educación del ámbito nacional a las jurisdicciones provinciales, e inició un proceso de transformación curricular. La escuela secundaria sufrió una modificación sustancial al establecerse dos niveles: el correspondiente al Tercer ciclo de la Educación General Básica (EGB) que en la Provincia de Córdoba se implementó como el Ciclo Básico Unificado (CBU) produciéndose una “secundarización del 7° grado de la escuela primaria” (Ley 8525/95) y el Ciclo de Especialización o Polimodal (CE) que implicó una propuesta curricular diferente según cada provincia y cada institución escolar (Miranda et al., 2006).

En esta tesis nos interesa estudiar el abordaje de la biotecnología en el nivel polimodal, por lo tanto a continuación se presenta para este nivel un análisis del impacto de las reformas educativas en las prescripciones curriculares.

A partir de la reforma se produjeron nuevos lineamientos curriculares, en primer lugar se crearon a nivel nacional los Contenidos Básicos Comunes (1995), definidos como “conjunto de saberes o formas cuya asimilación y apropiación por parte de los alumnos se considera esencial para la formación de las competencias previstas”<sup>3</sup> y luego los Contenidos Básicos Orientados para la Educación Polimodal (1997). A su vez estos contenidos fueron discutidos a nivel provincial creándose lineamientos curriculares provinciales (Miranda et al., 2006). En particular para el nivel polimodal, la provincia de Córdoba elaboró un Diseño Curricular para el Ciclo de Especialización (1997), incluyendo un capítulo para las Ciencias Naturales, con subapartados específicos para Biología, Física y Química.

En el año 2004 el Consejo Federal de Cultura y Educación asume el compromiso de desarrollar una política de enseñanza orientada a dar unidad al sistema educativo, a través de la identificación de Núcleos de Aprendizaje Prioritarios (NAP) desde el Nivel inicial hasta la Educación Polimodal/Media<sup>4</sup>. A partir de esta resolución se desarrollaron NAP para el Nivel Inicial y para los tres

---

<sup>3</sup> Resolución 33/23 del Consejo Federal de Cultura y Educación.

En: [www.me.gov.ar/consejo/resoluciones/cf\\_resoluciones.html](http://www.me.gov.ar/consejo/resoluciones/cf_resoluciones.html)

<sup>4</sup> Resolución 214/04 del Consejo Federal de Cultura y Educación.

En: [www.me.gov.ar/consejo/resoluciones/cf\\_resoluciones.html](http://www.me.gov.ar/consejo/resoluciones/cf_resoluciones.html)



niveles de la Educación General Básica, pero no se desarrollaron los correspondientes al nivel Polimodal.

En el año 2006 se inicia un proceso de reforma y se sanciona la Nueva Ley de Educación Nacional N° 26.206 la cual establece en su Artículo 29 la obligatoriedad de toda la Educación Secundaria. Sin embargo hasta el momento no se han publicado lineamientos curriculares para esta “nueva secundaria”. De manera que el currículo prescripto que continua vigente para el nivel polimodal son los Contenidos Básicos Orientados para la Educación Polimodal. Este documento organiza la enseñanza de las Ciencias Naturales a través de seis bloques temáticos: “La vida y sus propiedades”, “El mundo Físico”, “La materia, su estructura y sus cambios”, “Los subsistemas terrestres: recursos naturales y riesgos ambientales”, “Contenidos procedimentales para la investigación escolar del mundo natural” y “Contenidos actitudinales”. Si bien no se presentan especificaciones particulares para cada disciplina ni para cada año escolar, los contenidos conceptuales de Biología se encuentran abordados desde los bloques “La vida y sus propiedades” y “Los subsistemas terrestres: recursos naturales y riesgos ambientales.

El lugar que ocupan los contenidos biotecnológicos dentro de los Contenidos Básicos Comunes para la Educación Polimodal de la Nación (1997) se encontró incorporado como derivación de otros contenidos conceptuales o asociado a la manipulación genética (Tabla 2.1).

<b>Bloque Temático</b>	<b>Eje</b>	<b>Contenidos biotecnológicos presentes</b>
La vida y sus propiedades	El organismo humano y la salud	Reproducción: Técnicas de reproducción asistida. Implicancias bioéticas.
	La vida, unidad, continuidad y cambio	Manipulación de la información genética: implicancias bioéticas.

Tabla 2.1: Detalle de los contenidos conceptuales biotecnológicos presentes para cada eje organizador en los Contenidos Básicos Comunes para la Educación Polimodal de la Nación (1997).

El Diseño Curricular del Ciclo de Especialización de la Provincia de Córdoba (1997) estructuró el currículo de Biología en tres ejes organizadores: “El ambiente y la calidad de vida”, “El organismo humano y la salud” y “La vida, unidad, continuidad y cambio”. Los contenidos biotecnológicos se encuentran contemplados en este diseño curricular de manera específica sólo para 6° año, y como derivaciones de otros conceptos para 5° año (Tabla 2.2).

<b>Año</b>	<b>Eje organizador</b>	<b>Contenidos biotecnológicos presentes</b>
4	El ambiente y la calidad de vida	-
	El organismo humano y la salud	-
	La vida, unidad, continuidad y cambio	-
5	El ambiente y la calidad de vida	-
	El organismo humano y la salud	Inmunidad: Vacunas y sueros. Reproducción: Técnicas de reproducción asistida
	La vida, unidad, continuidad y cambio	-
6	El ambiente y la calidad de vida	-
	El organismo humano y la salud	-
	La vida, unidad, continuidad y cambio	Ingeniería Genética. Aplicaciones. Biotecnología. Los riesgos. Bioética.

Tabla 2.2: Detalle de los contenidos conceptuales biotecnológicos presentes para cada eje organizador y para cada año escolar en el Diseño Curricular del Ciclo de Especialización de la Provincia de Córdoba (1997).

Se puede observar que tanto en los lineamientos nacionales como en los provinciales la Biotecnología toma lugar específico a través del abordaje de la Ingeniería Genética, y se propone la inclusión de algunos procesos biotecnológicos, como la reproducción asistida o el desarrollo de vacunas, asociados a otros contenidos conceptuales.

### **2.B.3 La enseñanza de la Biotecnología como objeto de investigación**

Diversos investigadores han estudiado las actitudes de estudiantes en relación a los procesos biotecnológicos, el conocimiento que poseen los alumnos sobre conceptos biológicos que impactan en la comprensión posterior de los procesos biotecnológicos, y el efecto de determinadas estrategias de enseñanza en el aprendizaje de los mismos. Aunque somos concientes de las heterogeneidades sociales existentes en cada región en las que se han desarrollado estas investigaciones, nos interesa rescatar los principales aportes teóricos que se han derivado de las mismas.

En relación al *conocimiento y actitudes* de procesos biotecnológicos, en general se registran investigaciones que han estudiado ambos aspectos, tal es el caso de Dawson y Schibeci (2003 a). Estos autores analizaron en estudiantes de once escuelas del oeste de Australia, su nivel de comprensión y actitudes en relación a temáticas de la biotecnología (ingeniería genética, alimentos transgénicos y clonación). Encontraron que las actitudes no difirieron en función de la información que poseían los estudiantes sobre los procesos biotecnológicos. Por

otro lado, se destaca que un tercio de los estudiantes mostraron tener muy poca o ninguna comprensión sobre los procesos biotecnológicos (Dawson y Schibeci, 2003 b). Los autores plantean la necesidad de una educación en biotecnología que incluya aspectos sociales, éticos y políticos, a fin de que los estudiantes elaboren opiniones argumentadas en base a conocimientos. Finalmente señalan que en una educación cuyo propósito sea la formación ciudadana, la educación en biotecnología debería tener como propósito fomentar que los estudiantes desarrollen una mayor conciencia, así como tolerancia y respeto por la diversidad de opiniones.

Para un tema específicamente polémico de la biotecnología como la modificación genética de organismos, Ekborg (2008) realizó en Suecia un estudio referido a cómo influía la enseñanza de biología, en el *conocimiento y opinión* que tenían los estudiantes sobre los organismos genéticamente modificados. Trabajó con 64 estudiantes de escuela secundaria, les aplicó una encuesta antes y después de recibir instrucción, y luego entrevistó a 11 estudiantes para conocer en profundidad sus razonamientos. En relación a las actitudes encontró que fueron más positivas hacia la modificación genética después del curso, pero no se encontraron relaciones entre el conocimiento básico de genética y sus opiniones. Muchos no entendían la diferencia entre cultivo convencional de plantas y el cultivo con tecnología genética, a su vez tampoco conocían cómo se realiza la evaluación de riesgos de las aplicaciones biotecnológicas ni cómo trabajan los científicos e investigadores. Los estudiantes expresaron sus temores en relación al cultivo de organismos genéticamente modificados, y los justificaron con su desconocimiento de los riesgos de incluir nuevos genes en los ecosistemas y la posibilidad de perder el control de lo que se estaba haciendo.

En Inglaterra la temática de Biotecnología fue incluida en el currículo oficial desde 1989, Gunter et al. (1998) estudiaron en jóvenes de entre 16 y 19 años los *conocimientos, percepciones y actitudes* referidas a las aplicaciones biotecnológicas con una orientación especial hacia la producción de alimentos. En cuanto al concepto de Biotecnología encontraron que algunos estudiantes nunca habían escuchado el término, y aquellos que lograron elaborar una respuesta brindaron ideas confusas e inadecuadas. Como procesos biotecnológicos sólo algunos nombraron a la clonación pero sin mostrar un entendimiento claro de este proceso, y muy pocos hicieron referencia precisa a la producción de cerveza y yogurt como

procesos biotecnológicos. En cuanto a la opinión sobre los alimentos genéticamente modificados en general hubo una opinión negativa referida a que no eran seguros, eran peligrosos o que habría que evitarlos, y un grupo muy pequeño respondió que eran necesarios para satisfacer las necesidades de alimentos del tercer mundo.

En este mismo país, Lewis y Wood-Robinson (2000) realizaron un estudio para conocer qué *conocimientos* tenían los estudiantes sobre genética al terminar la escuela obligatoria, los cuáles impactan en la comprensión de procesos biotecnológicos. Analizaron qué sabían sobre proporción y tamaño entre células, cromosomas, genes, ADN y núcleo; la relación entre “seres vivos”, información genética y cromosomas; y la comprensión en cuanto a ubicación y función de genes, ADN, cromosomas, alelos e información genética. Trabajaron con 482 estudiantes de ocho escuelas diferentes, aplicando cuestionarios individuales, y entrevistas a grupos de discusión de tres integrantes. Encontraron que los alumnos no comprendían la relación entre genes, cromosomas, alelos e información genética. Tenían dificultades con el concepto de célula y desconocían que todos los seres vivos poseen información genética. Además confundían la terminología referida a la división celular, su significado, los procesos involucrados, la diferencia entre mitosis y meiosis, y no comprendían cómo intervienen los cromosomas en este proceso.

Un estudio similar fue desarrollado en Brasil por Pedrancini et al. (2007), en el cual se entrevistaron a alumnos de escuela media a fin de conocer sus *concepciones* acerca de conceptos biológicos tales como seres vivos, células, composición química y función del material genético y las relaciones entre ADN, cromosomas y genes. Asimismo realizaron entrevistas a 33 alumnos para conocer sus puntos de vista acerca de los transgénicos. A partir de los resultados, las autoras plantean que si bien los estudiantes utilizaban con naturalidad los términos biológicos indagados, no comprendían su significado. Destacan que uno de los principales problemas en el aprendizaje de conceptos biológicos radica en que la enseñanza de los mismos se encuentra fragmentada entre las asignaturas sin presentar conexiones evidentes para los estudiantes, y centrada en la repetición de términos más que en su comprensión. En relación a las concepciones de los estudiantes vinculadas a los transgénicos, se observaron principalmente concepciones intuitivas e influenciadas en gran manera por los medios de

comunicación. Un resultando evidente de esta situación es la falta de sustento científico en los posicionamientos de los estudiantes.

Simonneaux (2000) realizó un estudio en Francia con el objetivo de identificar *dificultades en conceptos* de microbiología que podrían afectar la comprensión de aplicaciones biotecnológicas que implican la utilización de virus o bacterias. Estudió las concepciones sobre “microbios” y “gérmenes” de 10 estudiantes a través de entrevistas en profundidad. Encontró que la representación que tenían los alumnos sobre bacterias y virus era de agentes agresivos y nocivos para los seres humanos, y registró gran confusión entre virus, células procariotas y eucariotas. Los alumnos reconocían pocos lugares de hábitat para los microorganismos y siempre exógenos a otros seres vivos, y muy pocos reconocieron sus usos en procesos industriales. En función de estos resultados, el autor propone crear nexos para sortear el aislamiento de cada asignatura, trabajar desde la historia de la ciencia, y presentar los conceptos relacionados a hechos de la vida cotidiana.

Por otro lado, en Alemania se registra un estudio específico de las *actitudes* de los estudiantes hacia la biotecnología. Los autores aplicaron un cuestionario a 574 estudiantes de 16 años de edad y realizaron un análisis de claster de las respuestas de los estudiantes. Determinaron así 4 tipos de estudiantes: los que confiaban en la Biotecnología, los que no estaban seguros, los que eran escépticos y los que decían que no era para ellos. A partir de estos resultados, los autores remarcan la necesidad de incorporar contenidos de biotecnología molecular en la educación, para que los ciudadanos puedan tomar decisiones de manera fundamentada (Klop y Severiens, 2007).

En una investigación preliminar realizada con alumnos de la ciudad de Córdoba hemos encontrado que un alto porcentaje de los alumnos no pudo definir a la Biotecnología y en general emitieron opiniones favorables y poco críticas en relación a los procesos biotecnológicos (Malin Vilar et al., 2008). Este es el único antecedente que podemos referenciar ya que no hemos encontrado estudios para esta problemática en nuestro país.

También se registran estudios en los cuales el grupo analizado no han sido estudiantes de la escuela secundaria específicamente, sin embargo consideramos

necesario su mención ya que ayudan a conocer el estado de la cuestión. En Eslovaquia Prokop et al. (2007) realizaron un estudio de *los conocimientos y actitudes* hacia la biotecnología de estudiantes universitarios, pertenecientes a diferentes universidades y carreras. Analizaron a 378 estudiantes, y encontraron una correlación positiva entre el nivel de conocimientos y las actitudes de los estudiantes, a mayor conocimiento de biología los estudiantes presentaban actitudes más positivas hacia la biotecnología. Sin embargo, encontraron que en general, tenían pobres conocimientos sobre biotecnología y presentaban numerosos errores conceptuales acerca de los significados de la ingeniería genética. Los autores concluyen en la necesidad de que el currículo científico se incremente para esta área de conocimiento, y que se mejoren las estrategias de enseñanza que se utilizan.

Desde una perspectiva más amplia, Aznar (2000) analizó los *conocimientos* que poseen los ciudadanos españoles sobre biotecnología. Presenta una revisión bibliográfica indicando que tanto adultos como estudiantes conocen el término, pero no lo comprenden, la mayoría se da cuenta que su conocimiento es limitado y que no les permite formular decisiones al respecto. En relación a las *actitudes*, perciben mayores riesgos en las aplicaciones humanas o su alimentación, que en las plantas de jardín o destinadas a la alimentación de ganado. Las fuentes de información reconocida, para saber sobre estas temáticas son las películas, los cómics y otros, pero no la enseñanza formal. En cuanto al conocimiento genético de los estudiantes, éstos presentan muchos inconvenientes en conceptos básicos, si bien resuelven problemas de genética de enfoque causa efecto no pueden precisar términos ni relaciones. El autor plantea dos posibles causas para ésta deficiencia, la primera de ellas fue el pobre tratamiento que hacen los libros de texto sobre la genética y los procesos de división celular, y la segunda se vincula a la falta de relación con la vida cotidiana en los problemas que plantean los docentes. Los autores sugieren la necesidad de producir materiales curriculares que permitan la comprensión de conceptos genéticos como así también de los procesos biotecnológicos.

Resulta interesante destacar la comparación de *actitudes y fuentes de información* utilizadas por el profesorado con las del público en general (Cabo et al., 2006). En cuanto a las actitudes genéricas hacia la Biotecnología, y en particular hacia cuatro aplicaciones biotecnológicas (clonación humana con fines

reproductivos, clonación terapéutica, utilización de bacterias modificadas genéticamente para luchar contra la contaminación por hidrocarburos y alimentos transgénicos), en su mayoría, tanto el profesorado como el público en general respondió creer que existían más beneficios con la biotecnología que perjuicios. Por lo tanto, la postura mayoritaria encontrada fue positiva hacia utilizar personalmente las aplicaciones biotecnológicas. En cuanto a los medios utilizados para tener información, los más utilizados fueron la televisión, los diarios y la radio. Por lo tanto, las pautas generales de interés, información y fuentes de información fueron bastante similares entre las del profesorado y las del público en general. En cambio, la mayoría rechazó la clonación con fines reproductivos y los alimentos transgénicos, pero mostraron tolerancia hacia que otros utilicen dichos alimentos, no así con la clonación para fines reproductivos.

En cuanto al *impacto de estrategias de enseñanza* en el conocimiento de los estudiantes, Flores y Tobin (2003) realizaron una experiencia en la cual presentaron artículos con puntos de vista opuestos sobre los alimentos transgénicos, a partir de los cuales los alumnos debían elaborar un ensayo. Trabajaron los aspectos relacionados a la salud humana y los alimentos transgénicos utilizando un artículo polémico de Pusztai sobre ratas alimentadas con papas transgénicas. Discutieron en clase la diferencia entre publicación científica y la no científica, qué es construir ADN y qué significa silenciar un gen, el rol de la divulgación y la repetibilidad en la ciencia, y el rol de la verdad en las autoridades científicas para aceptar una publicación o rechazar una nueva tecnología. Luego presentaron un segundo artículo sobre las mariposas monarcas y el polen de maíz, con énfasis en las preocupaciones ambientales que éstos generan. Este artículo favoreció la discusión sobre la utilización de pesticidas en la agricultura moderna, la financiación universitaria de las investigaciones versus las financiaciones industriales, el rol de los medios en la formación de la opinión pública, investigaciones a campo versus investigaciones de laboratorio, y la responsabilidad que las compañías biotecnológicas pueden tener para con el ambiente. Este ejercicio expuso a los estudiantes a leer trabajos científicos, escribir, aplicar su conocimiento biológico, pensar críticamente, y formarse una opinión con fundamentos sobre cuestiones controversiales.

Otra propuesta de un abordaje curricular biotecnológico es presentada por Colavito (2000) quien desarrolló un curso en el cual se abordaron principios y

conceptos biológicos utilizando a la biotecnología como una ventana para ver el progreso del entendimiento del mundo biológico. El curso comenzó con el estudio de biología celular y molecular, luego presentaron ejemplos biotecnológicos con un formato de estudios de caso. Los estudiantes leyeron el material, respondieron preguntas y trabajaron en grupos de discusión, en un ejercicio de aprendizaje colaborativo. Luego se realizaron experiencias de laboratorio de análisis de ADN y debatieron aspectos controversiales para la aplicación de este conocimiento en casos médicos. El autor concluye que la utilización de ejemplos biotecnológicos proporcionó una mejor comprensión y profundidad en los conceptos biológicos.

En Israel, a partir de una plan nacional de reforma educativa, Dori et al. (2003) realizaron un estudio en seis escuelas con alumnos que no eligen para sus estudios superiores disciplinas científicas. En conjunto con los docentes a cargo de los cursos desarrollaron un módulo de Biotecnología presentando dilemas de la investigación, y su impacto en la sociedad y el ambiente, desde un marco Ciencia Tecnología y Sociedad. El módulo incluyó cuatro capítulos con cuestiones polémicas referidas a la agricultura, la producción de alimentos y medicamentos, la identificación genética y la clonación. Utilizaron estudios de caso controvertidos de biotecnología con el objetivo de fomentar el desarrollo de habilidades de pensamiento de orden superior y promover un discurso socio científico con competencias en la identificación de dilemas con el medio ambiente y la moral, a través del planteamiento de preguntas y argumentos. Encontraron que los estudiantes presentaron una mejora en función a su estado inicial y observaron una mejora estadísticamente significativa en el conocimiento, la comprensión y los niveles de pensamiento de orden superior. Los autores concluyen que la utilización de estudios de caso con grupos de estudiantes, propicia un papel activo invitando a formularse preguntas, buscar y evaluar pruebas, expresar sus propias opiniones y tomar decisiones difíciles en cuestiones controvertidas. Por lo tanto, destacan la necesidad de modificar las prácticas educativas para fomentar el desarrollo de una amplia gama de habilidades de pensamiento a través del estudio de casos.

Thomas et al. (2001) estudiaron el impacto en el desarrollo de herramientas conceptuales a través de una experiencia de escuela de verano. Trabajaron en grupos, cada uno compuesto por 6 estudiantes, un mentor y un profesor. Durante el curso cada grupo analizó "si beneficiaba o no a la humanidad un desarrollo biotecnológico"; al finalizar los estudiantes escribieron un texto y presentaron la



discusión oralmente. Los autores estudiaron a través de pre y pos test, cómo se desarrolló el trabajo con otros, la comunicación y la resolución de problemas. Concluyeron que el trabajo en grupo sobre cuestiones éticas relativas a aplicaciones biotecnológicas propició un ambiente de aprendizaje natural que les permitió a los estudiantes desarrollar habilidades tales como: pensamiento crítico, lectura, toma de decisiones, aprender a preguntar y escuchar en el debate, y finalmente aprender a aprender.

En cuanto a la situación en Córdoba, podemos citar un estudio comparativo entre las apreciaciones conceptuales biotecnológicas de los alumnos y las intervenciones didácticas realizadas por sus docentes. Se trabajó con dos escuelas de la ciudad de Córdoba (Argentina) con orientación en Ciencias Naturales. En cada caso se aplicó a los estudiantes un pretest antes de la intervención didáctica y un postest al finalizar, se realizaron entrevistas en profundidad a los docentes a cargo, y se analizaron los materiales curriculares utilizados. En función de las diferencias encontradas entre ambas escuelas, se concluyó que un abordaje de la Biotecnología como respuesta a demandas y necesidades sociales impacta en la representación que los alumnos se construyen de ella, asimismo ante propuestas interdisciplinarias planteadas desde un enfoque de indagación se facilita el aprendizaje de conceptos Biotecnológicos. En cambio propuestas de tipo más teóricas y desvinculadas de las demandas sociales, dificultarían el aprendizaje de dichos conceptos (Ocelli et al., 2009).

Por todo lo expuesto, se puede sintetizar que diversos autores atribuyen las actitudes negativas sobre la biotecnología a la falta de conocimiento y a las estrategias de enseñanza que se utilizan para abordar esta temática. En el análisis de las estrategias didácticas, resulta necesario estudiar los materiales curriculares que los docentes utilizan, ya que en muchos casos constituyen una guía de selección y secuenciación conceptual (Davis y Krajcik, 2005). Como ya hemos argumentado en la parte A de este capítulo, el libro de texto puede tener un gran impacto en el aprendizaje de contenidos científicos dependiendo de su contenido y del uso que los docentes hagan de este recurso uno de los materiales curriculares. A continuación se detalla el estado de las investigaciones específicas sobre contenidos biotecnológicos en libros de texto.

#### **2.B.4 La biotecnología en los libros de texto de la escuela secundaria**

Se registran numerosas investigaciones que analizan el tratamiento de diferentes contenidos de biología en libros de texto, tales como estudios referidos al abordaje de transformaciones de la materia y la energía en los sistemas vivos (Roseman et al., 2010); fotosíntesis y respiración celular (Stern y Roseman, 2004; Ferreiro y Occelli, 2008); fisiología vegetal (Clifford, 2002); zoología (Vasconcelos y Souto, 2003; Neves Sandrin et al., 2005; dos Santos et al., 2007; de Melo Ferreira y Alves Soares, 2008); ecología urbana (Sullivan, 2008); salud (Mohr, 2000); sexualidad humana (Snyder y Broadway, 2004); HIV/SIDA (Bellini y Carozza Frasson, 2006); genética (Figini et al., 2001; Galieta Nascimento y Martins, 2005 y Fernandes Xavier et al., 2006); genética molecular (Martínez-Gracia et al., 2006); enfermedades genéticas (Castéra et al., 2008); evolución (Decker et al., 2007 y Rees, 2007); reproducción (Peláez et al., 2010) y reproducción de las plantas (Schussler, 2008).

Sin embargo no se registran investigaciones para la temática de Biotecnología en general, y de manera particular, sólo encontramos el estudio de Martínez-Gracia et al. (2003) referido al tratamiento de la ingeniería genética en libros de texto. Estos autores analizaron 34 libros de biología correspondientes a los niveles 10, 11 y 12 de la escuela secundaria española, a través de 19 ítems referidos a cómo presentaban los libros de texto a la ingeniería genética. Los resultados mostraron que la ingeniería genética fue introducida sin una clara referencia al código genético universal, la expresión de proteínas o el material genético compartido por todas las especies. En la mayoría de los casos fue pobremente definida, sin una clara distinción de los procesos involucrados. Algunos procesos (tales como los vectores) fueron explicados en detalle sin considerar los conocimientos previos de los estudiantes. Algunos libros enfatizaron aplicaciones tales como el proyecto genoma humano sin describir la secuenciación del ADN. Todos los libros incluyeron el tratamiento de posibles consecuencias de la ingeniería genética, pero en la mayoría de los casos sólo en aquellos tópicos de moda como por ejemplo en la clonación humana. Por último encontraron que los libros presentaban un exceso de información que no siempre estuvo bien fundamentada.

Por otro lado, Gomes de Abreu et al. (2005) realizaron un estudio de la contextualización de las tecnologías en libros de texto de biología y química, incluyendo a los procesos biotecnológicos como aplicaciones tecnológicas vinculadas a la biología y la química. Para ello realizaron un estudio comparativo entre el currículo prescripto y el discurso de los libros de texto. En una primera instancia comparando con las ediciones anteriores a la reforma curricular, presentan una descripción de la estructura organizativa, la selección de los contenidos, las estrategias de enseñanza que se mantuvieron y las modificaciones encontradas. En segundo lugar se focalizan en los principios de la reforma en cuanto a la contextualización de los contenidos y en las tecnologías presentadas por los libros. Por último analizan la adecuación de los principios de contextos y tecnologías presentados. En particular para los libros de biología buscaron conocer cómo se contextualiza a la tecnología en la biología a través de las aplicaciones biotecnológicas. Encontraron que los libros presentan a la tecnología como forma práctica de ejemplificación de la teoría, siempre de manera posterior a la presentación del contenido como si fuese una información complementaria. Es decir que mantuvieron la estructura previa a la reforma curricular sin modificar la presentación de los contenidos disciplinares. Incorporaron en los márgenes de las páginas o al final de los capítulos algunas de estas “aplicaciones tecnológicas” sin reconsiderar la organización o la selección de los contenidos. En síntesis los autores concluyen que en general los libros de texto no presentan a la tecnología desde la perspectiva propuesta en el currículo prescripto.

Considerando que el abordaje de la biotecnología en los libros de texto ha sido muy poco estudiado tanto a nivel local como internacional, conocer cómo se presenta esta temática en los libros de texto de la escuela secundaria resultan datos originales y no investigados hasta este momento. A su vez conocer cómo enseñan biotecnología los docentes de Biología y cómo utilizan en este proceso al libro de texto, puede brindarnos datos interesantes para mejorar la enseñanza de la biotecnología como así también la composición de estos materiales curriculares.

La revisión teórica presentada en este capítulo nos sirve como base para fundamentar a esta tesis tanto desde la disciplina, los conceptos que comportan el campo de conocimiento de la biotecnología, como desde la didáctica de las ciencias experimentales. Considerando estas perspectivas conceptuales en el capítulo siguiente se desarrolla la metodología de investigación utilizada en esta tesis.

## Capítulo 3

### Metodología

La realidad social presenta múltiples y variados aspectos lo que hace que su estudio sea complejo y difícil de reducir a unas pocas variables. En particular, la realidad educativa es compleja, dinámica e interactiva, y está dimensionada por aspectos morales, éticos y políticos (Delio del Rincón y Latorre, 1992). Desde esta perspectiva la investigación en educación tiene por finalidad comprender en profundidad los procesos allí involucrados. Se busca conocer las relaciones internas y profundas entre los distintos actores, para crear teorías de carácter comprensivo y orientativo. El alcance de estas teorías no pretende ser la construcción de abstracciones universales, sino más bien la construcción de específicas universalidades a través de estudios de caso y comparación (Colás Bravo y Buendía Eisman, 1994). Pero también, dado el carácter único e irrepetible de los fenómenos educativos, la investigación en este ámbito exige tener en cuenta el contexto para su interpretación. En cuanto a la metodología, posee un carácter multiforme, ya que utiliza diferentes métodos y responde a un variado número de perspectivas. A su vez también se destaca el carácter multidisciplinar de la investigación educativa, debido a que los problemas educativos pueden abordarse desde diferentes perspectivas o disciplinas. Finalmente, la peculiar relación entre el investigador y el objeto investigado la distingue de otras áreas, ya que el investigador forma parte del fenómeno social que se investiga, es decir la educación, y por lo tanto como sujeto que participa en él no puede estudiarlo de manera totalmente objetiva o neutral (Delio del Rincón y Latorre, 1992).

Acorde a los planteamientos señalados, en esta tesis, se utilizó una metodología basada en un diseño predominantemente cualitativo, desde esta perspectiva se busca una intelección profunda, explorar lo que es único, encontrar puntos comunes e interpretar el significado de los patrones descubiertos (Tesch, 1990). El análisis comienza con la selección del material de estudio y la construcción de categorías analíticas, la siguiente tarea es convertirlas en un esquema teórico encontrando vínculos entre los conceptos y agregando nuevos. La correspondencia de cada segmento de datos con la categoría asignada es evaluada a partir de un proceso de descontextualización y recontextualización de los datos, es decir, comparando cada segmento con los otros asignados a la misma categoría. De esta manera tal como lo plantea Hammersley y Atkinson (2007): “pueden mapearse en los datos la gama y la variación de una categoría dada, y distribuirse gráficamente estos patrones en relación con otras categorías. En la medida en que se desarrolle este proceso de selección y comparación sistemático, el modelo emergente se verá calificado”.

La selección de estrategias metodológicas principalmente cualitativas responde a la naturaleza del problema de investigación que se aborda a través de este estudio. Si bien se busca un análisis interpretativo de corte cualitativo, para llegar a la construcción de estos datos se utilizan también frecuencias numéricas, las cuales se interpretan y analizan en función del contexto. Así desde un enfoque cualitativo se pretende entender el significado sustantivo de las relaciones estadísticas que se descubren (Filstead, 1997). Es por ello que, para esta tesis, se utilizó como principal aporte metodológico al análisis de contenido.

### **3.1 Análisis de Contenido**

Según Bardin (1986), se puede definir al análisis de contenido como: “un conjunto de técnicas de análisis de comunicaciones tendiente a obtener indicadores (cuantitativos o no) por procedimientos sistemáticos y objetivos de descripción del contenido de los mensajes permitiendo la inferencia de conocimientos relativos a las condiciones de producción/recepción (variables inferidas) de estos mensajes”. En el análisis de contenido no existen plantillas ya confeccionadas y listas para usar, sólo se cuenta con patrones de base. “La técnica se adecua al campo de estudio y a los objetivos perseguidos, por lo que es necesario inventarla cada vez, o casi” (Bardín,

1986). Principalmente se utiliza la lectura como técnica para la recolección de los datos, una lectura sistemática, replicable y validada.

Pueden analizarse tanto los datos expresos (lo que el autor dice) como los latentes (lo que dice sin pretenderlo), los cuales cobran sentido y pueden ser comprendidos dentro de un contexto. El contexto es el marco de referencias que contiene aquella información que el lector utiliza para captar el contenido y el significado de todo lo que se dice. Por lo tanto, texto y contexto son dos aspectos fundamentales en esta metodología. Al campo del análisis de contenido pertenece todo el conjunto de técnicas que permitan explicar y sistematizar el contenido de los mensajes comunicativos presentes en textos e imágenes. Asimismo también se busca analizar la expresión de ese contenido en función de indicios cuantificables o no. Todo ello con el objetivo de efectuar deducciones lógicas y justificadas concernientes a la fuente (el emisor y su contexto) o a sus efectos. Para ello se aplica un juego de operaciones analíticas, adaptadas a la naturaleza del material y del problema de investigación, pudiéndose utilizar una o varias que sean complementarias entre sí para enriquecer los resultados y fundamentar la interpretación (Andréu Abela, 2002).

El análisis de contenido exige una serie de procedimientos que se inician con la definición de las *unidades de análisis*. Según Krippendorff (1990) se distinguen tres tipos de unidades de análisis: unidades de muestreo, unidades de registro y unidades de contexto. Las unidades de muestreo son aquellas porciones del universo observado que serán analizadas. Para la selección de la muestra se pueden utilizar, muestreos probabilísticos, opináticos y teóricos o combinaciones de varios de ellos<sup>5</sup>. La unidad de registro puede considerarse como la parte de la unidad de muestreo que es posible analizar de forma aislada. Es “el segmento

---

<sup>5</sup> Andréu Abela (2002) define a cada uno de estos tipos de muestreo de la siguiente manera: Muestreo probabilístico: la muestra busca ser representativa en términos estadísticos, es decir que los datos que se obtengan a partir de ella permitan conocer las características del universo del cual se extrajo la muestra.

Muestreo opinático: el investigador selecciona a los informantes en función de criterios estratégicos, tales como: el conocimiento de la situación, facilidad, voluntariedad, etc.

Muestreo teórico: el analista parte de la teoría para decidir qué datos coleccionar y dónde encontrarlos.

Tanto en el muestreo opinático como en el teórico, el investigador a medida que va realizando el estudio perfecciona la composición de la muestra, incluyendo datos hasta llegar a un punto de saturación, en el cual los nuevos casos aportan datos repetitivos y dejan de aportar información novedosa.

específico de contenido que se caracteriza al situarlo en una categoría dada”. Las unidades de registro en un texto pueden ser palabras, temas, frases, caracteres, párrafos, conceptos (ideas o conjunto de ideas), símbolos semánticos (metáforas, figuras literarias), etc. Por último, la unidad de contexto es la porción de la unidad de muestreo que tiene que ser examinada para poder caracterizar una unidad de registro. Es aquella información que co-determinan la interpretación y el significado de la unidad de registro.

En función de estas perspectivas teóricas, en esta tesis la *unidad de muestreo* (cuáles y cuántos libros de texto) se seleccionó a través de la información aportada por los informantes claves, tal como se describe en la sección 3.2. En estos libros, se definió como *unidad de registro* a la porción de texto (párrafo o conjunto de párrafos) en el cual aparece una idea o concepto referido a biotecnología, y para comprender su significado, se determinó como *unidad de contexto* a la página completa del libro que contiene a la unidad de registro.

Una vez definidas las unidades de registro en el análisis de contenido, se estableció el sistema de codificación a través del cual se transformó al texto. La codificación consiste en una transformación o descomposición del texto mediante reglas precisas, lo cual permite su representación en índices numéricos o alfabéticos. Para su enumeración y recuento Bardin (1986) plantea una serie de reglas. En esta tesis se utilizaron dos de ellas: presencia o ausencia de elementos en un texto y la intensidad. Esta última corresponde a variaciones semánticas o formales dentro de una misma clase siguiendo un orden, es decir que expresan una idea en diferentes niveles de jerarquía conceptual.

Otro aspecto que se ha considerado es la validez y fiabilidad del sistema de codificación, para lo cual se establecieron dos etapas. En la primera dos investigadores externos aplicaron el sistema de codificación propuesto para el análisis de un libro, se reunió la información, y en los casos de divergencia se discutieron los códigos hasta llegar a un consenso. En la segunda etapa se utilizó este sistema de codificación consensuado y se lo aplicó para la totalidad de los libros. Esta metodología de validación responde al enfoque de análisis cualitativo desde el cual se plantea esta tesis. A su vez este sistema de validación es muy frecuente en las investigaciones dirigidas al análisis de textos escolares (Martínez-

Gracia et al., 2003; Snyder y Broadway, 2004; Furió et al., 2005 b; Decker et al., 2007; Páez y Niaz, 2008; Schussler, 2008).

Según los objetivos del análisis de contenido se pueden identificar diferentes tipologías. Una vez definida la unidad de muestreo, se realizó en primera instancia un análisis de contenido semántico, es decir que se propuso estudiar las relaciones entre temas presentes en el texto. Se consideraron para ello a los diferentes componentes del libro de texto: texto, imágenes y actividades. Luego se buscó conocer con mayor profundidad el sistema de relaciones entre los significados, para ello se aplicó una derivación del análisis de contenido de redes, a partir del cual se infirieron las interrelaciones teóricas para comprender el sentido de comunicación de los documentos.

A continuación se desarrolla la derivación metodológica de la técnica de análisis de contenido utilizada para cada uno de los objetivos de esta tesis.

### **3.2 Qué y cómo enseñan biotecnología los docentes y qué materiales curriculares seleccionan**

A fin de determinar la unidad de muestreo para el análisis de los textos, se realizó un muestreo opinático con informantes claves. La determinación del número de informantes, se basó en los fundamentos descriptos para la metodología cualitativa, es decir que se buscó abarcar de manera profunda la mayor cantidad de información según la diversidad de posibilidades locales. En función de ello se tomaron en consideración tres criterios para la selección de los docentes a entrevistar. El primero de ellos fue el tipo de gestión de la Institución (pública o privada) a la cual pertenecían los docentes, en función de esto se seleccionaron seis escuelas con especialidad en Ciencias Naturales de la ciudad de Córdoba, tres de gestión privada y tres de gestión pública. El segundo criterio que se tuvo en cuenta fue la inclusión de la biotecnología en los lineamientos curriculares para la asignatura de Biología, en los cuales, la biotecnología se incluye en el último año de la escuela secundaria, de manera que se seleccionaron a los docentes de Biología de 6° año de estas seis instituciones. Como último criterio para el muestreo se estudiaron los contenidos de las asignaturas de la especialidad en Ciencias Naturales. Debido a la gran diversidad de propuestas en los currículos para la especialidad, se buscó incluir para cada tipo de gestión, una escuela que tuviera a



la asignatura Biotecnología, y se incluyó en la muestra a estos docentes. Se hace la salvedad de que la institución de gestión pública seleccionada incluye a la materia de Biotecnología en 5° año. Resultando así un total de ocho docentes dos de ellos a cargo de Biotecnología y seis a cargo de Biología de 6° año (Tabla 3.1).

Docente	Formación	Escuela	Tipo de Escuela	Asignatura a cargo del docente	Año
Paula	Ingeniera Química	A	Gestión privada	Biotecnología	6
Beatriz	Prof. en Ciencias Biológicas			Biología	6
Vanesa	Prof. en Ciencias Biológicas	B		Biología	6
Sandra	Bióloga y Prof. en Ciencias Biológicas	C		Biología	6
Miriam	Prof. en Ciencias Biológicas	D	Gestión pública	Biología	6
Inés	Ingeniera Química	E		Biotecnología	5
Cecilia	Prof. en Ciencias Biológicas			Biología	6
Ana	Bióloga	F		Biología	6

Tabla 3.1: Detalle de la muestra de docentes seleccionados (los nombres de los docentes han sido modificados).

Se interactuó con cada uno de estos ocho docentes a través de la técnica de la entrevista cualitativa focaliza, la cual si bien supone la construcción previa de un temario a ser tratado con los entrevistados, éste solo actúa como guía que asegura que se cubran durante la entrevista los temas más relevantes. En función de cómo se establece la conversación con cada participante, el entrevistador decide el orden y el estilo de preguntas que se utilizan. En general este tipo de entrevistas se realizan de tal manera que brindan información para comprender la posición de los participantes, captar la complejidad de sus percepciones y experiencias individuales (Colás Bravo y Buendía Eisman, 1994). Desde esta perspectiva metodológica se entrevistó a los docentes en relación a *qué aspectos de biotecnología se enseñan en el ciclo de especialización en las escuelas de la ciudad de Córdoba, considerando la importancia que le asignan los docentes, las estrategias de enseñanza que utilizan y los materiales curriculares que eligen los docentes para trabajar esta temática (Objetivo 1)*. Los temas seleccionados para la entrevista fueron:

- Inclusión de la biotecnología en el desarrollo de su asignatura.
- Importancia de la enseñanza de la biotecnología.
- Estrategias utilizadas para enseñar biotecnología: actividades de lápiz y papel, actividades de laboratorio, etc.

- Materiales curriculares y fuentes de información utilizados para enseñar biotecnología: tecnologías de la información y la comunicación, libros de texto, materiales propios, etc.

Durante las entrevistas, se realizó un registro de notas y se grabó el audio, luego ambos elementos se utilizaron para la desgrabación de los diálogos y la deconstrucción de las ideas. Para ello se realizó un análisis del contenido de la información recabada en las entrevistas a través del programa de análisis estadístico cualitativo QDA Miner, el cual permitió codificar la información para cada una de las temáticas indagadas y analizar la co-ocurrencia de categorías.

En el análisis de coocurrencias QDA Miner utiliza un método de clasificación jerárquica enlace-promedio (average-linkage hierarchical clustering method) para crear conglomerados (clusters) desde una matriz de similitud y aplicando un coeficiente de Jaccard que se calcula a partir de coincidencias y no coincidencias a partir de una tabla de doble entrada utilizando la expresión  $a/(a+b+c)$ , donde  $a$  representa casos en los que ambos elementos ocurren, y  $b$  y  $c$  representa casos en los que se encuentra un elemento pero no el otro. El resultado se presenta en forma de un dendrograma, en el cual el eje vertical se construye con los elementos, y el eje horizontal representa los conglomerados (clusters) formados en cada paso del procedimiento de clasificación (clustering). Los códigos que tienden a aparecer juntos están combinados en una etapa temprana, mientras que aquellos que son independientes uno del otro, que no aparecen juntos, tienden a estar combinados al final del proceso de aglomeración (Cisneros Puebla, 2004).

Los docentes expresaron que utilizaban siete libros de texto en total para el abordaje de Biotecnología: cinco libros de texto de Biología de diferentes editoriales y dos libros de texto de Educación para la Salud (el detalle se encuentra en el Capítulo de Resultados). En función de ello, se seleccionaron para el análisis estos siete libros de texto mencionados por los docentes y se agregaron cinco libros de texto de Biología de otras editoriales que se encontraban disponibles en las bibliotecas de las escuelas, por considerarlas fuentes de posible acceso de consulta por parte de los alumnos. De manera que la unidad de muestreo quedó conformada con 12 libros de texto como muestra la Tabla 3.3 en la que se indica a su vez su nomenclatura en esta tesis.

<b>Año</b>	<b>Autores</b>	<b>Nombre y Editorial</b>	<b>Código</b>
1992	Amestoy, E.M.	Educación para la Salud. Editorial Stella.	A
1998	Barderi, M.G.; Cuniglio, E.; Fernández, E.M.; Haut, G.E.; López, A.B.; Lotersztain, I. y Schipani, F.V.	Biología "Citología, Anatomía y Fisiología. Genética. Salud y enfermedad". Editorial Santillana.	B
1999	Giordano de Lanetosa, G.E. y Fernández de Pereyra Esquivel, V.M.	Biología "Biología humana y salud". Editorial Kapeluz.	C
1999	Meinardi, E. y Revel Chion, A.	Biología. Editorial Aique.	D
2000	Cuniglio, F.; Barderi, M.G.; Capurro, M.H.; Fernández, E.M.; Franco, R.; Frascara, G.J. y Lotersztain, I.	Educación para la Salud. Editorial Santillana.	E
2001	Amestoy, A.	Biología "Biología y evolución de las poblaciones". Editorial Stella.	F
2001	Bassarsky, M.; Busca, M. y Valenari, A.	Biología. Editorial AZ.	G
2001	Bocalandro, N.; Frid, D. y Scolovsky, L.	Biología. Editorial Estrada.	H
2001	Bombara, N.; Carreras, N.; Cittadino, E.A.; Conti, O.; Cuniglio, F.; García, M.C.; García de Ricart, M.J.; Haut, G.E.; Mateu, M.; Milano, C.; Rinaldo, M.C. y Vargas, D.	Biología. Editorial Puerto de Palos.	I
2002	Frid, D.; Muzzanti, S. y Espinoza, A.M.	Biología "La vida continuidad y cambio". Editorial Longseller.	J
2006	Adúriz-Bravo, A.; Barderi, M.G.; Bustos, D.O.; Frid, D.J.; Hardmeier, P.M. y Suárez, H.C.	Biología "Anatomía y Fisiología humanas. Genética y Evolución". Editorial Santillana	K
2006	Botto, J.; Bazán, M.; Caro, G.; LaSalle, A.; Maldonado, A.; Rodríguez, M.; Sabbatino, V. y Valli, R.	Biología. Editorial Tinta Fresca.	L

Tabla 3.3: Detalle de los 12 libros seleccionados para este estudio y su codificación.

### **3.3. Análisis de los componentes del texto y sus relaciones semánticas**

A partir de la delimitación de la unidad de muestreo se continuó con el análisis de los componentes del texto y de sus relaciones de significado a través del análisis de contenido semántico. Los elementos del libro de texto que se estudiaron fueron: la inclusión de la biotecnología en diferentes temas, la profundidad del abordaje de conceptos biotecnológicos claves, la funcionalidad de las imágenes y por último la tipología de actividades que se proponen.

#### **3.3.1 Derivaciones para los contenidos**

*Para determinar los temas en los cuales se incluyen los conceptos relacionados a la biotecnología, reconocer los contenidos que se desarrollan, la inclusión de texto, ilustraciones o actividades y establecer las jerarquías textuales que se utilizan en el desarrollo de la biotecnología en los libros (Objetivo 2), se analizó en un primer*

momento la presencia/ausencia de conceptos de biotecnología en el desarrollo de los siguientes temas: Célula, Genética, Reproducción, Regulación Hormonal, Inmunología, Microbiología, Alimentación, Salud, Ecología y Biotecnología. Asimismo, se analizó para cada uno de ellos la inclusión/exclusión de los contenidos en diferentes formatos: texto expositivo, ilustraciones y actividades.

En función de la información recolectada se estableció una perspectiva global exploratoria del abordaje de la biotecnología en los libros de texto para la escuela secundaria. Lo cual dio lugar a una aproximación de los significados establecidos por los textos para los conceptos de biotecnología. A fin progresar en este análisis, se buscó *establecer la profundidad con la cual se desarrollan los contenidos de biotecnología en los libros de texto, a partir de cuatro niveles de intensidad (Objetivo 3)*. Para ello se seleccionaron 25 conceptos como resultado de un inter-juego entre los referentes teóricos disciplinares desarrollados en el Capítulo 2-Parte B y los conceptos encontrados en los libros de texto (Tabla 3.4).

<b>Concepto</b>	<b>Nomenclatura</b>
Aprovechamiento de procesos enzimáticos	1
Biocombustibles	2
Bioética	3
Biorremediación	4
Biotecnología	5
Biotecnología y células madre	6
Clonación	7
Conservación de alimentos	8
Control de Plagas con hormonas	9
Creación de sueros	10
Fertilización asistida	11
Genoma Humano	12
Ingeniería Genética	13
Pasteurización	14
Producción de alimentos con Biotecnología	15
Producción de Antibióticos	16
Producción de anticuerpos monoclonales	17
Producción de fármacos	18
Producción de hormonas por Ingeniería Genética	19
Producción de nuevos alimentos con Biotecnología	20
Producción de vacunas	21
Revolución verde	22
Terapias génicas	23
Transgénicos	24
Transplantes	25

Tabla N° 3.4: Detalle de los conceptos seleccionados para el análisis de la profundidad que se aborda a la Biotecnología en los libros de texto de la escuela secundaria.

A partir de este inter-juego (teoría y libros de texto) algunos conceptos implicados en el desarrollo de procesos biotecnológicos como “tratamientos médicos derivados de la nanotecnología” o áreas de desarrollo como la “biotecnología y sus vinculaciones con la biodiversidad” no pudieron ser incluidos en estos conceptos por no encontrarse desarrollados en ninguno de los libros de texto. Asimismo aquellos conceptos no incluidos en los referentes teóricos, pero incorporados en los libros como por ejemplo “biotecnología y guerras biológicas” (presente sólo en un libro), tampoco formaron parte de esta selección conceptual.

Por otro lado, se determinó la jerarquía textual designada a los conceptos de biotecnología dentro de cada temática según cuatro niveles de intensidad, tal como se definió en la sección 3.1:

- a) Apartado dentro del texto principal del capítulo.
- b) Lectura complementaria fuera del texto principal.
- c) Paratextos: texto fuera del texto principal en apartados al margen de la hoja.
- d) Mención dentro del texto principal del capítulo.

Se estudió la profundidad del desarrollo de cada uno de estos conceptos a partir de tres niveles de intensidad que resultaron de la modificación de los utilizados en una investigación previa (Ferreiro y Occelli, 2008):

- a) Ejemplifica
- b) Menciona el concepto y lo describe superficialmente
- c) Se desarrolla el concepto y se presenta la explicación de los procesos involucrados

El último análisis que se realizó considerando los contenidos, fue la *identificación de los elementos contextuales con los cuales se vincula a la biotecnología en los libros de texto, considerando para ello aspectos ambientales, económicos, éticos, sociales y de la historia de la ciencia (Objetivo 4)*. En cada una de las unidades de registro se estudió la presencia/ausencia de argumentos y contra argumentos provenientes de distintos sectores e intereses en cuanto a los siguientes aspectos:

- a) Medio ambientales: vinculación entre los desarrollos biotecnológicos y el sistema de relaciones entre los componentes (bióticos y abióticos) del medio físico natural o artificial.
- b) Económicos: relaciones de la biotecnología con los sistemas de producción, intercambio, distribución y consumo de bienes y servicios, entendidos estos como medios de satisfacción de necesidades humanas.
- c) Éticos: principios y valores morales que se ponen en juego ante aplicaciones biotecnológicas.
- d) Sociales: consideración de las necesidades básicas del hombre (alimentación, salud, vivienda, etc.) y de los aspectos culturales vinculados a los desarrollos biotecnológicos.
- e) Historia de la ciencia.

### 3.3.2. El análisis de las imágenes

Las imágenes también son elementos susceptibles de ser analizadas a través del análisis de contenido semántico. Para *reconocer las principales funciones de las imágenes incluidas en el abordaje de conceptos biotecnológicos y el significado que pueden tener para el lector en función de las relaciones que se establecen con el texto (Objetivo 5)*, se tomaron las categorías propuestas por Otero et al. (2002), Calvo Pascual y Martín Sánchez (2005) y Perales Palacios (2006), y se las redefinieron como se muestra en la Tabla 3.5.

<b>Categorías</b>	<b>Indicadores</b>
<b>1) Función de las imágenes</b>	a) Facilitar la comprensión de un concepto, en función del tipo de relaciones establecidas y del grado de explicación, las imágenes pueden colaborar u orientar la de-construcción del discurso visual y de esta manera facilitar el proceso de aprendizaje.
	b) Planteo de una actividad a resolver
	c) Mostrar el montaje experimental
	d) Estético-Motivador: función decorativa, ornamental o motivadora de la imagen. El objetivo es embellecer el libro y tornarlo visualmente atractivo para el lector, aunque no se encuentre estrictamente relacionado al contenido.
<b>2) Relación con el texto principal:</b> referencias mutuas entre texto e imagen, así como también ayudas para su interpretación.	a) Connotativa: el texto describe los contenidos sin mencionar su correspondencia con los elementos incluidos en la imagen.
	b) Denotativa: El texto establece la correspondencia entre los elementos de la imagen y los contenidos representados.
	c) Sinópticas: El texto describe la correspondencia entre los elementos de la imagen y los contenidos representados, y establece además las condiciones en las cuales las relaciones entre los elementos de las imágenes representan a las relaciones entre los contenidos.

Tabla 3.5: Categorías e indicadores para el análisis de las imágenes.

### 3.3.3 El análisis de las actividades

Para establecer los tipos de actividades que se proponen para la temática de biotecnología en los libros de texto, los procesos cognitivos que se favorecen y los procedimientos que se pondrían en juego para su resolución (Objetivo 6), se realizó una primera diferenciación entre actividades de lápiz y papel y actividades experimentales.

Las actividades de lápiz y papel se analizaron a través de las categorías propuestas por García-Rodeja Gayoso (1997), las cuales toman en consideración a los procesos cognitivos que pueden activarse y se las modificó en función de los aportes de Calvo Pascual y Martín Sánchez (2005):

- Selección: actividades que promueven la selección de la información del texto.
- Adquisición: se proponen preguntas cuyas respuestas están explícitas en el texto, o actividades cuyas soluciones se hacen explícitas en el texto.
- Organización: actividades para organizar o estructurar diferentes ideas del texto, las cuales permiten construir conexiones con la nueva información.
- Elaboración: actividades que promueven la relación con los elementos preexistente en la estructura cognoscitiva del alumno. Dentro de esta categoría se pueden a su vez diferenciar en los siguientes tipos:
  - a) Promueven la activación del conocimiento previo del alumnado.
  - b) Fomentan la aplicación de las ideas del texto a través de preguntas cuyas respuestas no son explícitas.
  - c) Promueven la argumentación y el desarrollo de juicio crítico, solicitando justificación de sus respuestas.
  - d) Promueven la aplicación de conceptos, mediante la resolución de situaciones problemáticas o la solicitud de ejemplos.
  - e) Permiten la conexión entre las actividades de la unidad.
  - f) Permiten la conexión entre las ideas de la unidad y las de otras unidades.
  - g) Permiten la conexión entre las ideas de la unidad y las de otras áreas temáticas.
  - h) Generan oportunidades para establecer conexiones entre el conocimiento académico y las experiencias fuera del aula.

- i) Promueven la diversidad de opiniones a través de la solicitud de consulta y búsqueda de nueva bibliografía.

A su vez, tanto para las actividades de lápiz y papel como para las experimentales, se utilizaron las categorías propuestas por García Barros y Martínez Losada (2003), las cuales consideran (Tabla 3.6):

- posición en el tema
- aspecto/s conceptuales implicados
- procedimientos que permite trabajar.

<b>Aspectos analizados</b>	<b>Categorías</b>
<b>Posición en el tema</b>	Inicial: al comienzo del desarrollo
	Integrada: de manera transversal durante todo el desarrollo
	Final: a modo de integración al final
<b>Identificación de los aspectos conceptuales implicados en la resolución de cada actividad</b>	Inclusión / exclusión de los 25 conceptos seleccionados (Tabla 3.4)
<b>Análisis de los procedimientos</b>	a) planificación del proceso (emisión de hipótesis)
	b) observación
	c) búsqueda de información
	d) organización de la información
	e) comunicación
	f) interpretación
	g) habilidades manipulativas y de cálculo

Tabla 3.6: Categorías para el análisis de las actividades presentes en los libros de texto.

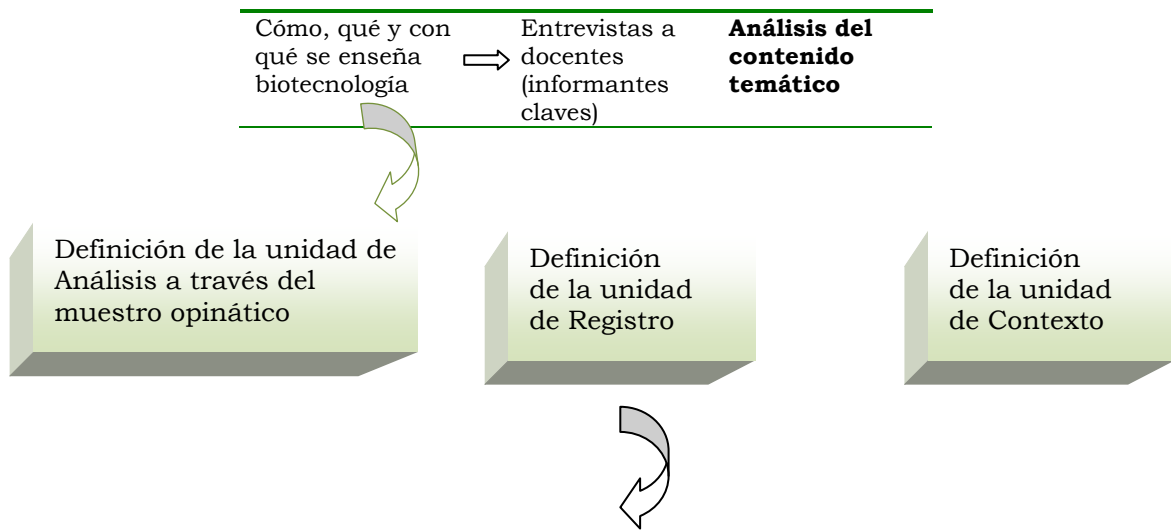
### **3.4 Análisis de la estructura del texto**

Para inferir las estructuras del texto a través de la construcción de mapas conceptuales, la elaboración de resúmenes y según la organización interna de los conceptos en los textos (Objetivo 7) se utilizó una derivación del análisis de contenido de redes. Esta metodología deviene del trabajo propuesto por el lingüista inglés Michael Hoey (2005) para el estudio de los patrones léxicos presentes en el discurso, quien plantea que la repetición de estructuras léxicas ayudan a que el lector obtenga pistas referidas al contenido del texto y de esta manera le sea comprensible. Estas “repeticiones cohesivas” contribuyen a la coherencia global del texto. Algunos autores han tomado los aportes de Hoey para el análisis de contenido utilizando herramientas informáticas que registran la repetición de palabras y luego a partir de dicho registro se construyen redes (Moss et al., 2003).



En esta tesis nos interesó realizar un análisis de los conceptos más que un estudio lingüístico, es por ello que basándonos en los fundamentos del análisis de contenido de redes, y considerando la mirada cualitativa propuesta para este estudio, realizamos una modificación para la construcción de estas redes a partir de conceptos. Un antecedente importante que se retomó para lograr esta modificación fue el trabajo realizado Serhat (2009), quien estudió el abordaje de la naturaleza de la ciencia en textos de biología a partir de la construcción de mapas conceptuales, y planteó dos razones por las que los mapas resultan útiles como herramientas analíticas. La primera de ellas se basa en que proporcionan un resumen gráfico del contenido del texto lo cual ayuda a contrastar la consistencia entre lo que plantea el texto y la lógica de la disciplina. La segunda razón es que proporcionan al investigador una visión global del contenido del texto y de las relaciones conceptuales que se establecen. Es por ello que, considerando estas potencialidades de los mapas para el análisis de la estructura conceptual de los textos, se elaboró un mapa conceptual para cada libro en función de los datos que se obtuvieron en cada uno de los análisis anteriores. A partir de estos mapas se estudió la coherencia secuencial de la temática de Biotecnología en los textos.

### 3.5 Diagrama integrador de la metodología



Contenidos	Aspecto a analizar	Sistema de codificación	Elaboración de mapas conceptuales
	Temas en los que se incluyen los conceptos	Presencia/Ausencia	
	Jerarquía textual con la que se abordan los conceptos	Intensidad	
	Niveles de profundización de los contenidos	Intensidad	
	Elementos contextuales	Presencia/Ausencia	
Imágenes	Funciones de las imágenes	Presencia/Ausencia	
Actividades	Lápiz y papel	Presencia/Ausencia	
	Experimentales	Presencia/Ausencia	

**Análisis de contenido temático**

## Capítulo 4

# Presentación e interpretación de resultados

En este capítulo se exponen los resultados a partir de los datos obtenidos de acuerdo a la metodología expuesta en el capítulo anterior, para dar respuesta a cada uno de los interrogantes de esta tesis. Se han organizado en cinco partes: en la primera, se presentan los resultados de las entrevistas realizadas a los docentes para conocer cómo enseñan biotecnología, cuál es la importancia que le asignan a su enseñanza, qué contenidos seleccionan, qué estrategias de enseñanza y qué materiales curriculares o fuentes de información utilizan en esta temática. Para cada caso, se detallan las frecuencias encontradas y se presenta un análisis de co-ocurrencias de categorías para cada una de las dimensiones propuestas.

En segundo lugar, se describe la estructura de los libros de texto a través de mapas conceptuales que presentan de manera global cómo se aborda la biotecnología en cada libro. En la tercera sección se desarrollan los resultados del análisis conceptual, se comienza con la identificación de los temas en los cuales se desarrollan con mayor frecuencia conceptos biotecnológicos, luego se presenta la profundidad en la cual son abordados y finalmente se detallan los elementos contextuales que se incluyen en su desarrollo. En cuarto lugar, se describe el número y el tipo de imágenes que se encuentran en los libros de texto para los conceptos biotecnológicos, y por último, se presenta el análisis de las actividades propuestas, su posición en el desarrollo temático, sus principales finalidades y los procesos cognitivos que fomentan.

#### **4.1 Cómo enseñan biotecnología los docentes y qué materiales curriculares seleccionan**

En esta sección se presentan los resultados de las entrevistas abiertas realizadas a las ocho docentes, que fueron seleccionados a partir de un muestreo opinático con informantes claves descrito en la sección 3.2 del capítulo anterior. Seis de estas docentes tenían a su cargo la asignatura de Biología y las otras dos dictaban la asignatura de Biotecnología. El objetivo de las entrevistas estuvo centrado en identificar los aspectos de biotecnología que se enseñan en el ciclo de especialización de las escuelas en que dan clases estos docentes. La información aportada se reunió en cuatro categorías: 1) inclusión de la biotecnología en el desarrollo de su asignatura; 2) importancia de la enseñanza de la biotecnología; 3) estrategias de enseñanza seleccionadas y 3) materiales curriculares y fuentes de información utilizadas.

A su vez, un aspecto esencial que se recupera de las entrevistas, es la información brindada por las docentes en relación a los libros de texto que utilizaban para el tema de biotecnología. A partir de estos datos, se identificaron aquellos libros que serían necesarios que integren nuestra muestra de estudio para conocer cómo se presenta la biotecnología en los libros de texto a los que acceden los estudiantes de estas escuelas.

##### **4.1.1 Inclusión de la biotecnología en el desarrollo de su asignatura**

El currículum prescripto oficial vigente para la Provincia de Córdoba incorpora como contenido específico a la biotecnología en la asignatura de Biología correspondiente al sexto año de la escuela secundaria. Esta inclusión se limita a las escuelas que presentan especialidad en Ciencias Naturales, ya que en las otras especialidades no se incluye la asignatura de Biología en sexto año. Sin embargo, entre los diseños curriculares prescriptos y los diseños que realizan los docentes para sus asignaturas, ocurren un sinnúmero de especificaciones y resignificaciones por parte de los mismos. En los currículos prescriptos sólo se presenta una enumeración nominal de los contenidos, quedando a cargo de los docentes la selección y organización de ellos a partir de un conjunto de decisiones de índole disciplinar, didáctica, pedagógica, psicológica y social (Gimeno Sacristán, 2002). Por lo tanto, dado que los docentes toman estas decisiones en la construcción del

currículo escolar, nos interesó conocer qué selección de contenidos biotecnológicos realizaban las docentes entrevistadas y a qué tipo de decisiones respondía dicha selección.

La Figura 4.1 muestra que la mayoría de los docentes incluyen en primer lugar los contenidos de “ingeniería genética” y sus “aplicaciones en el ámbito de la salud y el ambiente”. En segundo término, la mitad de las docentes también desarrollan los contenidos de “organismos transgénicos”, “bioética” y “biotecnología tradicional” que incluye conceptos como el aprovechamiento de procesos fermentativos o la selección de progenitores por fenotipo, entre otros.

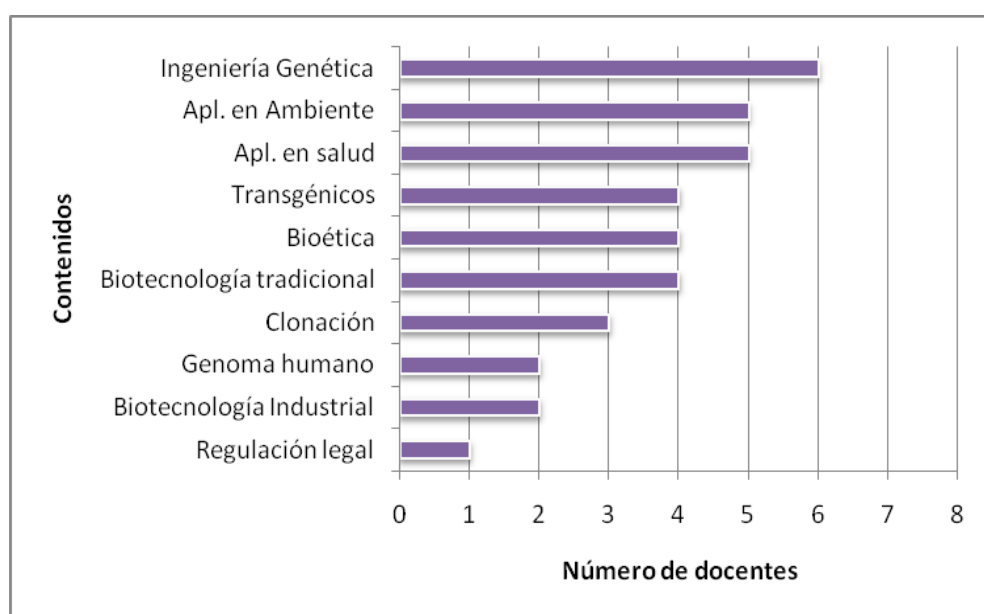


Figura 4.1: Número de docentes que incluyen cada contenido biotecnológico.

A partir de estos resultados observamos que la mayoría de las docentes incorporan contenidos referidos a la biotecnología moderna integrados a la ingeniería genética y sus principales aplicaciones. Tal como lo plantea Smith (2004), los principios de la ingeniería genética son el eje conceptual principal de la biotecnología. Por lo tanto, el hecho de que las docentes prioricen este contenido, constituiría una decisión epistemológica acertada para la comprensión de la biotecnología.

Por otro lado, también resulta positiva la inclusión mayoritaria de las aplicaciones de la biotecnología en la salud y el ambiente, ya que constituyen ejemplos concretos de las relaciones CTSA. Estas relaciones resultan

imprescindibles de ser incluidas en el currículo, por su papel relevante en la formación de una ciudadanía responsable y su preparación para la toma de decisiones (Solves y Vilches, 2004). Es por ello que la inclusión de estos contenidos podrían colaborar en la comprensión de las implicaciones sociales de la ciencia y la tecnología.

Otro aspecto a destacar es que la mitad de las docentes expresaron que incluían a la biotecnología tradicional. Esta incorporación en el currículo resulta positiva debido a que la biotecnología tradicional se encuentra vinculada a los procesos de elaboración de numerosos productos (alimenticios, farmacológicos, de indumentaria, etc), esto permite que los estudiantes vinculen a la ciencia con la vida cotidiana. Presentar estas relaciones, es otra manera de enseñar la biotecnología desde un enfoque CTSA.

En el caso particular de las docentes que enseñan Biotecnología como asignatura específica, encontramos que utilizaban un enfoque histórico para su abordaje. Comenzaban con el desarrollo de contenidos relacionados a la biotecnología tradicional tomando en consideración las condiciones sociales, políticas y económicas, con el objetivo de que se comprenda cómo el desarrollo tecnológico impacta en el avance de la biotecnología. Ambas docentes hicieron hincapié en la importancia del estudio de los procesos y las aplicaciones en diversos ámbitos, incluyendo la producción industrial y farmacológica. A su vez, destacaron que su formación como Ingenieras Químicas les brindaba la posibilidad de tener una mirada más tecnológica centrada en los procesos, y que por ello podían transferir al aula diseños didácticos desde ese enfoque.

*“(Los alumnos) manejan también cuáles son los pasos de un proceso biotecnológico para poder aplicarlo la biotecnología desde el punto de vista del desarrollo no tanto de la investigación, como yo soy Ingeniera Química me interesa más el proceso.” (Inés)*

*“...soy Ingeniera Química y Profesora en disciplinas tecnológicas, por eso hacemos hincapié en la multidisciplinariedad, además vemos que en la rama de la tecnología siempre hay múltiples factores que condicionan a los productos tecnológicos cuando hay una necesidad, y que no siempre los productos surgen para suplir una necesidad sino que la industria genera la necesidad. Entonces empezamos a trabajar con esto para entender el concepto de Biotecnología, y cómo interactúan en este marco los factores económicos, políticos, lo social, etc.” (Paula)*

La incorporación de la historia de la ciencia en el abordaje de la biotecnología resulta muy interesante ya que como indican numerosos estudios, la historia de la ciencia ayuda a promover actitudes positivas hacia el aprendizaje de conceptos científicos (Mathews, 1994; Solves y Traver, 2001; Quintanilla Gatica, 2006). Asimismo, permite mostrar una imagen de ciencia más próxima a la realidad del trabajo de los científicos y del contexto en que éste ocurre, y a partir de ello se hace posible pensar en una ciencia axiológica, producto de una actividad humana inmersa en un contexto histórico, social, político y cultural. Por otro lado, en particular para los conceptos biotecnológicos, utilizar como eje organizador a la historia de la ciencia, posibilita entender a la biotecnología como producto de las íntimas relaciones existentes entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente.

Otro aspecto que resulta interesante de discutir aquí es el hecho de que las docentes destaquen las ventajas que les brinda su formación específica en el área de las tecnologías como Ingenieras Químicas. Estas expresiones son parte de lo que se ha llamado “concepciones epistemológicas explícitas” de los docentes. Gimeno Sacristán (2002) plantea que el profesor tiene un papel mediador activo en el desarrollo curricular, este proceso de mediación es complejo, y en él interactúan un conjunto de elementos que configuran las perspectivas personales de los docentes e impactan en su toma de decisiones a la hora de ponderar y seleccionar los contenidos. De manera que, en las expresiones de estas docentes se evidencia cómo su proceso de mediación se encuentra guiado por criterios epistemológicos estrechamente ligados a su formación y a su cultura profesional, con valoración especial a su formación disciplinar específica. Por lo tanto, para estas docentes, la solvencia disciplinar sería un factor que condiciona la selección y secuenciación de los contenidos biotecnológicos.

#### **4.1.2 Importancia de la enseñanza de la biotecnología**

En las entrevistas, todas las docentes consideraron muy importante la enseñanza de la biotecnología en la escuela secundaria. A pesar de esto, dos de ellas afirmaron no abordar a la biotecnología en su asignatura por falta de tiempo.

Los argumentos que esgrimieron las docentes para la inclusión de la biotecnología, en general, se concentraron en la posibilidad de que los estudiantes

comprendan la información presente en los medios de comunicación, y que puedan participar de debates públicos y tomar decisiones. A su vez, también explicaron que a través de la educación en biotecnología buscaban que sus estudiantes entiendan las nuevas posibilidades médicas que ofrecen los procesos biotecnológicos para acceder a determinadas terapias con conocimiento. Por último, fundamentaron la importancia de enseñar biotecnología para que los estudiantes puedan actuar como consumidores responsables al comprender la información presente en los productos alimenticios derivados de organismos genéticamente modificados.

Estos argumentos expresados por las docentes, se acercan a los objetivos de la educación científica ciudadana o alfabetización científica (Solves y Vilches, 2004). De manera que sería este enfoque el que priorizan las docentes a la hora de diseñar intervenciones didácticas en temáticas biotecnológicas.

#### **4.1.3 Estrategias utilizadas para enseñar biotecnología**

A partir de preguntar a las docentes cuáles eran las actividades que ellas desarrollaban en clase cuando enseñaban temas de biotecnología, observamos que utilizaban diversas estrategias de enseñanza. En la Figura 4.2 se muestran aquellas nombradas con mayor frecuencia: la indagación bibliográfica, las estrategias “tradicionales” que incluyen la exposición, el dictado, etc., la realización de trabajos grupales, el análisis de textos y el planteo de debates. Otras estrategias utilizadas por las docentes fueron las experiencias de laboratorio y la resolución de problemas. Entre las experiencias de laboratorio se destacan las relacionadas a técnicas de extracción simple de ADN y al aprovechamiento de procesos fermentativos o enzimáticos, como por ejemplo: la fabricación de alimentos (pan, yogurt, etc), la obtención de penicilina, la elaboración de jabones y el estudio de la acción de diferentes enzimas en la limpieza de manchas de tela. Mientras que también se detectaron otras estrategias que no tiene que ver con el laboratorio, sino más bien con la información (fueron nombradas en cada caso por una docente diferente): el diseño de un organismo genéticamente modificado a partir de determinada información genética; el diseño de un proyecto biotecnológico para ser defendido ante un grupo de inversionistas y la utilización de programas de simulación en Internet para los procesos de ingeniería genética.



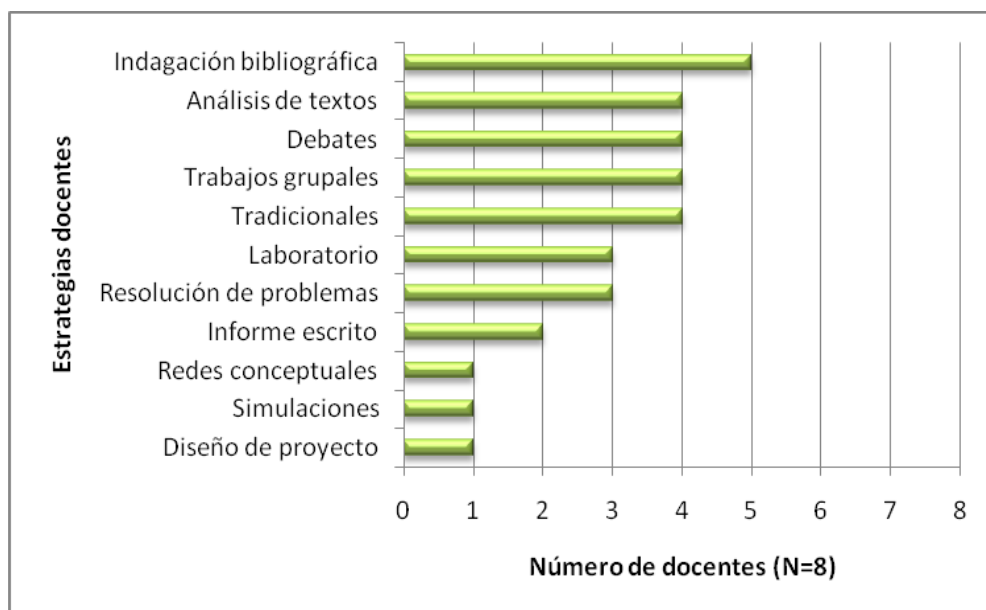


Figura 4.2: Número de docentes que utilizan cada estrategia didáctica para la enseñanza de la biotecnología.

Estos resultados ponen en evidencia que, si bien los docentes plantean trabajos creativos como los anteriormente expuestos, la mayoría usa la indagación bibliográfica como principal estrategia de enseñanza. Resulta llamativo que sólo tres docentes realicen experiencias de laboratorio y planteen la resolución de problemas, y sólo una utilice simulaciones para el desarrollo de conceptos biotecnológicos. Al respecto es interesante considerar que estas estrategias son herramientas didácticas esenciales en la enseñanza de las ciencias. Los trabajos prácticos en particular, constituyen una de las actividades más importantes para la comprensión procedimental de la ciencia. Posibilitan el diseño de actividades orientadas hacia una multiplicidad de objetivos tales como: la observación e interpretación de los fenómenos naturales, el contraste de hipótesis en procesos de modelización, el aprendizaje del manejo de instrumentos y técnicas de laboratorio y de campo, la aplicación de estrategias de investigación para la resolución de problemas teóricos y prácticos, entre muchos otros (Caamaño, 2007).

Por su parte, la resolución de problemas es una estrategia de enseñanza en la cual se plantean situaciones que exigen el estudio de hipótesis, el análisis de resultados y el replanteamiento necesario. En este proceso, los estudiantes no sólo desarrollan aprendizajes teórico-prácticos de los conceptos involucrados en la situación problemática, sino que también desarrollan habilidades intelectuales (Torp y Sage, 2002). Asimismo, si el problema que deben resolver los estudiantes

toma significado para ellos, promueve una disposición afectiva positiva y los motiva creando condiciones para un aprendizaje significativo (Hmelo-Silver, 2004). En particular, la resolución de problemas en genética resulta una estrategia común que proporciona condiciones positivas para el aprendizaje significativo, y más aún cuando las situaciones problemáticas se presentan de manera abierta (Martínez Aznar e Ibáñez Orcajao, 2005).

Por último, numerosas investigaciones han mostrado que la utilización de software, juegos y simulaciones promueven la comprensión profunda de conceptos abstractos (Solano Araujo et al., 2007; Chang et al., 2010; Gulinska, 2010), así como también estimulan el razonamiento lógico (Stiedd y Wilensky, 2003).

Por lo tanto, considerando que tanto los trabajos prácticos, como la resolución de problemas y la utilización de software resultan herramientas que claramente colaboran en el proceso de enseñanza de las ciencias, la omisión de su uso por parte de las docentes resulta un aspecto a considerar. Estas estrategias demandan un conocimiento epistemológico y didáctico específico por parte de los docentes. En el caso particular de las simulaciones, al igual que las actividades de modelación y el uso de analogías en la enseñanza de las ciencias, exige que los docentes comprendan en qué condiciones son válidas estas representaciones, cuáles son las limitaciones, y cómo pueden éstas colaborar en el proceso de aprendizaje de los conceptos involucrados (Castiglioni et al., 2000; Mayer, 2003; Guevara y Valdez, 2004; Justi, 2006). Es decir que exigen un conocimiento didáctico específico, y la falta de este conocimiento puede ser una de las causas que expliquen por qué los docentes no utilizan estas estrategias en sus prácticas áulicas. La consideración de esta situación quizás debería alentar al desarrollo de políticas de formación docente continua en estrategias de enseñanza específicas para las ciencias experimentales.

Un aspecto importante de nuestra tesis es el uso de los libros de texto, es por ello que nos interesa ver la relación entre las estrategias docentes seleccionadas y el uso de libros de texto. El estudio de esta relación se realizó a través de la co-ocurrencia de categorías utilizando el programa estadístico QDA-Miner y aplicando el Coeficiente de Jaccard y la representación gráfica de dendrogramas (los fundamentos se desarrollaron en el capítulo de Metodología).

A partir del dendrograma representado en la Figura 4.3, se observó que la utilización de los libros de texto se encontró asociada a la realización de informes escritos y a la implementación de estrategias tradicionales como el dictado, la exposición, entre otras. Esta relación se destaca en el gráfico con un rectángulo de color azul que resalta al conglomerado descrito.

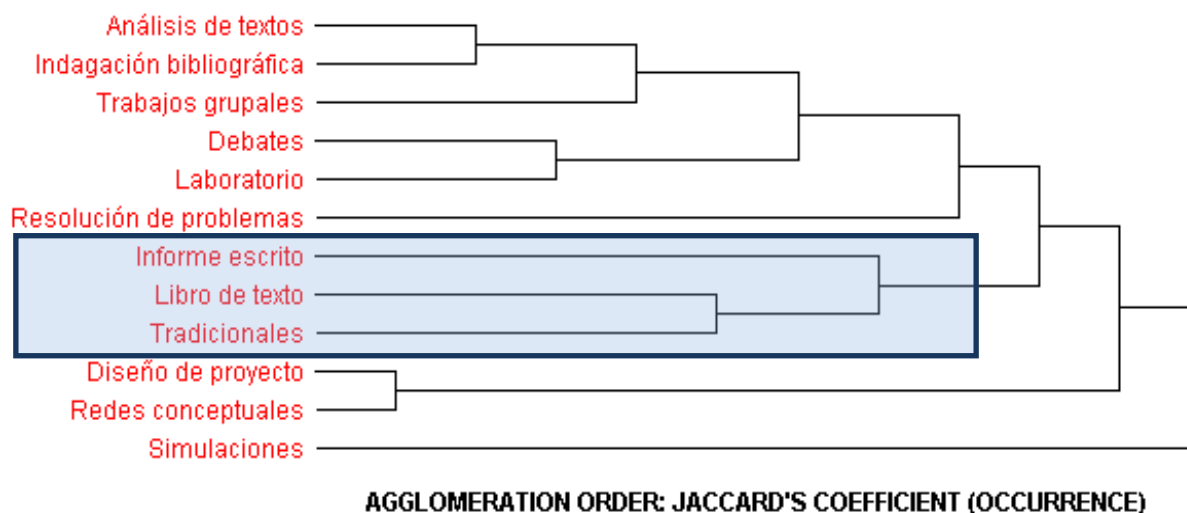


Figura 4.3: Grupos por co-ocurrencia entre las estrategias didácticas utilizadas por los docentes y el uso de los libros de texto. Se destaca con un recuadro azul la co-ocurrencia más cercana.

A su vez, también se estudió la relación entre las estrategias seleccionadas y los contenidos desarrollados, a fin de conocer si se presentaba alguna tendencia entre determinados contenidos y algunas estrategias específicas. A partir del dendrograma resultante (Figura 4.4), se observó que las docentes recurren principalmente a la estrategia de indagación bibliográfica y la lectura de textos para el abordaje de contenidos como “bioética”, “clonación” y “genoma humano” (relación que se encuentra representada en el gráfico con un recuadro azul). Por lo tanto, parecería que la búsqueda de otras fuentes de información, se encontraría vinculada a contenidos que exigen el tratamiento de argumentos provenientes de diferentes sectores que van más allá de la disciplina de Biología.

Por otro lado, contenidos como “organismos transgénicos” y “aplicaciones biotecnológicas que impactan en el ambiente” se vincularon a estrategias de trabajos grupales (relación que se encuentra representada en la Figura 4.4 con un

recuadro lila). En el mismo sentido que se planteó la asociación anterior, el desarrollo de estos contenidos también implican argumentos provenientes de diferentes sectores, lo cual indicaría que las decisiones docentes de proponer trabajos grupales para el abordaje de estos contenidos, se encontrarían vinculadas al valor de las interacciones y de la construcción social del conocimiento. Al respecto es interesante considerar que las propuestas de trabajo grupal son propicias para crear ambientes de trabajo colaborativo cuando se plantean tareas que requieren de interdependencia real y positiva entre los integrantes del grupo (Johnson y Johnson, 1976). Asimismo, se crean las condiciones para un aprendizaje social, como resultado de la interacción comunicativa entre sus pares y tutores (Hmelo-Silver, 2004). Es por ello que el planteo de trabajos grupales constituye una estrategia docente muy valiosa para la enseñanza de contenidos científicos.

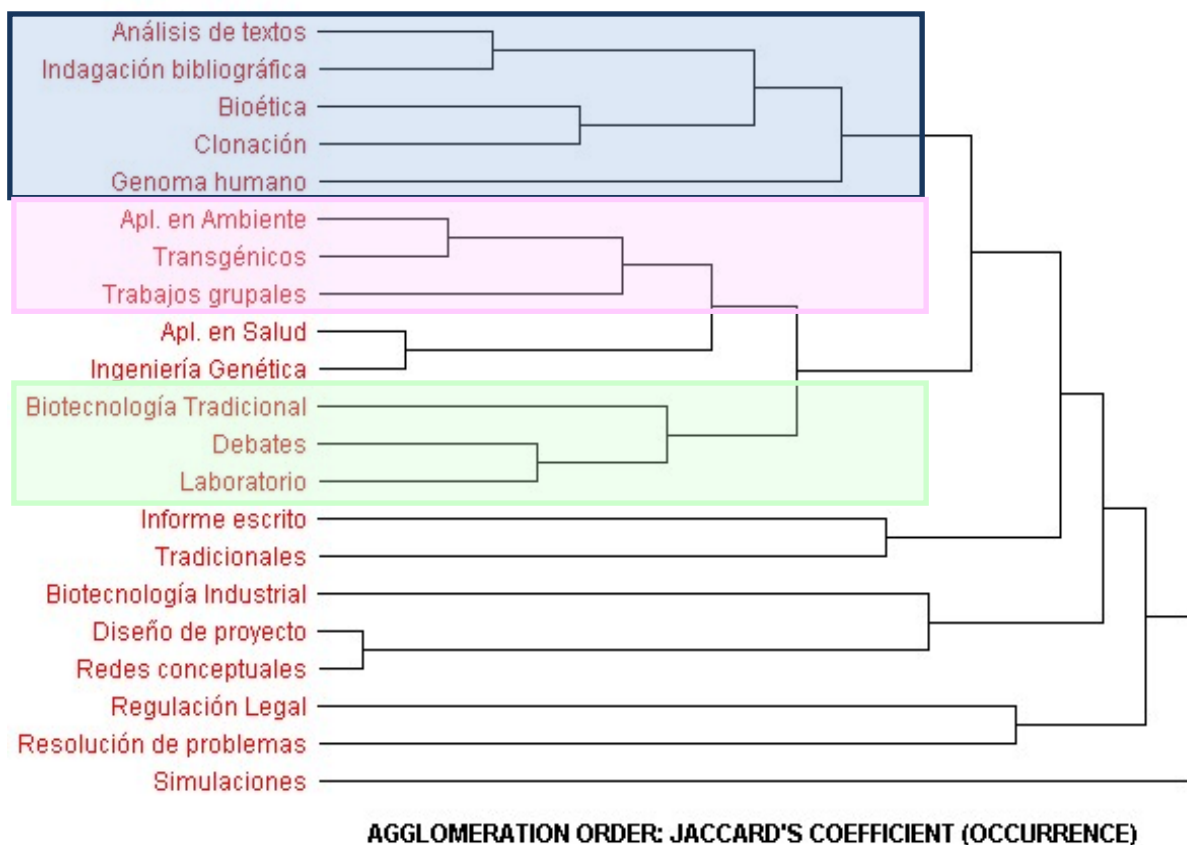


Figura 4.4: Grupos por co-ocurrencia entre las estrategias didácticas utilizadas por los docentes y el desarrollo de contenidos biotecnológicos. Se destaca con colores las co-ocurrencia más cercanas.

Por último, se observó que los contenidos asociados a la “biotecnología tradicional” se encontraron vinculados a las estrategias de proponer debates o realizar trabajos prácticos de laboratorio (relación que se encuentra representada en la Figura 4.4 con un recuadro verde). Esta relación entre los contenidos de biotecnología tradicional y los trabajos prácticos de laboratorio coincide con lo expresado por las propias docentes en relación al tipo de experiencias de laboratorio que realizan con sus estudiantes, es decir, la fabricación de alimentos derivados de procesos fermentativos, la obtención de penicilina, la elaboración de jabones y el estudio de la acción de diferentes enzimas en la limpieza de manchas de tela.

#### **4.1.4 Materiales curriculares y fuentes de información utilizadas para enseñar biotecnología**

En las entrevistas, las docentes indicaron que para el desarrollo de contenidos biotecnológicos utilizaban cinco libros de texto de Biología de diferentes editoriales y dos libros de texto de Educación para la Salud (Ver Anexo 1).

Si bien los libros de texto fueron materiales curriculares indicados por las docentes para enseñar biotecnología, ninguna de ellas afirmó seguir a un libro en particular y en general citaban libros de diferentes editoriales. A su vez, cinco de ellas indicaron que utilizaban materiales de divulgación científica tanto en papel como digitales (revistas, folletos, libros, cortos televisivos, etc.), y cuatro indicaron complementar con información extraída de libros de texto universitarios.

Por otro lado, se destaca que las docentes en su mayoría creaban sus propios apuntes a partir de un recorte de diferentes fuentes de información. Esta postura puede observarse en los siguientes comentarios:

*“... lo que hago es un salpicón de un poco de todo, utilizo varios libros de Biología universitarios, saco de libros de nivel medio, y hasta bajo problemas de Internet... voy sacando entonces así de varios libros lo que me parece más importante para ellos” (Cecilia).*

*“Utilizo apuntes de la Universidad..., después saco algunas cosas de un libro de secundaria, otras de material de cursos de formación docente que hice, y de libros de texto universitarios, es decir voy sacando de diferentes fuentes y les armo un apunte porque no hay un libro básico y menos para este tema” (Sandra).*

En cuanto a la vinculación entre el desarrollo de cada contenido biotecnológico con los materiales curriculares utilizados por las docentes, observamos que el material de divulgación se encontró asociado en primer lugar a “las aplicaciones biotecnológicas relacionadas con el ambiente” y en segundo lugar a “la producción de organismos transgénicos” (Figura 4.5). Por lo que se puede deducir que estos procesos biotecnológicos son presentados por las docentes a partir de artículos que vinculan a la biotecnología con aplicaciones actuales.

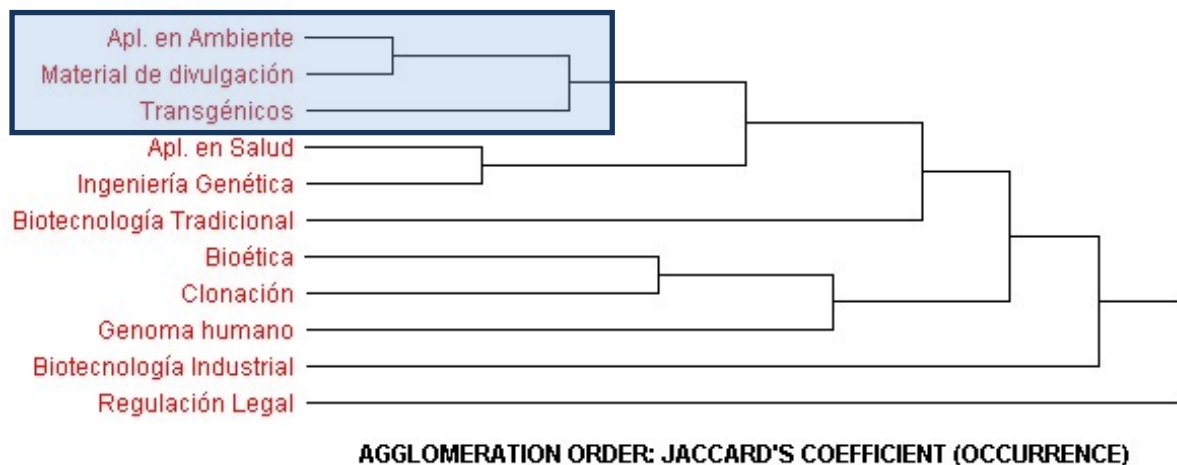


Figura 4.5: Grupos por co-ocurrencia entre los contenidos biotecnológicos desarrollados y la utilización de material de divulgación científica como material curricular. Se destaca en azul la co-ocurrencia más cercanas.

Por otro lado, la utilización de libros de texto universitarios se encontró asociada a la resolución de problemas, ya sea como fuente de acceso a situaciones problemáticas que proponen estos libros, o para ampliar la información que se trabaja en situaciones problemáticas extraídas de otras fuentes (Figura 4.6).

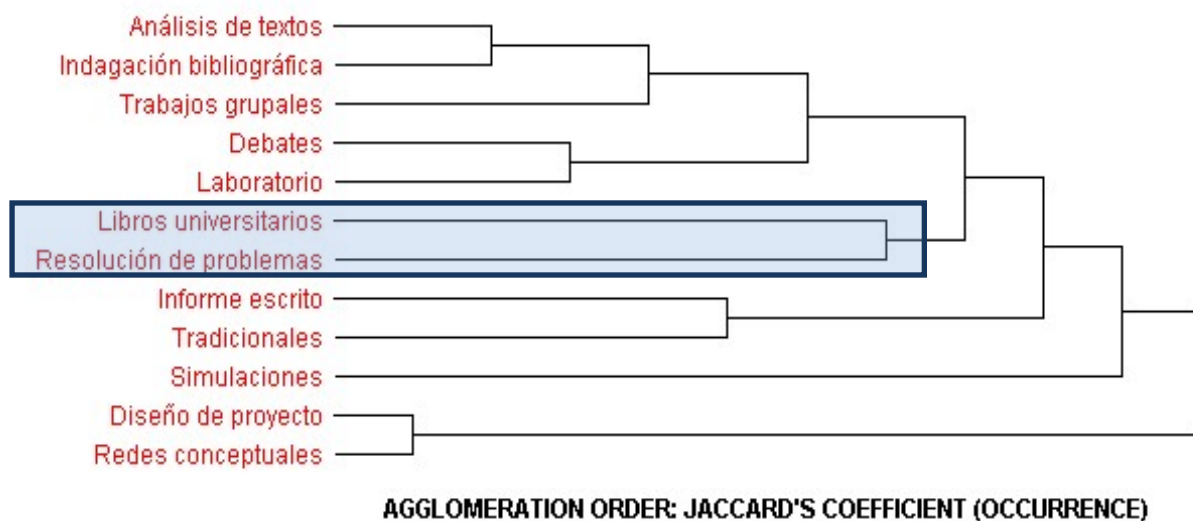


Figura 4.6: Grupos por co-ocurrencia entre las estrategias de enseñanza y la utilización de Libros de Texto Universitarios como material curricular. Se destaca en azul la co-ocurrencia más cercana.

Este tipo de uso de los libros de texto universitarios se evidencia en las siguientes expresiones de las docentes:

*“Hacemos problemas de Genética para que ellos puedan desenvolverse en el ingreso a la Facultad”* (Cecilia)

*“Utilizo apuntes de la Universidad para darles ejercicios a un nivel más elevado”* (Sandra)

*“Utilizamos los apuntes de Ingreso a Medicina de la UNC, trabajamos con ese nivel”* (Miriam).

Estos comentarios ponen en evidencia que las actividades disponibles en los libros de texto para la escuela secundaria no estarían supliendo las necesidades didácticas vinculadas a los contenidos biotecnológicos. Asimismo, tampoco estarían respondiendo los libros de texto escolares con el nivel de complejidad que desean plantear las docentes, y es por ello que recurren a los textos universitarios.

Otra fuente de información utilizada por las docentes fue Internet. Se observaron diferentes posturas en las docentes ante el uso de Internet, y a partir de la información recabada en las entrevistas, hemos creado cuatro tipologías que permiten clasificar los diferentes modos de trabajar con Internet en las clases de biotecnología. A continuación se describen las características de cada una de ellas.

**Búsqueda guiada:** el docente acompaña a sus estudiantes en la búsqueda, ya sea en la sala de informática de la escuela o proporcionándoles direcciones de páginas Web para que ellos naveguen.

**Búsqueda incentivada:** el docente simplemente anima a sus estudiantes buscar en Internet de manera abierta sin proporcionar directivas ni recomendar sitios de navegación.

**Búsqueda docente:** el docente realiza la selección y la búsqueda del material en Internet y lo lleva al aula para discutir la información encontrada con los estudiantes.

**Búsqueda espontánea:** los estudiantes por su cuenta realizan búsquedas en Internet y llevan al aula la información extraída para compartirla en clase.

Por otro lado, a fin de comprender en qué contexto didáctico se desarrollaron estos tipos de trabajo con Internet, se analizó la relación entre estrategias docentes utilizadas y tipos de búsqueda en Internet. A partir del dendrograma resultante, se observó que la “búsqueda espontánea” de información en Internet por parte de los estudiantes se asoció al análisis de textos (lectura e interpretación de textos); la “búsqueda guiada” se asoció a la estrategia de indagación bibliográfica ya sea para ampliar temas que se abordan en clase o para debatir diferentes posturas ante algún tema, y ambos tipos de búsqueda (espontánea y guiada) se encontraron relacionadas a la resolución de problemas. Por último, se observó que la “búsqueda incentivada” se asoció a la realización de trabajos grupales (Figura 4.7).

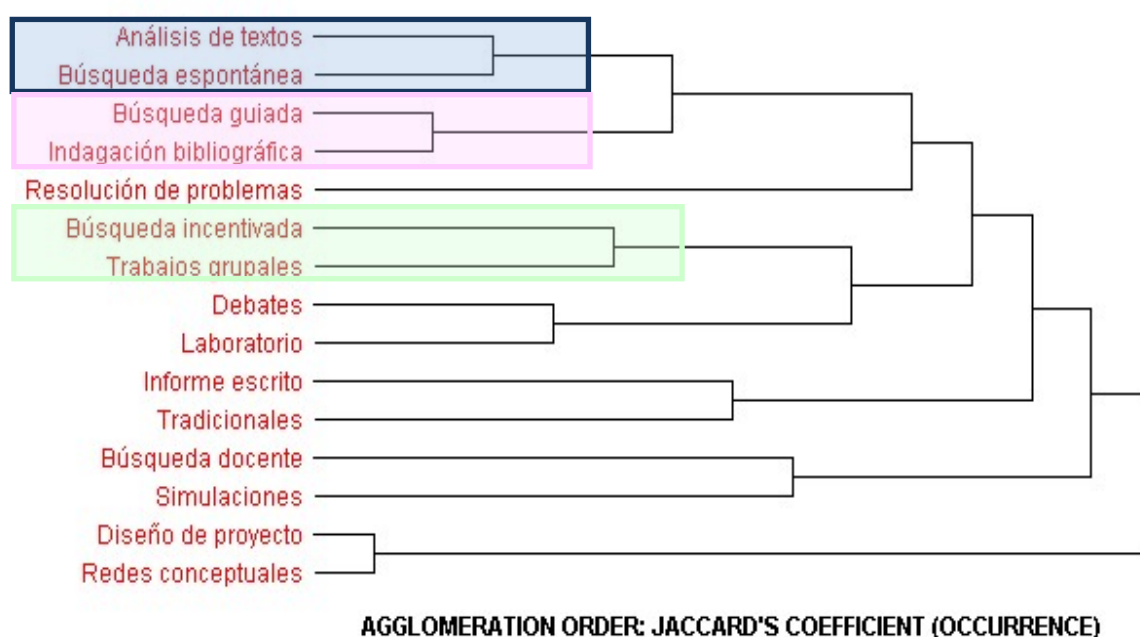


Figura 4.7: Grupos por co-ocurrencia entre las estrategias utilizadas y los tipos de búsqueda en Internet planteada por los docentes. Se destaca con colores las co-ocurrencias más cercanas.

Es evidente que Internet, como fuente de acceso a la información digital, constituye una herramienta útil dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias (Lowy Frutos, 1999). Diversos estudios han evaluado la calidad de la información que brindan los sitios Web en relación a tópicos científicos (Tuvi y Nachmias, 2001; Valeiras y Meneses Villagrà, 2006; Mampel Laboira y Cortés Gracia, 2009) y han mostrado que muchas páginas presentan información actualizada, pero también se han registrado páginas con información incorrecta, o presentada sólo de manera expositiva, sin incluir argumentos, ni la evidencia que permite llegar a determinada conclusión. Por lo tanto, la utilización de este recurso en la enseñanza de las ciencias requiere de un proceso de guía docente que fomente



una actitud crítica del alumnado sobre el uso de Internet (Mampel Laboira y Cortés Gracia, 2009). De manera que, la “búsqueda guiada” sería una manera acertada de trabajar con Internet para los conceptos de biotecnología.

Por otro lado, la “búsqueda espontánea” de los estudiantes pone en evidencia que este recurso forma parte de su cultura digital y por lo tanto acceden a ella aún sin la solicitud del docente. Es por ello que resulta esencial plantear actividades que requieran de un análisis del contenido de las páginas Web para promover el desarrollo de un espíritu crítico y reflexivo, que les permita a los estudiantes mejorar sus estrategias de búsqueda y acceso a la información.

La diversidad información accesible en Internet plantea un desafío para los docentes a la hora de enseñar a sus estudiantes a evaluar su calidad. Al respecto encontramos dos posturas opuestas:

*“uso material de Internet pero tomado con pinzas, corregido. Yo bajo de Internet, lo corrijo, lo adapto”. “les hago hacer trabajos en los cuales deben buscar información en Internet, pero ellos deben traer el material que bajan y yo me siento con ellos para decirles qué es pertinente o no” (Beatriz).*

*“...si los estudiantes ven alguna actualización que yo no conocía, bueno ellos colaboran con eso y lo discutimos acá, y aprovechamos para discutir cuestiones éticas” (Inés).*

En la postura de la docente Beatriz se observa que se busca mantener el control epistemológico de la información que se discute en el aula, y para asegurarse de que acceden a la información correcta, la docente indica qué es lo pertinente. Esta postura podría crear dependencia hacia el criterio y la palabra del docente y constituye un aspecto negativo en el desarrollo de habilidades de búsqueda y acceso reflexivo de la información. Asimismo, evidencia una concepción técnica del currículo desde la cual se plantea la enseñanza centrada en la transmisión y el control por parte del docente y se considera al conocimiento como algo dado, estático y que se encuentra sólo en el docente, quien es el que debe transmitirlo (Álvarez Méndez, 2001).

Al contrario de la postura de Beatriz, la docente Inés expresa que ella no puede saberlo todo y que es posible construir el conocimiento de manera colaborativa a través de los aportes de los estudiantes, y plantea la validación de las fuentes a

través de la discusión y el análisis en el aula. Esta actitud refleja una concepción práctica y crítica del currículo en la cual el docente es el que orienta y colabora en el proceso de aprendizaje y el contenido es un medio para el desarrollo crítico del pensamiento y la apropiación de la ciencia y la cultura (Álvarez Méndez, 2001). Por otro lado, tal como lo plantea Bos (2000), el análisis guiado de las páginas Web, también puede utilizarse como escenario para que los estudiantes ejerciten el razonamiento lógico y la argumentación basada en evidencia.

## **4.2 Análisis de los componentes de los libros de texto y sus relaciones semánticas**

El abordaje de la biotecnología en los libros de texto se estudió a partir de la metodología de análisis de contenido, con especificaciones particulares para cada uno de los objetivos de esta tesis. Para el análisis de la estructura del texto se utilizó una derivación del análisis de contenido de redes, lo cual dio como resultado la construcción de un mapa conceptual para cada libro.

A partir de estos mapas se analizó la estructura general en la que se presentaron los contenidos biotecnológicos. En el análisis específico de los contenidos, se realizó una derivación del análisis de contenido temático a partir de: la inclusión/exclusión de contenidos; niveles de intensidad para las diferentes categorías textuales; y niveles de intensidad para la profundidad del desarrollo de los contenidos. Por último, tanto para las imágenes como para las actividades se utilizaron categorías propuestas y validadas por otros autores. En los subapartados siguientes se presentan los resultados derivados de estos análisis.

### **4.2.1 Análisis de la estructura del texto**

El estudio de la biotecnología en cada uno de los componentes del libro permitió describir de manera global su estructura y construir mapas conceptuales que proporcionan, por un lado un resumen gráfico del contenido de los textos y por otro, información útil para contrastar la consistencia entre lo que plantea el texto y la lógica de la disciplina en cuestión (Serhat, 2009). Si bien los mapas conceptuales se construyeron durante todo el estudio, se incluyen en primer lugar a modo de presentación de los libros ya que brindan una visión global de su contenido y de las relaciones conceptuales que se establecen.

En los Anexos 2 a 13 se presentan los mapas conceptuales desarrollados para cada uno de los libros incluidos en este estudio. En cada mapa se detallan los capítulos en los cuales se organizan los contenidos. Algunos libros incluyen a su vez de manera explícita la delimitación de áreas temáticas dentro de las cuales se agrupan a diversos capítulos, en esos casos los mapas también presentan esta distinción temática. Por último, se puntualizan en color los contenidos biotecnológicos presentes en cada capítulo.

### **Libro A**

Este libro corresponde a un texto de Educación para la Salud, de escasas páginas (166 páginas), y es el libro más antiguo incluido en este estudio ya que data de 1992. Presenta poca diversidad temática y en general mantiene una estructura de cuaderno de trabajo con muchas actividades y poco texto. Los conceptos biotecnológicos se desarrollan en textos breves, localizados al final del capítulo en secciones tituladas: “Lecturas complementarias”. Estas secciones se encuentran acompañados de actividades de lápiz y papel dirigidas hacia la interpretación textual (selección, adquisición y organización de la información). Las imágenes que se incluyen son escasas y mantienen una relación textual “connotativa” es decir que no presentan de manera explícita su vinculación con el texto. La función principal de estas imágenes es estético-motivadora o decorativa.

La inclusión de la biotecnología en este libro se presenta en temáticas que vinculan a la Biología o las ciencias de la salud con la tecnología y desde ese lugar con la vida cotidiana de los lectores. De manera que, la biotecnología es tomada como un tema transversal y desde un enfoque que se acercaría al de CTSA. Por último, en cuanto a los elementos contextuales, si bien los textos son breves, se observó que incluyen algunas referencias hacia aspectos éticos y sociales (Anexo 2).

### **Libro B**

Este es un texto de Biología de importante volumen de páginas (447 páginas), que desarrolla 19 capítulos, organizados en seis ejes temáticos. El contenido del libro se encuentra enfocado en general a la biología humana. La biotecnología se desarrolla casi en su totalidad en textos complementarios al final de nueve de los

capítulos en secciones tituladas “Ciencia, Tecnología y Sociedad”, “Historia de la Ciencia”, “Ciencia en Acción” e “Integración Multidisciplinaria”. Estos textos se encuentran acompañados de actividades de elaboración que solicitan búsqueda de información externa al libro para profundizar y responder actividades que fomentan la aplicación de las ideas a través de preguntas cuyas respuestas no son explícitas. Se observa que promueven la argumentación y el desarrollo de juicio crítico, así como también la diversidad de opiniones y de funcionalidades.

Si bien la información se desarrolla principalmente en el texto, se incluyen también imágenes con diversas funcionalidades. Se destaca la frecuencia de imágenes de manera denotativa que establecen la correspondencia entre los elementos de la imagen y las ideas del texto, como así también imágenes de funcionalidad sinóptica que además de presentar las relaciones denotativas establece relaciones conceptuales. Finalmente, los elementos contextuales que se incluyen con mayor repetición fueron: la historia de la ciencia, aspectos sociales y éticos. La baja frecuencia de elementos referidos al ambiente se corresponde con el enfoque conceptual que desarrolla el libro, y que se encuentra, como habíamos señalado, centrado en la biología humana (Anexo 3).

### **Libro C**

Este es un libro de Biología de volumen mediano (240 páginas), que desarrolla pocos capítulos y todos desde un enfoque centrado en la biología humana y la salud. En dos de estos capítulos se presentan contenidos de biotecnología, pero a diferencia de los libros anteriormente descritos, los contenidos se encuentran en el texto principal y vinculan el desarrollo de los contenidos de biología con “aplicaciones tecnológicas” asociadas en general a la ingeniería genética.

Si bien el libro presenta información tanto en formato escrito como en imágenes, para los contenidos de biotecnología se observaron pocas imágenes y relacionadas sólo al concepto de transplantes. Las actividades se presentan en conjunto con el desarrollo de los contenidos, es decir incluidas de manera transversal. La funcionalidad principal de éstas en general, fue la elaboración de la información al igual que las del Libro B, pero a diferencia de lo encontrado para este último, las actividades no solicitan la búsqueda de otra información sino que

se auto-sustentan con el contenido que desarrolla el libro. Por último, se observaron pocos aspectos contextuales incluidos en los conceptos biotecnológicos (Anexo 4).

### **Libro D**

Corresponde a un libro de Biología de numerosas páginas (366) con 13 capítulos centrados al igual que los libros anteriores, en la biología humana. La mitad de los capítulos desarrollan contenidos biotecnológicos, y su ubicación se presenta en el texto principal, en paratextos o en lecturas complementarias. Se presentan numerosos contenidos biotecnológicos, sin embargo un concepto que resulta clave para comprender los procesos de la biotecnología moderna como lo es “ingeniería genética”, no se encuentra desarrollado en este libro.

La información se presenta tanto en formato escrito como en imágenes. Estas últimas, en general se incluyen de manera connotativa y con funcionalidad estético-motivadora o decorativa. Por otro lado, al igual que el libro B presenta actividades de lápiz y papel que exigen la búsqueda de información complementaria y que fomentan la aplicación de ideas, la argumentación y el desarrollo de juicio crítico. A diferencia de los tres libros descritos, este texto incluye numerosos elementos contextuales en el desarrollo de los contenidos biotecnológicos (Anexo 5).

### **Libro E**

Es un libro de Educación para Salud de gran volumen (416 páginas) que contiene 25 capítulos organizados en cinco ejes temáticos. En ocho de estos capítulos se presentan contenidos biotecnológicos. El enfoque del libro se encuentra centrado en la biología humana. En general los contenidos se desarrollan con gran cantidad de información escrita complementada con imágenes que presentan funciones denotativas y sinópticas. Muchos de los conceptos biotecnológicos incluidos se desarrollan de manera profunda, pero en general en textos complementarios en secciones tituladas “Ciencia, Tecnología y Sociedad”, “Historia de la Ciencia” y “Ciencia en Acción”.

Este libro presenta una organización conceptual particular, ya que al finalizar los ejes temáticos incluye lecturas complementarias en secciones tituladas “Integración Multidisciplinaria” en las cuales se desarrollan conceptos

biotecnológicos como aspectos que vinculan a la Ciencia, la Tecnología, la Sociedad y el Ambiente. En el Anexo 6 estas temáticas se observan sin vinculación a capítulos específicos, pero incluidas en el eje temático correspondiente.

Una particularidad de este libro es que si bien no presenta un capítulo específico para biotecnología, incluye uno para la producción de fármacos, en el cual los contenidos biotecnológicos se encuentran desarrollados de manera profunda y acompañados de numerosas actividades con diversas funcionalidades. Sin embargo, el único elemento contextual que se considera en todo este capítulo se encuentra vinculado a los aspectos sociales.

Otro componente que diferencia a este libro es la cantidad de actividades que ofrece al lector. Casi todas las actividades se presentan al finalizar el capítulo y en general centradas en la elaboración de la información, por lo tanto demandan habilidades cognitivas superiores, como la resolución de situaciones problemáticas, la argumentación y el juicio crítico (Anexo 6).

### **Libro F**

Es un libro de Biología de mediano volumen (223 páginas) que presenta sólo tres capítulos, y a diferencia de los libros antes descritos se encuentra organizado a partir de un eje principalmente ecológico y evolutivo. Se encontraron contenidos biotecnológicos en dos de estos capítulos a modo de ejemplificación dentro del texto principal o como lecturas complementarias para profundizar. De los diez conceptos biotecnológicos presentes en el libro, sólo se incluyeron actividades para tres de ellos. Estas actividades exigieron búsqueda de información en otras fuentes y se acompañaron de actividades de elaboración. Un aspecto que se destaca de este libro es la presencia frecuente del contexto ambiental en el desarrollo de los contenidos biotecnológicos, así como también la inclusión de otros elementos contextuales como el económico y el social (Anexo 7).

### **Libro G**

Corresponde a un libro de Biología de pequeño tamaño, pero de numerosas páginas (336 páginas). Presenta ocho capítulos en los cuales se combina un enfoque ecológico – evolutivo con un enfoque de biología humana. Los contenidos

biotecnológicos se incluyeron en seis de estos capítulos y se presentaron en el texto principal, en paratextos o en lecturas complementarias. De manera que se observó una incorporación de la biotecnología como contenido transversal que vincula a los conceptos biológicos con la Ciencia, la Tecnología, la Sociedad y el Ambiente.

La presencia de imágenes a diferencia de lo observado para otros libros, se encontró vinculada a la función de facilitar la comprensión de los conceptos. Por otro lado, de los 18 conceptos biotecnológicos encontrados en este libro, sólo se incluyeron actividades para cuatro de ellos. Al igual que lo observado en los libros anteriores, las actividades requirieron búsqueda de información en otras fuentes y fomentaron la argumentación, la diversidad de opiniones y la resolución de actividades problemáticas. Finalmente, se observó la presencia de numerosos elementos contextuales en el desarrollo de los contenidos (Anexo 8).

### **Libro H**

Es un libro de Biología de extenso volumen (351 páginas), organizado en 19 capítulos y centrado principalmente en la biología humana y la salud. Los contenidos biotecnológicos se incluyeron en siete de estos capítulos y en general se encontraron en lecturas complementarias en secciones tituladas “Tecnología y Sociedad” o “Relaciones con otras disciplinas”, pero también en el texto principal. El desarrollo conceptual se encontró acompañado con imágenes de manera denotativa cuyas funcionalidades fueron la de facilitar la comprensión de los conceptos o simplemente decorativa y motivadora.

Un aspecto que destaca a este libro de los anteriores, es que no incluyó actividades para ninguno de los conceptos biotecnológicos. En general el libro presentó actividades sólo al final del capítulo y la mayoría de ellas buscan la selección y organización de la información presentada en el texto; sin embargo no se presentaron actividades para los contenidos biotecnológicos. Finalmente, en cuanto a los elementos contextuales, si bien se incluyeron varios, el más frecuente fue el vinculado a los aspectos sociales (Anexo 9).

### **Libro I**

Corresponde a un libro de Biología de numerosas páginas (399 páginas), que presenta 18 capítulos, en los cuales se combina un enfoque ecológico con un enfoque de biología humana. En ocho de estos capítulos se presentaron contenidos biotecnológicos principalmente en paratextos o en lecturas complementarias al finalizar el capítulo. Este libro se diferencia de los anteriores en dos aspectos, el primero de ellos es su eje general, el cual se encuentra vinculado a la historia de la ciencia, de manera que éste fue uno de los elementos contextuales más incorporado en el desarrollo de los contenidos biotecnológicos. El segundo aspecto que lo distingue es la gran cantidad de imágenes en todo el libro, y lo llamativo es que muchas de ellas no tienen relación con los contenidos que se desarrollan en el texto o se presentan de manera connotativa, es decir sin mencionar su correspondencia con las ideas del texto y su funcionalidad principal es estético-motivadora o decorativa.

El desarrollo de los contenidos se encontró acompañado de actividades que en su mayoría fueron de elaboración y fomentaron la aplicación de las ideas, la argumentación y la resolución de actividades problemáticas. A su vez, este libro también presentó varias actividades del tipo “experimentales” que ponen en juego procedimientos como la observación, la planificación, la organización de la información y la comunicación (Anexo 10).

## **Libro J**

Este libro corresponde a un tipo especial de publicación para el polimodal, editado en pequeños volúmenes que abarcan una selección de temas específicos. El volumen incluido en este estudio fue el correspondiente a “La vida: continuidad y cambio” (111 páginas). Por lo tanto sólo presenta tres capítulos, y en dos de ellos se encontraron conceptos de biotecnología. Sólo uno de los conceptos (ingeniería genética) se encontró desarrollado en el texto principal y el resto se incluyeron en lecturas complementarias al finalizar el capítulo en secciones tituladas “Ciencia, Tecnología y Sociedad”.

En cuanto a las actividades, se encontró que el único concepto desarrollado en el texto principal (ingeniería genética) y que resulta clave para comprender los procesos de la biotecnología moderna no se acompañó con actividades. Sin embargo, aquellos conceptos desarrollados en los textos complementarios



presentaron numerosas actividades que en general requieren de búsqueda de información complementaria y fomentan procesos de elaboración, como la aplicación de ideas, la argumentación, la diversidad de opiniones y el desarrollo de juicio crítico. En general, el libro presenta la información en texto escrito complementado con algunas imágenes que se corresponden con el contenido desarrollado. En particular para los contenidos biotecnológicos se encontró sólo una imagen referida al concepto de “fertilización asistida” de manera sinóptica y cuya funcionalidad fue facilitar la comprensión de los conceptos (Anexo 11).

### **Libro K**

Corresponde a un texto de Biología y es uno de los más nuevos de los incluidos en este estudio, datando del año 2006. Presenta 20 capítulos organizados en seis ejes temáticos abarcando una gran cantidad de temas y conformando un volumen de numerosas páginas (288). Si bien el énfasis conceptual se encuentra en la biología humana, también se incluye una sección temática destinada a conceptos ecológicos.

Un aspecto particular de este libro, es que presenta un capítulo específico para biotecnología en el cual se desarrollan numerosos conceptos de manera profunda, tales como la biotecnología tradicional (la producción de alimentos a partir del aprovechamiento de procesos fermentativos o selección artificial), y la biotecnología moderna. Para esta última, se presentan las principales aplicaciones de la ingeniería genética.

A su vez, en seis de los otros capítulos también se incluyen conceptos biotecnológicos, algunos de ellos incluidos en el texto principal y otros en lecturas complementarias, pero a diferencia de lo observado en el resto de los libros, algunas de estas lecturas se encontraron al inicio del capítulo con temáticas que buscan captar la atención del lector, es decir a modo de “motivación”. En estos textos se presentan procesos biotecnológicos resaltando su vinculación con la vida cotidiana de los lectores, y buscando la relación con los conceptos biológicos involucrados para dar lugar a su desarrollo posterior desde la biología. De manera que la biotecnología cumpliría un rol de motivación y vinculación con aspectos de la vida cotidiana, observándose nuevamente una tendencia a ser incluida de manera transversal y desde el enfoque CTSA.

En general presenta numerosas imágenes vinculadas con el contenido del texto. Para los conceptos de biotecnología, las imágenes se incluyen de manera denotativa o sinóptica.

Otra particularidad se refiere a la disposición de las actividades: se encontraron actividades al inicio de los capítulos, durante el desarrollo del mismo y al finalizar. De manera que la finalidad de las actividades cubrió un espectro de objetivos desde la detección y activación de ideas alternativas, a la integración de conceptos y finalmente a la aplicación de las ideas en nuevas situaciones. En cuanto a los elementos contextuales se destaca principalmente un eje referido a la historia de la ciencia, aunque también se observaron otros elementos contextuales para varios de los conceptos desarrollados (Anexo 12).

### **Libro L**

Este es un libro de Biología que, junto con el Libro K componen los libros más nuevos incluidos en este estudio, datando del año 2006. Presenta 14 capítulos organizados en tres ejes temáticos conformando un libro de numerosas páginas (335 páginas). Se observó un enfoque general ecológico, pero con una tendencia a centralizar el desarrollo de los conceptos fisiológicos en la biología humana.

Para la mitad de los capítulos se encontraron contenidos biotecnológicos, y varios de ellos vinculados a numerosos elementos contextuales. El lugar de la biotecnología en los libros fue variado, desde el texto principal hasta los paratextos o en lecturas complementarias al finalizar el capítulo. En general, los conceptos incluidos se correspondieron a la biotecnología moderna, y se encontró una alta repetición vinculada a los "transplantes".

Una particularidad de este libro es la inclusión específica de una sección de lectura y escritura el cual se va desarrollando de manera gradual y progresiva durante todo el libro, utilizando cada temática biológica para aplicar diferentes competencias de lecto-escritura. Es por ello que en este libro se observó la mayor frecuencia de actividades vinculadas a la selección, adquisición y organización de la información que presenta el texto (Anexo 13).

La descripción e interpretación realizada a partir de los mapas conceptuales de cada libro permitió construir una apreciación global de cada uno de los textos y realizar una mirada holística en cuanto al sentido de comunicación y las relaciones teóricas presentadas por los libros de texto (Altheide, 1987). A continuación se presentan los resultados derivados de cada uno de los análisis realizados para el abordaje de los contenidos biotecnológicos.

#### 4.2.2 Análisis de los componentes del texto y sus relaciones semánticas

A fin de conocer qué relaciones conceptuales se establecen entre diferentes temas de biología y la biotecnología, se buscó identificar en ocho temáticas específicas la inclusión de conceptos biotecnológicos (Figura 4.8).

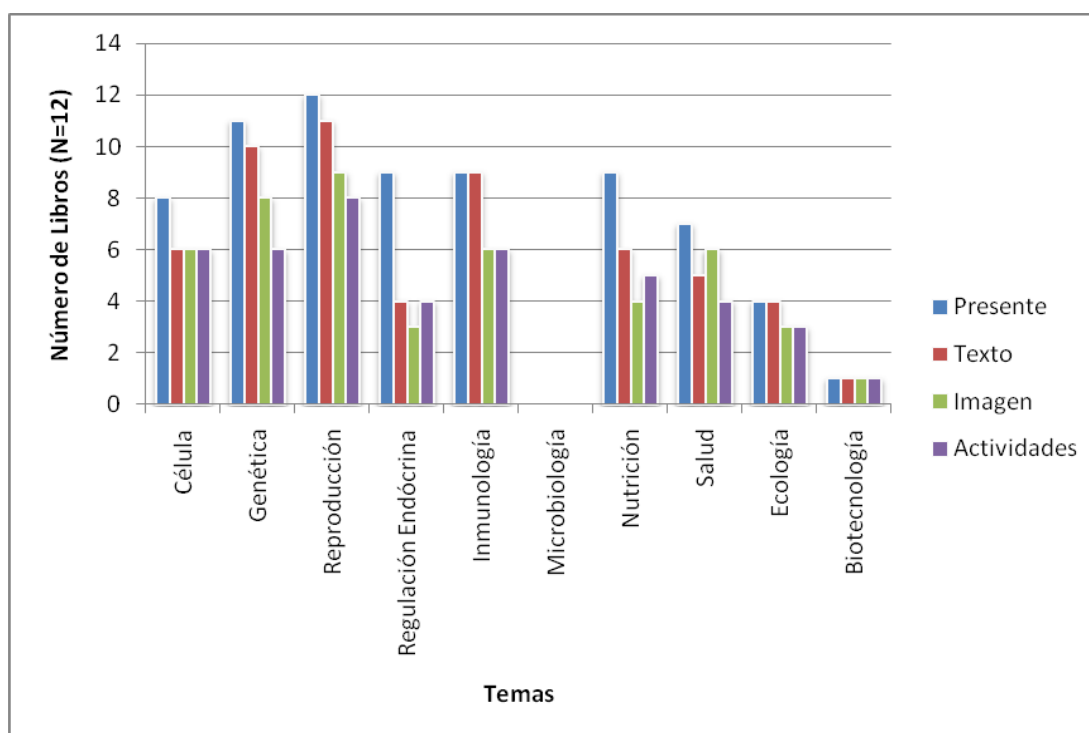


Figura 4.8: Presencia de conceptos biotecnológicos en cada tema y formatos con los cuales se los aborda.

Como se describió en la sección anterior, los libros seleccionados para este estudio presentaron gran diversidad de temas en su desarrollo. Un aspecto que se destaca es que ninguno de los libros incluyó el tema de “microbiología”, lo cual para el estudio de biotecnología es particularmente negativo ya que estos conceptos resultan claves para comprender numerosos procesos biotecnológicos. Al respecto es interesante considerar la investigación realizada por Simonneaux (2000) quién a través de entrevistas realizadas a estudiantes de escuela secundaria encontró que

las concepciones de los estudiantes referidas a los microorganismos en general se presentaban con una connotación negativa refiriéndose a ellos como “microbios” o “gérmenes”, con numerosos errores conceptuales y desconociendo los usos comunes de los microorganismos en los procesos industriales. De manera que, la ausencia de microbiología en los libros de texto estaría favoreciendo a que permanezcan estas ideas equivocadas en relación a los microorganismos, e impidiendo que los estudiantes puedan establecer relaciones entre éstos y los diferentes procesos biotecnológicos.

En función de la presencia de cada temática en el libro, se analizó la inclusión o exclusión de conceptos biotecnológicos en las diferentes jerarquías textuales: en el texto escrito, en las imágenes y en las actividades. Las temáticas que incorporaron con mayor frecuencia conceptos biotecnológicos fueron en orden decreciente: reproducción, genética, nutrición, regulación endócrina, inmunología y célula. Estas frecuencias posiblemente respondan a que las principales aplicaciones biotecnológicas abordadas en los libros de texto se encuentran vinculadas a estas temáticas, a saber: fertilización asistida, ingeniería genética, producción de hormonas a través de ingeniería genética, producción de vacunas y sueros, producción de alimentos y alimentos derivados de organismos genéticamente modificados.

Por otro lado, a partir del análisis de las jerarquías textuales, se observó que en todos los temas se incluyeron los tres formatos. Asimismo, en general, fue mayor el tratamiento en formato textual, a excepción del tema “salud” en el cual el formato imagen se presentó en una frecuencia superior al textual (Figura 4.8).

Para avanzar en el análisis, se seleccionaron 25 conceptos biotecnológicos como resultado de un inter juego entre la teoría y los conceptos encontrados en los libros. Se observó que los conceptos abordados con mayor frecuencia fueron en orden decreciente: la fertilización asistida, el concepto de biotecnología, la creación de sueros, la ingeniería genética, los trasplantes, los organismos transgénicos, el proyecto genoma humano, la producción de alimentos a través de biotecnología y la producción de antibióticos. Por el contrario los conceptos menos abordados fueron en orden creciente la utilización de células madre, los biocombustibles, el control de plagas con hormonas y el aprovechamiento industrial enzimático (Figura 4.9).

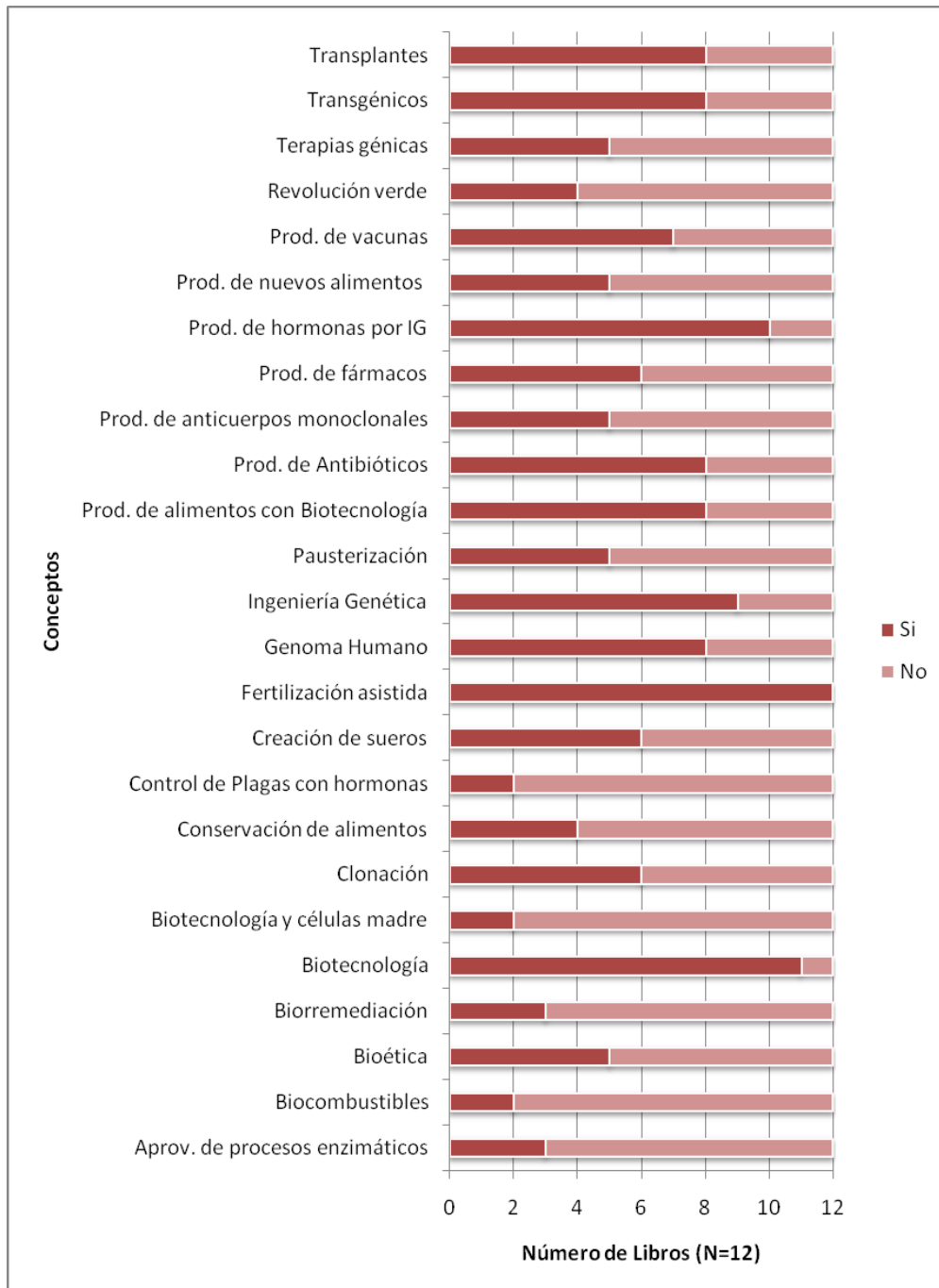


Figura 4.9: Presencia de los conceptos en los libros de texto.

Los conceptos biotecnológicos fueron encontrados en los cuatro niveles de intensidad textual: a) Apartado en el texto principal; b) Lectura complementaria fuera del desarrollo de los contenidos del capítulo; c) Paratextos o textos auxiliares en el margen de las páginas y d) Mención dentro del texto principal.

En la Figura 4.10 se ejemplifica con imágenes de diferentes libros, las cuatro categorías textuales para el concepto de “terapias génicas”.



A partir del análisis de las categorías textuales, se observó que los conceptos biotecnológicos, en su mayoría, fueron abordados en lecturas complementarias colocadas fuera del texto principal del capítulo, en apartados especiales al estilo “para saber más...” “Temas especiales” “Ciencia, Tecnología y Sociedad”, “Tecnología y Ciencia”, etc. En segundo lugar se encontraron incluidos a partir de paratextos y en tercer lugar en apartados específicos dentro del texto principal (Figura 4.11).

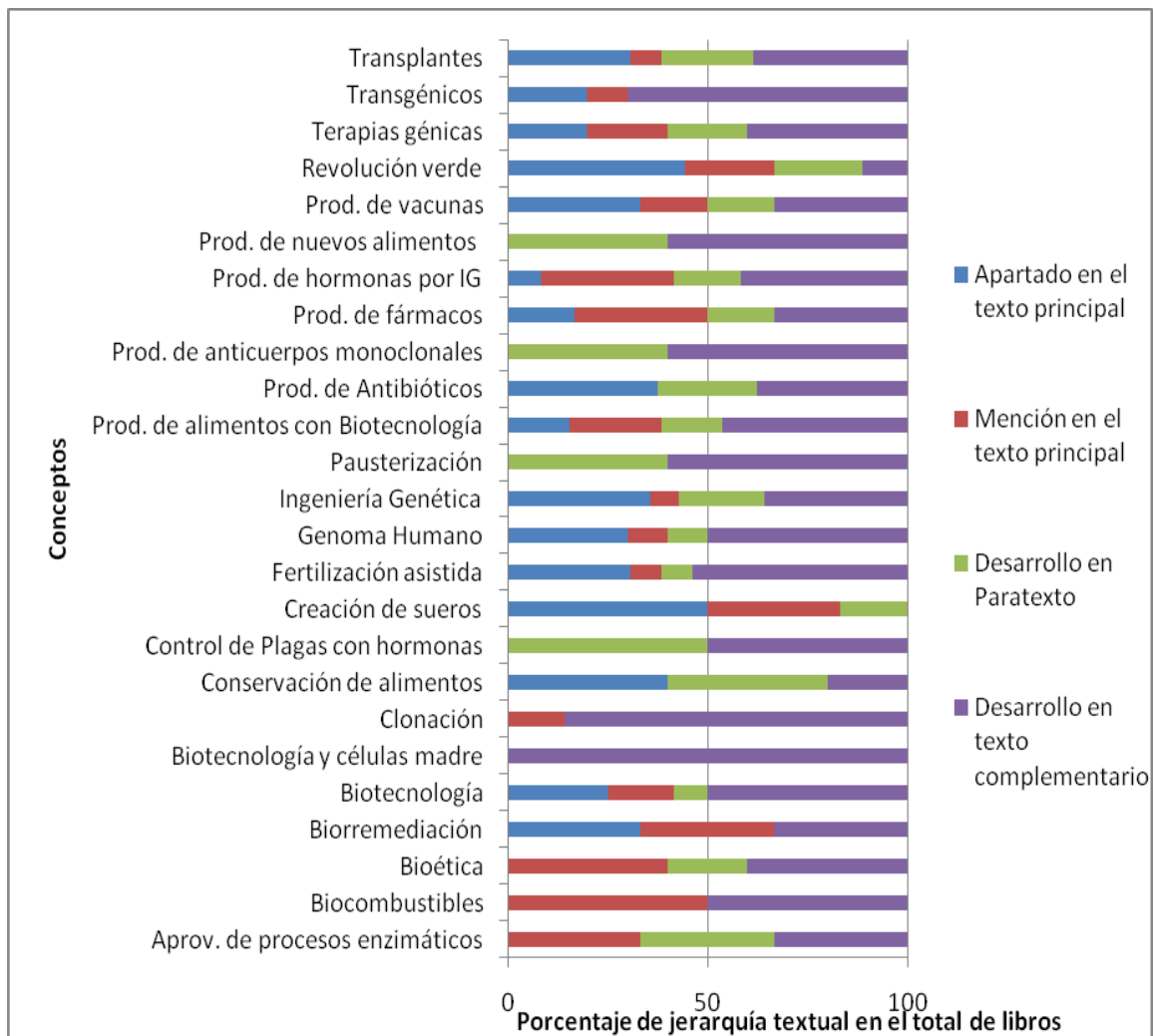


Figura 4.11: Porcentaje de jerarquía textual con la que se aborda cada uno de los 25 conceptos en el total de los libros de texto (N=12).

Ninguno de los libros incluyó en el texto principal conceptos como: producción de alimentos con biotecnología, producción de anticuerpos monoclonales, pasteurización, control de plagas con hormonas y biotecnología y células madre. Asimismo, se destaca que conceptos como clonación y bioética solamente se encontraron mencionados en el texto principal como parte del desarrollo de otros contenidos.

Estos resultados coinciden con los encontrados por Fernández Xavier et al. (2006) al analizar el desarrollo de temáticas biotecnológicas en libros de texto de Brasil. Los autores destacan que el tratamiento mayoritario de estos contenidos al final de los capítulos como curiosidades evidencia que los libros de texto presentan estas temáticas de manera superficial. Asimismo, como plantean Melo Ferreira y Alves Soares (2008), el desarrollo mayoritario de los conceptos fuera del texto principal en paratextos o en lecturas complementarias, muestra la poca importancia asignada a una temática en el libro de texto.

Otro aspecto interesante de discutir es el tratamiento de los contenidos de biotecnología al finalizar los capítulos desde un enfoque CTSA a manera de integración. Si bien este enfoque constituye sin lugar a dudas una aproximación didáctica necesaria para la alfabetización científica y la formación de ciudadanos responsables y capaces de tomar decisiones fundamentadas, difícilmente se alcancen estos objetivos educativos con sólo incluir estas temáticas al final de los capítulos debido, al menos, a dos causas. La primera de ellas se encuentra vinculada a lo planteado por Martins y Brigas (2005) a partir de su investigación referida al uso que hacen los docentes de los libros de texto en sus clases, ellos indican que sólo la mitad de los profesores pide a sus estudiantes que trabajen con las lecturas complementarias que presentan los libros. Por otro lado, el segundo argumento se encuentra vinculado específicamente al enfoque CTSA. Al igual que lo encontrado por nosotros en este estudio para la temática de biotecnología, Gomes de Abreu et al. (2005) en su análisis de la contextualización de la tecnología en libros de texto de Química y Biología encontraron que al final de los capítulos aparecen temas desde un enfoque CTSA, pero durante los capítulos el desarrollo de los contenidos no respeta este enfoque. De manera que estas relaciones se presentan en los libros como información complementaria o anexa, sin modificar el desarrollo tradicional de conceptos y sin incluir este enfoque como estructurador de significados para la formación científica ciudadana.

La profundidad en la cual se desarrollaron los conceptos se analizó a partir de tres niveles de intensidad: a) ejemplifica; b) menciona el concepto y lo describe superficialmente y c) se desarrolla el concepto y se presenta la explicación de los procesos involucrados. Se observó que todos, a excepción del concepto de “biorremediación”, se encontraron abordados en un nivel de intensidad “c” en al



menos un libro (Figura 4.12). Sin embargo, ocho conceptos sólo se desarrollaron con este nivel de intensidad en un mismo libro (Libro K).

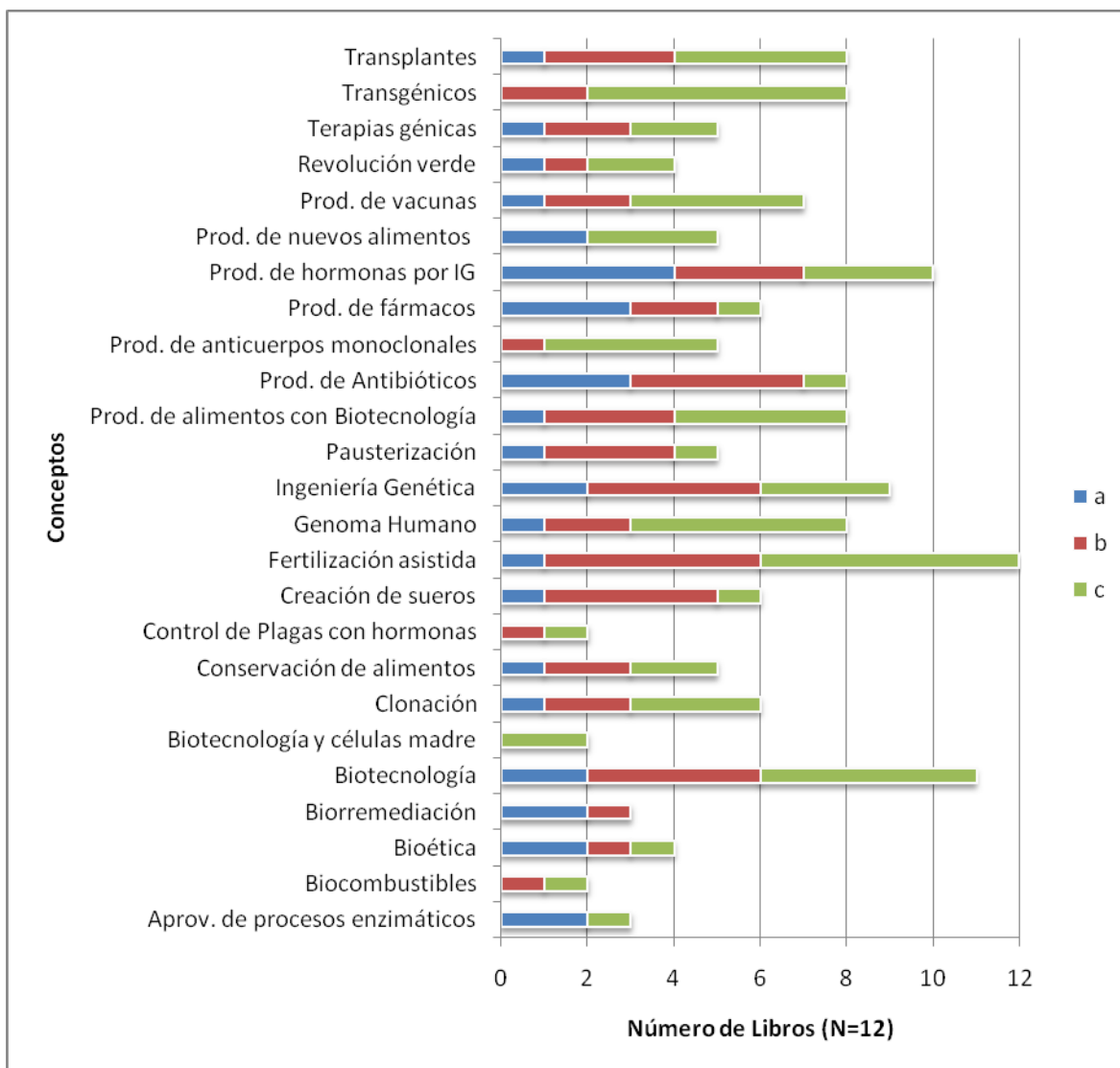


Figura 4.12: Número de libros que desarrollan cada concepto en cada nivel de intensidad a): ejemplifica; b): menciona el concepto y lo describe superficialmente y c): se desarrolla el concepto y se presenta la explicación de los procesos involucrados

Los conceptos que se desarrollaron en el nivel “c” en más de cuatro libros fueron: fertilización asistida, transgénicos, biotecnología y proyecto genoma humano. Sin embargo, este abordaje profundo no se realizó en el texto principal sino en textos complementarios.

Por otro lado, se destaca que el concepto de ingeniería genética que resulta clave para la comprensión de los procesos biotecnológicos modernos en general se encontró abordado de manera superficial (nivel de intensidad b), y sólo cuatro libros lo desarrollaron de manera profunda. Este abordaje superficial de los conceptos de

ingeniería genética, podría explicar el hecho de que las docentes no puedan utilizar sólo un libro de texto para enseñar biotecnología, y deban recurrir a otras fuentes de información como material de divulgación, libros de texto universitarios y páginas Web.

En particular el uso de las páginas Web podría colaborar a superar las deficiencias encontradas en la profundidad del desarrollo de los contenidos tal como lo expresan dos Santos et al. (2007). Asimismo, considerando el tiempo que transcurre entre el desarrollo del conocimiento científico y su incorporación en los libros de texto, aspecto que ha sido señalado de manera específica para los contenidos de biotecnología por Del Carmen (2001), la utilización de la información accesible en las páginas Web puede colaborar en que se trabajen en el aula conceptos actualizados.

El último análisis que se realizó en relación al abordaje de los contenidos biotecnológicos, se vinculó a la inclusión de cinco elementos contextuales (ambiental, económico, ético, social e historia de la ciencia). Los elementos que se presentaron con mayor frecuencia en el abordaje de los conceptos biotecnológicos fueron: en primer lugar el contexto social tomando en consideración las necesidades básicas del hombre (alimentación, salud, vivienda, etc.), y en segundo lugar los elementos referidos a la historia de la ciencia. El contexto menos abordado fue el ambiental (Figura 4.13).

Los conceptos que se desarrollaron con mayor cantidad de elementos contextuales fueron en orden decreciente: los transgénicos, el proyecto genoma humano, la clonación, la fertilización asistida, el concepto de biotecnología y la producción de alimentos con biotecnología. Un aspecto que se destacó fue que el concepto de utilización de células madre no se abordó desde el contexto ético en ninguno de los libros.

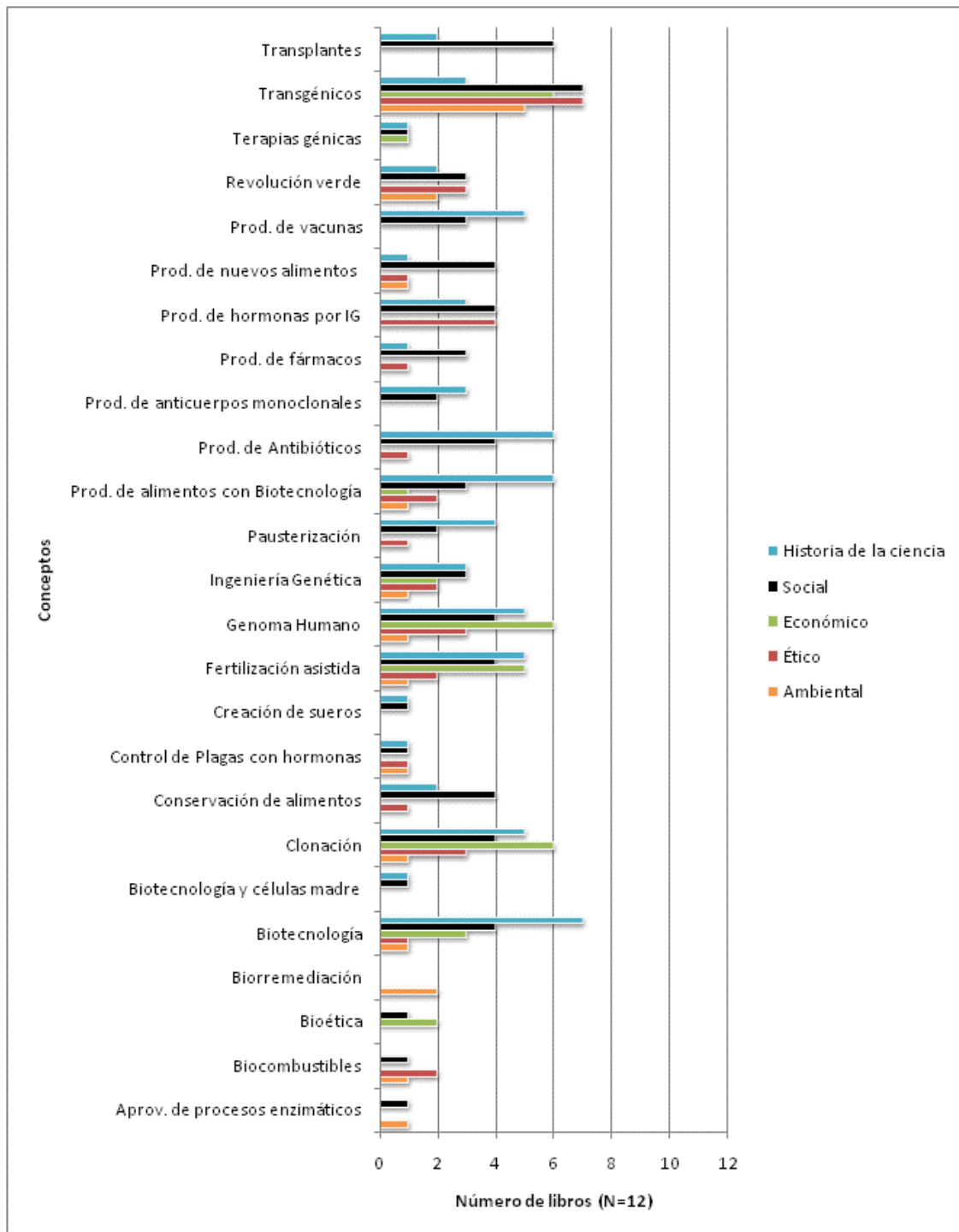


Figura 4.13: Número de libros que desarrollan para cada concepto elementos del contexto ambiental, ético, económico, social o de la historia de la ciencia.

Como ya hemos discutido en el marco teórico, las temáticas biotecnológicas presentan la particularidad de vincular aspectos sociales, económicos, políticos, ambientales, éticos, etc. De manera que, a la hora de tomar decisiones sobre estas temáticas, se ponen en juego un conjunto de valores implícitos vinculados a cada uno de estos aspectos. Al respecto Sadler y Zeidler (2004) y Concannon et al. (2010) plantean la necesidad de presentar a los estudiantes oportunidades para explorar

diferentes posturas desde múltiples perspectivas a fin de colaborar en el desarrollo de espíritu crítico y fundamentado ante las cuestiones socio-científicas como lo son las aplicaciones biotecnológicas. Sin embargo, para que este tipo de abordaje didáctico se convierta en propuestas reales en el aula se requiere de recursos y programas de capacitación, dirigidos específicamente a este objetivo. Sadler et al. (2006) en su estudio sobre la presentación de aspectos socio científicos por parte de los docentes encontraron que éstos expresaron como limitante la falta de materiales curriculares disponibles que cuenten con este enfoque. Sin lugar a dudas, la ausencia de materiales curriculares también puede ser el sentir de las docentes cordobesas entrevistadas, ya que los libros de texto disponibles para el trabajo de temáticas biotecnológicas, en general presentan sólo algunas de las perspectivas y los contextos éticos y ambientales son los menos trabajados. Por lo tanto, este aspecto resulta importante de ser considerado para el desarrollo de nuevos materiales curriculares, como así también en las propuestas de formación docente continua.

#### **4.2.3 Análisis de las imágenes**

Para el conjunto de libros estudiados, se encontró un total de 255 imágenes ilustrando a conceptos biotecnológicos. Se utilizaron cinco categorías de análisis para examinar la funcionalidad de las imágenes: a) Facilitan la comprensión de un concepto; b) Plantean una actividad a resolver; c) Muestran el montaje experimental; d) Tienen una función decorativa, ornamental o motivadora (Otero et al., 2002; Calvo Pascual y Martín Sánchez, 2005; Perales Palacios, 2006).

La gran cantidad de imágenes encontradas constituye un elemento muy positivo, ya que como plantea Lemke (2002), éstas son otra de las formas semióticas que puede tomar el lenguaje de las ciencias y, por lo tanto, un libro de texto de ciencias debería incluirlas. Sin embargo, la principal funcionalidad asignada a las imágenes de los conceptos biotecnológicos no fue promover la comprensión de los conceptos, sino más bien decorar o motivar a la lectura. Por lo tanto, las imágenes se utilizaron con el objetivo de embellecer el libro y tornarlo visualmente atractivo (Figura 4.14).

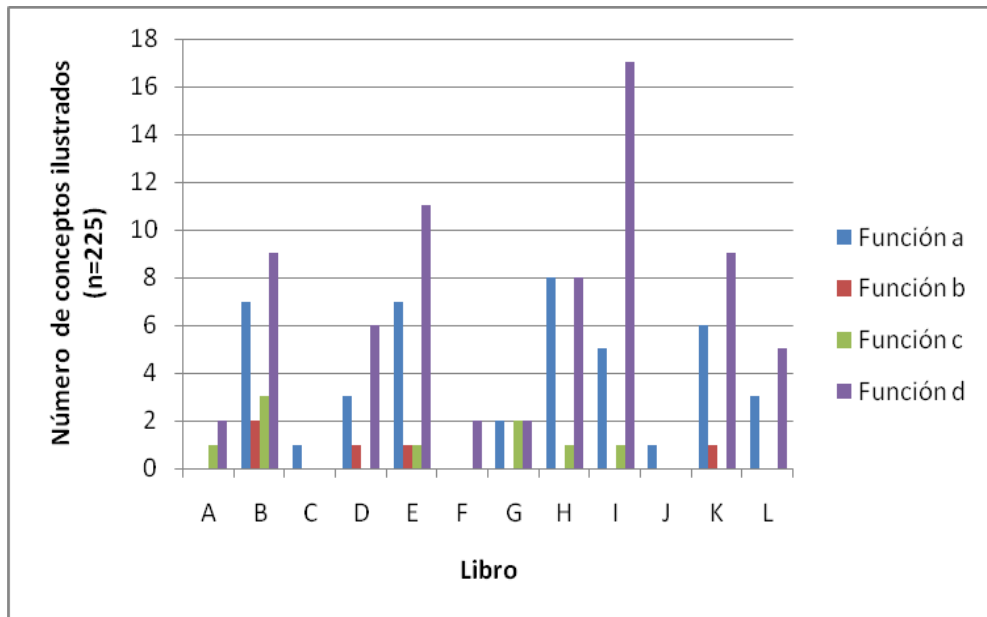


Figura 4.14: Número de conceptos que presentan cada tipo de imagen por libro de texto. a) Facilitan la comprensión de un concepto; b) Plantean una actividad a resolver; c) Muestran el montaje experimental; d) Tienen una función decorativa, ornamental o motivadora.

Al analizar el tipo de imágenes que se presentan para cada concepto, se observó que los conceptos que se presentaron con mayor cantidad de imágenes tipo “a”, que facilitan la comprensión, fueron: reproducción asistida y clonación. Nuevamente resultó llamativo que el concepto de ingeniería genética sólo se presentó acompañado con imágenes que faciliten su comprensión en tres libros. Al respecto resulta interesante considerar que según Stylianidou (2002), Meyer (2003) y Pandiella et al. (2004), los estudiantes aprenden más a fondo cuando la información no sólo se presenta en texto escrito, sino combinada con imágenes que se encuentran vinculadas a la información del texto.

Por otro lado, Rotbain et al. (2006) estudiaron el impacto de la utilización de modelos tridimensionales e ilustraciones en el aprendizaje de genética molecular, y encontraron que ambos recursos mejoraban el aprendizaje de los estudiantes. Lo interesante a destacar es que las ilustraciones que se presentaron a los estudiantes fueron acompañadas de actividades que propiciaron un papel activo de los estudiantes, ya sea a través de actividades prácticas como identificar elementos, seleccionar, colorear e integrar diversos componentes de las ilustraciones, o a través de actividades de pensamiento tales como la búsqueda de palabras que faltan, responder a las preguntas de una guía, etc. De manera que la ausencia de

ilustraciones constituye una deficiencia de los libros en el tratamiento de los conceptos biotecnológicos.

Otro aspecto que se estudió de las imágenes fue su carácter semántico, es decir el significado que éstas pueden tener para el lector y por lo tanto su potencialidad para ayudar en el proceso de comprensión de los contenidos que se desarrollan en el texto. Este estudio se realizó en función de qué relaciones establece el libro entre la información del texto y aquella que se presenta a través de las imágenes. Encontramos que la mitad de las imágenes se presentaron de manera connotativa, es decir que el texto no expresa la correspondencia entre los contenidos allí desarrollados y los elementos incluidos en las imágenes. Un 37% de las imágenes se presentaron de manera denotativa, es decir estableciendo correspondencia ente los elementos de la imagen y los contenidos representados. Finalmente, sólo un 13 % de las imágenes se incluyeron de manera sinóptica, es decir que, además de describir la correspondencia entre el texto y los elementos de las imágenes, expresan las condiciones en las cuales los elementos de las imágenes representan a las relaciones entre los contenidos.

Estos resultados indican que las imágenes en general se presentan con muy pocas relaciones sustantivas que propicien en el lector situaciones de representación mental de los contenidos. Este panorama coincide con los resultados encontrados por Perales y Jiménez (2002) quienes expresaron que muchas de las imágenes presentes en los textos, si bien tenían un diseño gráfico atractivo, su inclusión en el texto era deficiente debido a las débiles conexiones que se establecían entre el texto y las imágenes. En este mismo sentido, Díaz y Pandiella (2007) destacan, para libros de texto argentinos, la ausencia de vínculos entre los recursos lingüísticos del formato escrito con los recursos de las imágenes y concluyen que este tipo de presentación no promueve en los alumnos una profunda comprensión de los contenidos desarrollados. Por lo tanto, a partir de los resultados encontrados para las relaciones semánticas entre las imágenes y el desarrollo de los contenidos biotecnológicos, se podría pensar que este formato de presentación tampoco estaría facilitando la comprensión de los conceptos de manera profunda.

#### 4.2.4 Análisis de las actividades

Se identificaron un total de 334 actividades propuestas por los libros de texto en el abordaje de conceptos biotecnológicos. Los conceptos que presentaron mayor número de actividades fueron: transgénicos, conservación de alimentos, producción de alimentos con biotecnología, producción de fármacos y fertilización asistida (Figura 4.15).

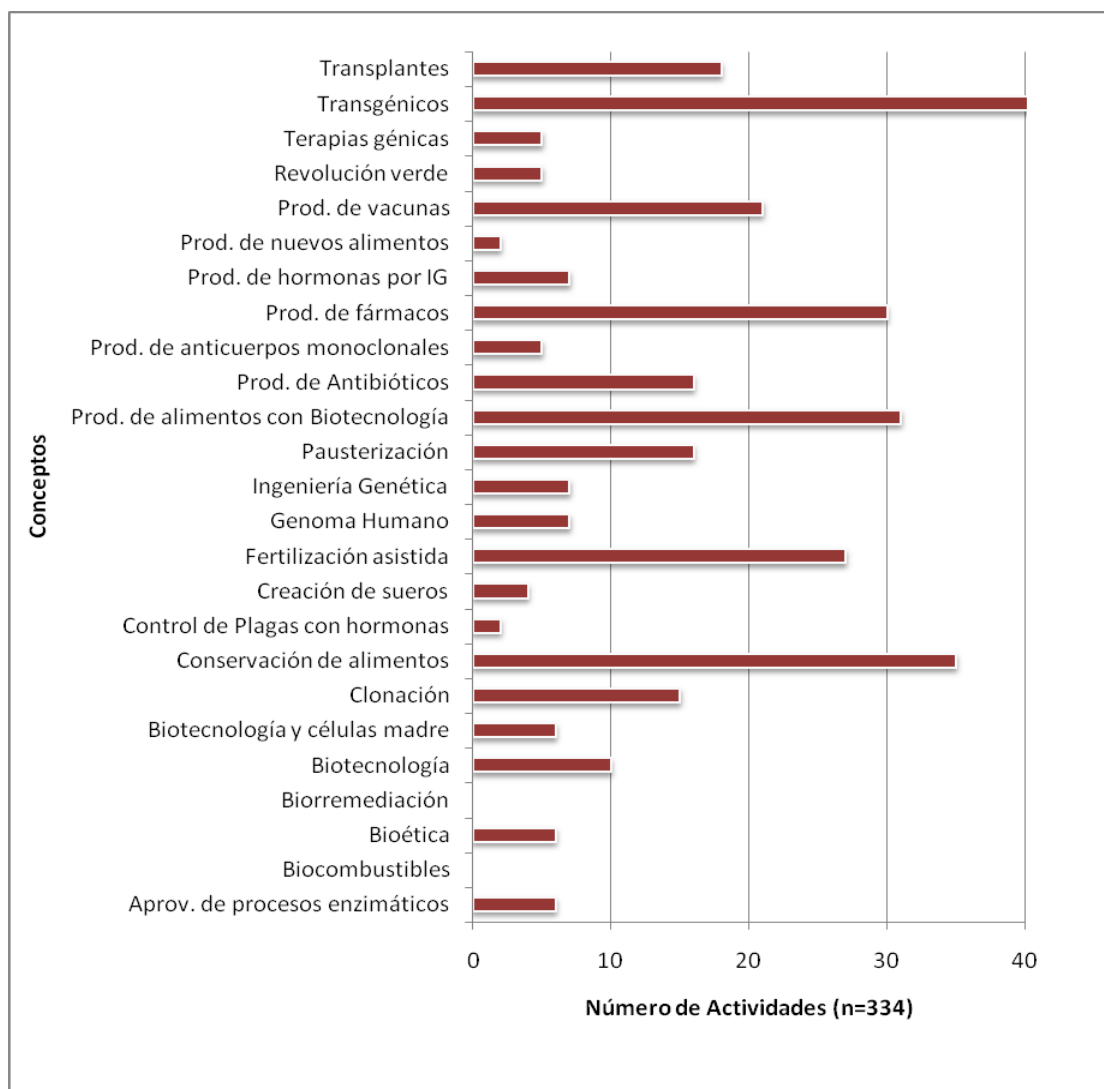


Figura 4.15: Número de actividades presentes en el total de libros (N=12) para cada uno de los 25 conceptos.

En particular, para el concepto de “ingeniería genética”, se encontraron muy pocas actividades al igual que para conceptos íntimamente relacionados como “producción de hormonas por ingeniería genética”, “terapias génicas”, “proyecto

genoma humano” y “biotecnología y células madres”. A su vez, no se encontraron actividades para los conceptos de “biorremediación” y “biocombustibles”.

En su mayoría las actividades fueron del tipo *lápiz y papel* y en general apuntaron a procesos cognitivos superiores. Se observó una alta frecuencia de actividades para aplicar conceptos mediante la resolución de situaciones problemáticas, permitir la conexión de conceptos desarrollados en la unidad, promover la argumentación y el desarrollo de juicio crítico. La complejidad de las actividades contrasta con la profundidad con la que se desarrollan la mayoría de los conceptos en el texto. Por otro lado, estas actividades en general se presentaron al final de los capítulos, lo cual coincidió con la tendencia observada de desarrollar los conceptos en lecturas complementarias acompañadas de actividades complejas. De manera que no parecería que los lectores puedan realizar estas actividades con la información que proporciona el texto, sino que necesariamente tendrán que buscar más información para poder resolverlas. Estos resultados coinciden con lo registrado por García-Rojeda Gayoso (1997) quien observó que los libros de texto presentaban desconexiones entre las actividades y los desarrollos teóricos propuestos.

Por otro lado, resulta interesante considerar nuevamente lo encontrado por Martins y Brigas (2005), quienes destacaron que sólo la mitad de los profesores pide que se realicen las actividades sugeridas al final de los capítulos de los libros. Por lo tanto, posiblemente estas actividades al presentarse al finalizar los capítulos no sean resueltas por los estudiantes. De manera que, aunque las actividades presenten situaciones interesantes de resolución de problemas, argumentación y desarrollo de juicio crítico, al encontrarse al final del capítulo y están acompañadas de muy poca información en el texto, es posible que no sean aprovechadas.

Otro análisis que se realizó en relación a las actividades, fue el análisis de los procedimientos que éstas favorecen. Se observó que en general las actividades apuntaron hacia la interpretación, la búsqueda de información, la comunicación y la organización de la información (Figura 4.16).

Es interesante destacar el alto porcentaje de actividades que solicitan la búsqueda de información, lo cual pone en evidencia la situación que se discutió



anteriormente en cuanto a que los libros plantean actividades que no pueden resolverse con la información presente en el texto.

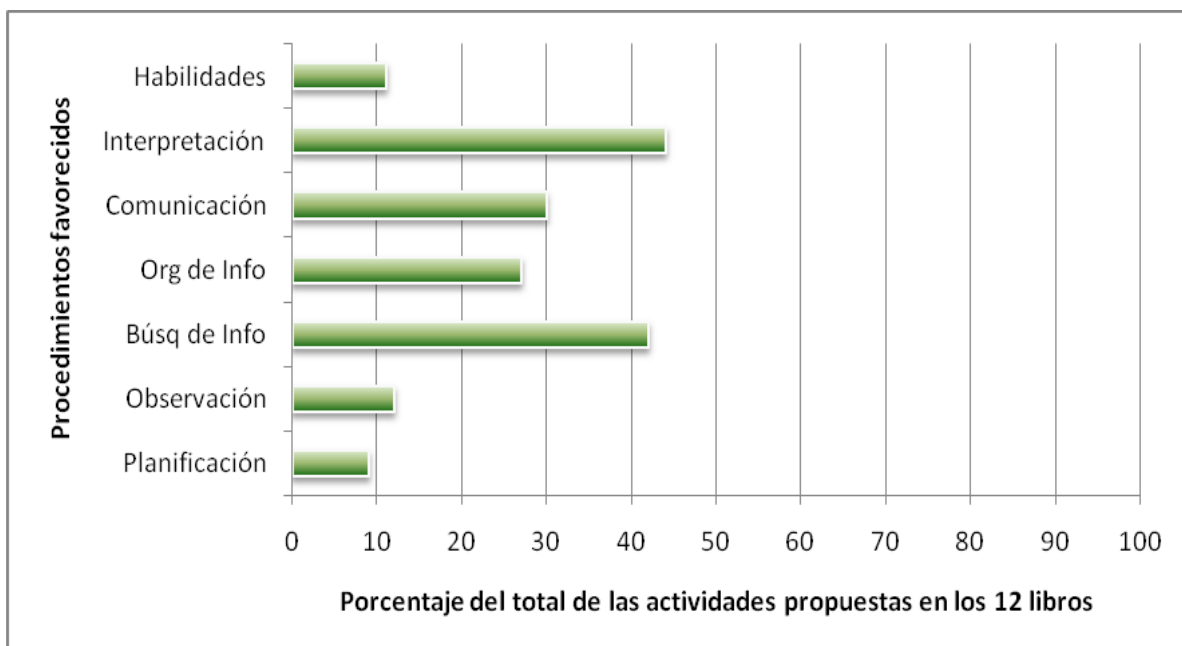


Figura 4.16: Porcentaje de procesos que se encuentran vinculados en el total de las actividades propuestas para todos los conceptos (N=334).

Los resultados de esta tesis muestran que pocos conceptos biotecnológicos son abordados en los libros de texto de manera profunda y en general plantean actividades que no se auto-sustentan con la información desarrollada por el libro. Este abordaje de la biotecnología por parte de los libros de texto permite comprender el hecho de que ninguna de las docentes haya expresado seguir a un libro de texto en particular, que varias de ellas hayan indicado que realizaban sus propios apuntes o que recurrían a libros de texto universitarios. Esta situación también podría explicar el uso frecuente de la estrategia de enseñanza “indagación bibliográfica” por parte de las docentes, ya que evidentemente sería necesario buscar en otras fuentes anexas al libro aquellos aspectos que éstos no consideran.

## Capítulo 5

### Conclusiones

En esta tesis se desarrolló un estudio a fin de caracterizar la enseñanza de la biotecnología en el ciclo de especialización de un grupo de escuelas públicas y privadas de la Ciudad de Córdoba. Como parte importante de este estudio se ha considerado el abordaje sobre biotecnología en los libros de texto de Biología para el ciclo de especialización. La investigación se ha llevado a cabo en un contexto específico, sin embargo los hallazgos proporcionan una metodología de trabajo e identificación de aspectos que definen la problemática que son de utilidad para caracterizar la enseñanza de la biotecnología en realidades diferentes a las estudiadas.

A continuación se presentan, para cada uno de los interrogantes que guiaron a esta tesis, las conclusiones a las que se ha arribado en función de los resultados encontrados.

*¿Qué y cómo se enseña biotecnología en el ciclo de especialización de escuelas secundarias de la ciudad de Córdoba?*

Los contenidos de biotecnología que se enseñan en la escuela secundaria están vinculados a la biotecnología moderna integrados a la ingeniería genética y sus principales aplicaciones en la salud y el ambiente. Esta selección de contenidos

es esencial, ya que la ingeniería genética es uno de los ejes conceptuales principales de la biotecnología, y sus aplicaciones constituyen ejemplos de las relaciones CTSA, las cuales tienen un papel relevante en la formación de una ciudadanía responsable y su preparación para la toma de decisiones.

De acuerdo a las entrevistas que se reseñan en el capítulo precedente, la enseñanza de la biotecnología es considerada importante por los docentes, porque posibilita que los estudiantes comprendan la información que se presenta en los medios de comunicación, puedan participar de debates públicos y tomar decisiones, accedan a las nuevas posibilidades médicas que ofrecen los procesos biotecnológicos con conocimientos actualizados, y por último, para que puedan actuar como consumidores responsables. Considerando que estos argumentos se acercan a los objetivos de la educación científica ciudadana, inferimos que el enfoque CTSA sería el que se prioriza a la hora de diseñar intervenciones didácticas en temáticas biotecnológicas.

La principal estrategia utilizada para enseñar biotecnología es la indagación bibliográfica, y en pocas ocasiones se complementa con otras estrategias como experiencias de laboratorio, resolución de problemas o simulaciones. A partir de la escasa variedad de estrategias utilizadas en la enseñanza de la biotecnología, se deduce la necesidad de desarrollar oportunidades de formación docente continua que se concentren en estrategias de enseñanza específicas para las ciencias experimentales.

En el caso de algunos contenidos concretos como los organismos transgénicos y las aplicaciones biotecnológicas que impactan en el ambiente, los docentes optan por proponer estrategia de trabajos grupales. Se deduce que priorizan esta forma de trabajo para crear oportunidades que permitan la construcción social del conocimiento, debido al carácter de estos contenidos que involucran aspectos y argumentos de alto impacto social.

#### *¿Qué materiales curriculares eligen los docentes para enseñar biotecnología?*

Para enseñar biotecnología se utilizan poco los libros de texto y en su mayoría este empleo se relaciona con estrategias tradicionales como el dictado, la exposición y la realización de informes escritos. La información se complementa con

otras fuentes, tales como materiales de divulgación científica tanto en papel como digitales, páginas Web, libros de texto universitarios y hasta apuntes escritos por los propios docentes. En particular para el abordaje de contenidos como las aplicaciones biotecnológicas relacionadas con el ambiente y la producción de organismos transgénicos se utiliza principalmente material de divulgación científica.

La utilización de Internet en la enseñanza de la biotecnología en la escuela secundaria se desarrolla a través de cuatro modalidades, a saber: *Búsqueda guiada*, en la cual el docente acompaña a sus estudiantes en la selección de la información; *Búsqueda incentivada*, en la que el docente anima de manera abierta a sus estudiantes a buscar en Internet; *Búsqueda docente*, que consiste en una selección de información por parte del docente que luego es llevada al aula para su trabajo con los estudiantes; y por último *Búsqueda espontánea*, en la cual los estudiantes por su propia motivación sin solicitud del docente obtienen información en Internet y la llevan al aula.

*¿Cuál es el abordaje que se hace de la biotecnología en los libros de texto de Biología utilizados en el ciclo de especialización de la escuela secundaria?*

Para responder a este interrogante general, se plantearon preguntas específicas que brindaron información para cada uno de los elementos del texto. A continuación se plantean las conclusiones arribadas para cada una de estas preguntas específicas.

*¿En el marco de qué temas se presenta a la biotecnología en los libros de texto?*

Los libros de texto incluyen a la biotecnología principalmente en los temas de reproducción, nutrición, regulación endócrina, inmunología y célula. Del análisis de las temáticas que presentan los libros de texto y de los contenidos biotecnológicos desarrollados, se determinó que la microbiología no está incluida en estos libros, lo cual se destaca como un aspecto particularmente negativo ya que estos conceptos resultan claves para su comprensión de los contenidos de biotecnología.

*¿Qué contenidos de biotecnología se desarrollan en los libros de texto?, ¿qué formatos se utilizan? y ¿en qué jerarquía textual se aborda esta temática?*

Los contenidos de biotecnología presentes con mayor frecuencia en los libros de texto son la definición de biotecnología, la fertilización asistida, la creación de sueros, la ingeniería genética, los trasplantes, los organismos transgénicos, el proyecto genoma humano, la producción de alimentos a través de biotecnología y la producción de antibióticos. Por el contrario los conceptos menos abordados son la utilización de células madre, los biocombustibles, el control de plagas con hormonas y el aprovechamiento industrial enzimático.

En cuanto a las jerarquías textuales, los conceptos de biotecnología, en general, son abordados en lecturas complementarias colocadas fuera del texto principal del capítulo, en apartados especiales o en paratextos. De este tratamiento secundario de los contenidos de biotecnología, se deduce que los libros de texto presentan a esta temática de manera superficial.

*¿Cuál es la profundidad con la cual se desarrolla la biotecnología?*

Los conceptos desarrollados de manera profunda son la fertilización asistida, los transgénicos, el concepto de biotecnología y el proyecto genoma humano. Por otro lado, el concepto de ingeniería genética que resulta clave para la comprensión de los procesos biotecnológicos modernos en general es abordado de manera superficial en los libros de texto. Al respecto es interesante considerar que para los docentes el concepto prioritario de biotecnología es la ingeniería genética, sin embargo, ésta no es abordada en los libros de texto de manera profunda. Por lo tanto, esta distancia entre los contenidos priorizados por los docente y el abordaje que hacen los libros de texto, podría explicar el hecho de que las docentes no puedan utilizar sólo un libro de texto para enseñar biotecnología, y deban recurrir a otras fuentes de información como material de divulgación, libros de texto universitarios y páginas Web.

*¿Qué elementos contextuales presentan los libros de texto en el abordaje de la biotecnología?*

Los elementos que se presentan con mayor frecuencia en el abordaje de los conceptos biotecnológicos son el contexto social tomando en consideración las necesidades básicas del hombre (alimentación, salud, vivienda, etc.), y los elementos referidos a la historia de la ciencia. Se destaca que un contexto muy poco desarrollado para los contenidos de biotecnología es el ambiental.

Acerca de los elementos contextuales considerados para cada contenido, los conceptos que se desarrollan con mayor cantidad de elementos contextuales son los transgénicos, el proyecto genoma humano, la clonación, la fertilización asistida, el concepto de biotecnología y la producción de alimentos con biotecnología. Por otro lado, el concepto de utilización de células madre no se aborda desde el contexto ético en ninguno de los libros.

*¿Cuáles son las principales funciones de las imágenes incluidas en el abordaje de biotecnología?*

Los libros de texto presentan gran cantidad de imágenes que ilustran a conceptos biotecnológicos. A pesar de ello, la principal funcionalidad asignada a estas imágenes es la de decorar o motivar la lectura. Por lo tanto se deduce que las imágenes se utilizan con el objetivo de embellecer el libro y tornarlo visualmente atractivo y no para facilitar la comprensión de los conceptos desarrollados en el texto.

Los conceptos que presentan mayor cantidad de imágenes que facilitan la comprensión son la reproducción asistida y la clonación, mientras que para el concepto de ingeniería genética no se encuentran este tipo de imágenes, sino que más bien este concepto se acompaña con ilustraciones cuya funcionalidad es la de motivar la lectura y lograr un diseño más atractivo.

Las imágenes, en general, se presentan con muy pocas relaciones sustantivas que propicien en el lector situaciones de representación mental de los contenidos. Por lo tanto, se podría pensar que este formato de presentación tampoco estaría facilitando la comprensión de los conceptos de manera profunda.

### *¿Qué tipos de actividades se proponen en los libros de texto?*

Los libros incluyen gran cantidad de actividades relacionadas con conceptos biotecnológicos. Los conceptos que se acompañan con mayor número de actividades son los transgénicos, la conservación de alimentos, la producción de alimentos con biotecnología, la producción de fármacos y la fertilización asistida. En particular el concepto de ingeniería genética presenta muy pocas actividades al igual que los conceptos íntimamente relacionados como la producción de hormonas a través de ingeniería genética, las terapias génicas, el proyecto genoma humano y la utilización de células madres.

La mayor parte de las actividades sólo involucran el uso de tipo lápiz y papel y apuntan a procesos cognitivos superiores. Esta complejidad observada para las actividades contrasta con la profundidad con la que se desarrollan la mayoría de los conceptos en el texto. Por otro lado, estas actividades en general se presentan al final de los capítulos como parte de lecturas complementarias con consignas que exceden al contenido del texto. Por lo tanto, se deduce que los libros de texto presentan desconexiones entre las actividades y los desarrollos teóricos propuestos.

Por último, los procedimientos que las actividades favorecen son la interpretación, la búsqueda de información, su comunicación y organización. Una gran parte de las actividades solicitan la indagación bibliográfica, que si bien es una actividad recomendable en sí misma, también pone en evidencia que los libros plantean actividades que no pueden resolverse con el contenido desarrollado en el texto.

### *¿Qué estructura tienen los libros de texto para la temática de biotecnología?*

Desde una mirada holística y global del contenido de los textos, su sentido de comunicación y las relaciones teóricas presentadas, se concluye que pocos conceptos biotecnológicos son abordados de manera profunda, las imágenes en general se presentan con el objetivo de embellecer el libro más que para facilitar la comprensión, y se plantean actividades que no se auto-sustentan con la información desarrollada en el texto. De manera que se requiere de otras fuentes de información complementarias a los libros de texto para trabajar profundamente a la biotecnología en el aula.

### **Nuevos interrogantes que surgen a partir de esta tesis**

En esta tesis se trabajó con docentes de diferentes escuelas para obtener una muestra heterogénea que permitiera caracterizar la enseñanza de la biotecnología en la escuela secundaria, sin embargo no se estudiaron las diferencias particulares que existen entre el contexto de escuelas privadas y públicas. Por lo tanto éste resulta un posible aspecto a estudiarse en investigaciones posteriores.

La caracterización de la enseñanza de la biotecnología realizada en esta tesis se deriva de los comentarios realizados por los docentes en las entrevistas, sin embargo dado a que las prácticas educativas áulicas responden a una complejidad de dimensiones, para profundizar en esta caracterización sería necesario realizar un estudio de caso. A partir de éste se podría conocer en profundidad cómo se llevan a cabo en las prácticas áulicas las decisiones de selección y secuenciación de contenidos y estrategias docentes, qué actividades concretas que implican el uso de los libros de texto u otras fuentes de información se plantean en el aula, a través de qué consignas, y cómo aportan a la construcción del conocimiento de biotecnología por parte de los estudiantes.

Por último, considerando que varios docentes indicaron que elaboraban sus propios apuntes para enseñar biotecnología, resultaría interesante estudiar, a partir de las categorías construidas para este estudio, cuáles son las características principales del abordaje de la biotecnología en los apuntes creados por los docentes.

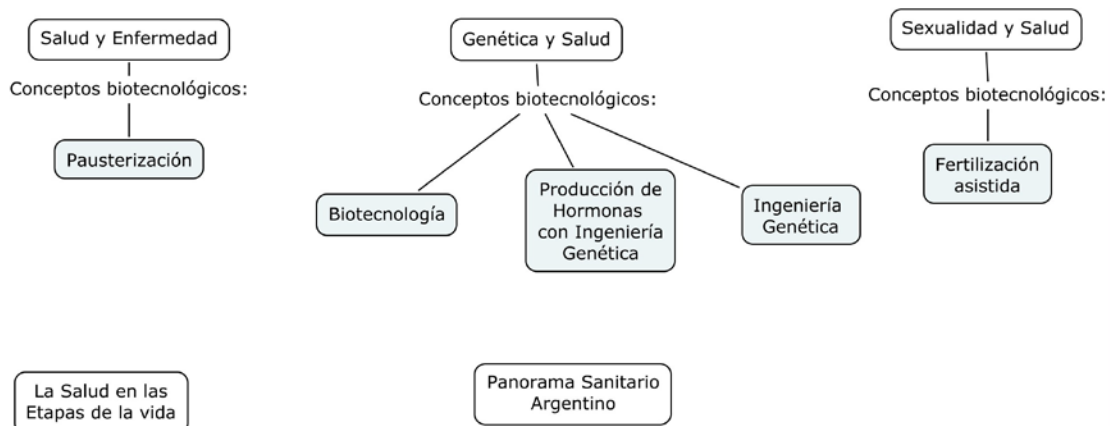


## **Anexos**

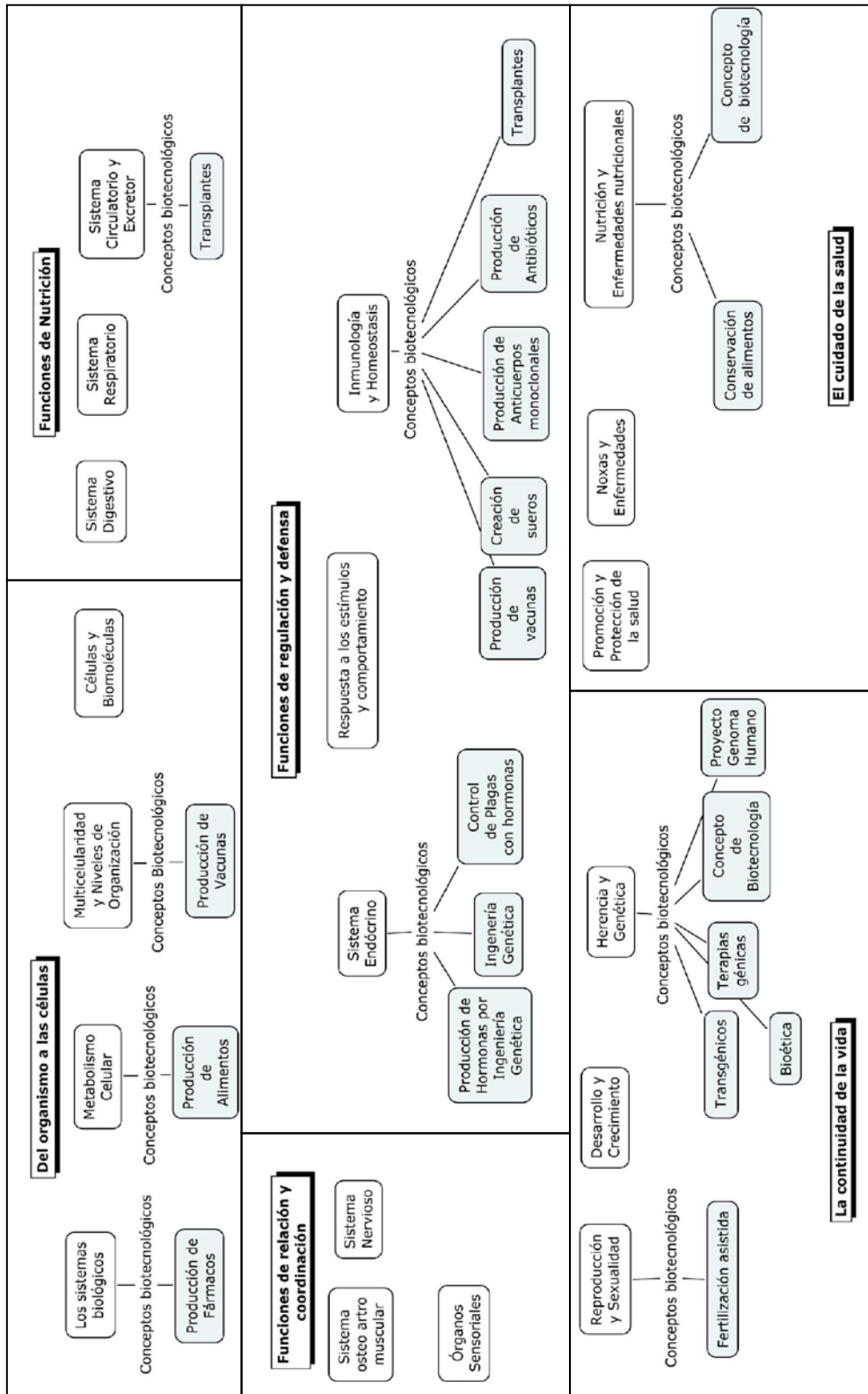
**Anexo 1: Detalle de los libros nombrados por los ocho docentes entrevistados y frecuencia de uso para cada uno de ellos.**

<b>Año</b>	<b>Autores</b>	<b>Libro</b>	<b>Número de docentes que utilizan cada libro</b>
1992	Amestoy, E.M.	Educación para la Salud. Editorial Stella.	1
1998	Barderi, M.G.; Cuniglio, E.; Fernández, E.M.; Haut, G.E.; López, A.B.; Lotersztain, I. y Schipani, F.V.	Biología "Citología, Anatomía y Fisiología. Genética. Salud y enfermedad". Editorial Santillana.	2
1999	Meinardi, E. y Revel Chion, A.	Biología. Editorial Aique.	1
2000	Cuniglio, F.; Barderi, M.G.; Capurro, M.H.; Fernández, E.M.; Franco, R.; Frascara, G.J. y Lotersztain, I.	Educación para la Salud. Editorial Santillana.	2
2001	Bocalandro, N.; Frid, D. y Scolovsky, L.	Biología. Editorial Estrada.	1
2002	Frid, D.; Muzzanti, S. y Espinoza, A.M.	Biología "La vida continuidad y cambio". Editorial Longseller.	1
2006	Adúriz-Bravo, A.; Barderi, M.G.; Bustos, D.O.; Frid, D.J.; Hardmeier, P.M. y Suárez, H.C.	Biología "Anatomía y Fisiología humanas. Genética y Evolución". Editorial Santillana	1

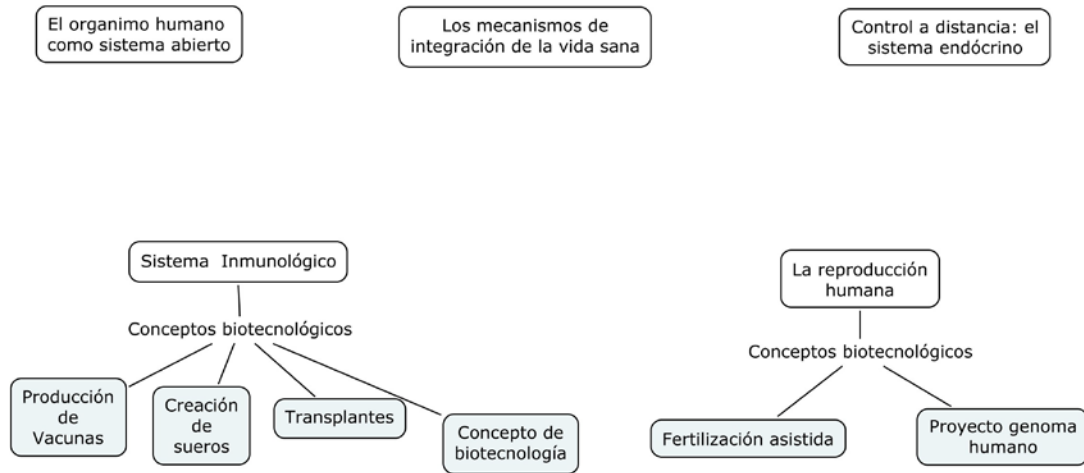
**Anexo 2: Mapa conceptual de los contenidos presentes en el Libro A. Se detallan en blanco los capítulos que presenta el libro y en celeste los conceptos biotecnológicos que se encuentran desarrollados.**



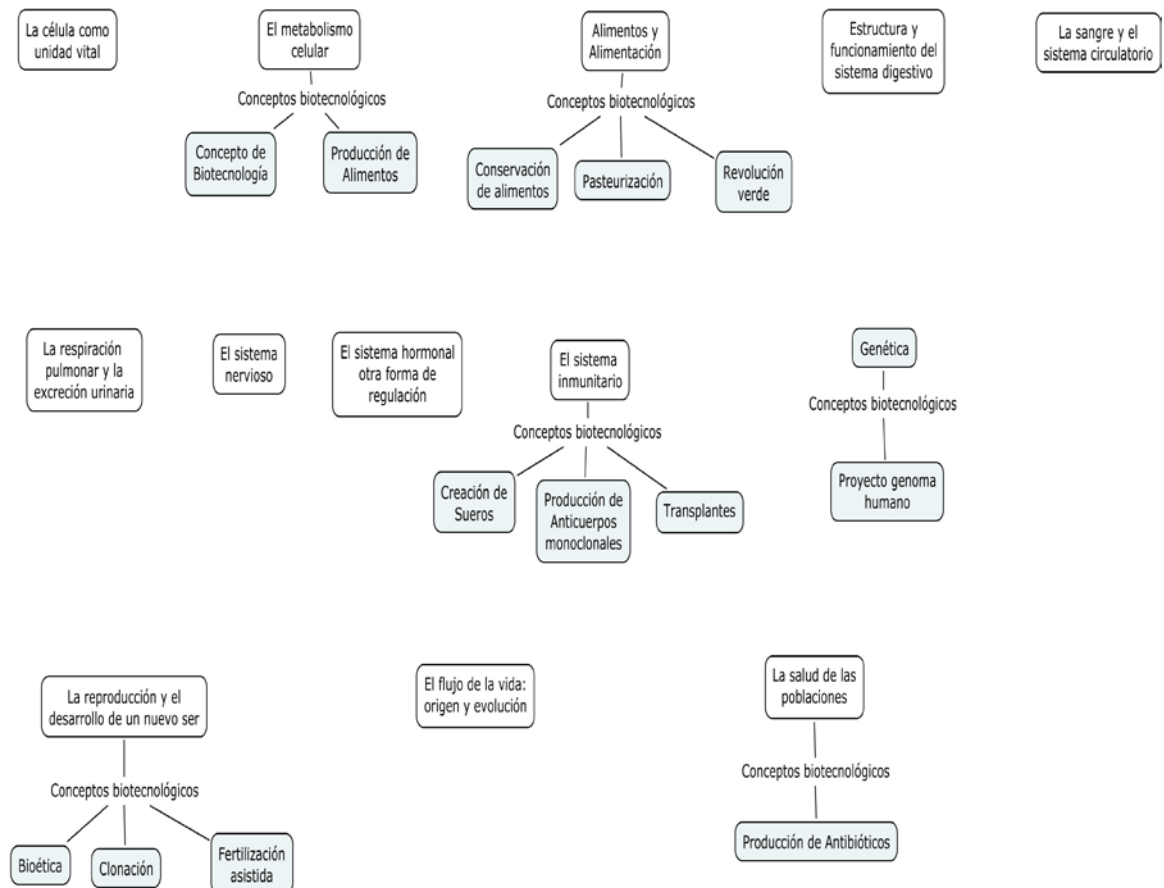
**Anexo 3: Mapa conceptual de los contenidos presentes en el Libro B. Se detallan en blanco los capítulos que presenta el libro y en celeste los conceptos biotecnológicos que se encuentran desarrollados. A su vez se presenta en subdivisiones cada una de las áreas temáticas distinguidas por el libro con sus títulos en recuadro negro.**



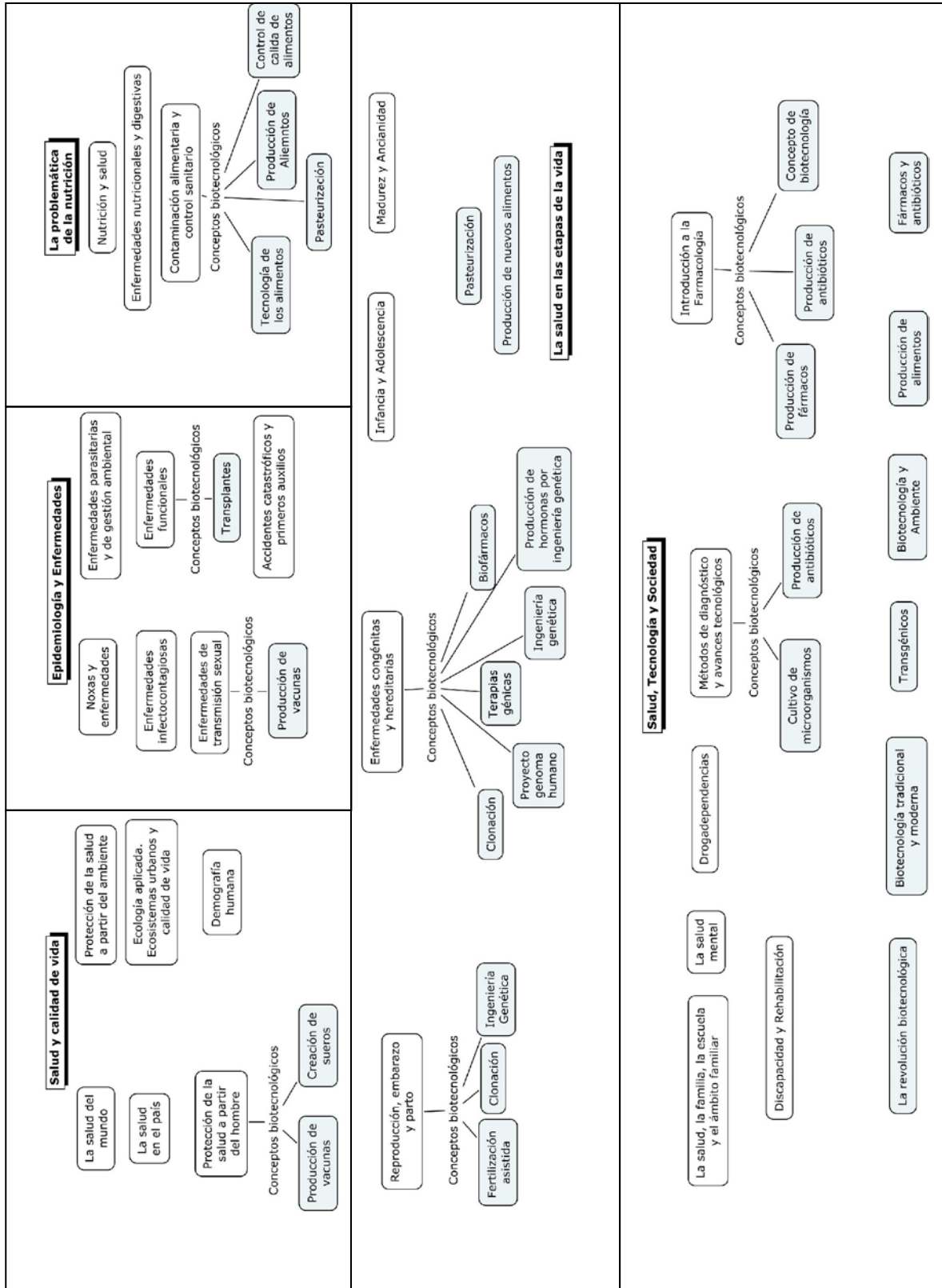
**Anexo 4: Mapa conceptual de los contenidos presentes en el Libro C. Se detallan en blanco los capítulos que presenta el libro y en celeste los conceptos biotecnológicos que se encuentran desarrollados.**



**Anexo 5: Mapa conceptual de los contenidos presentes en el Libro D. Se detallan en blanco los capítulos que presenta el libro y en celeste los conceptos biotecnológicos que se encuentran desarrollados.**



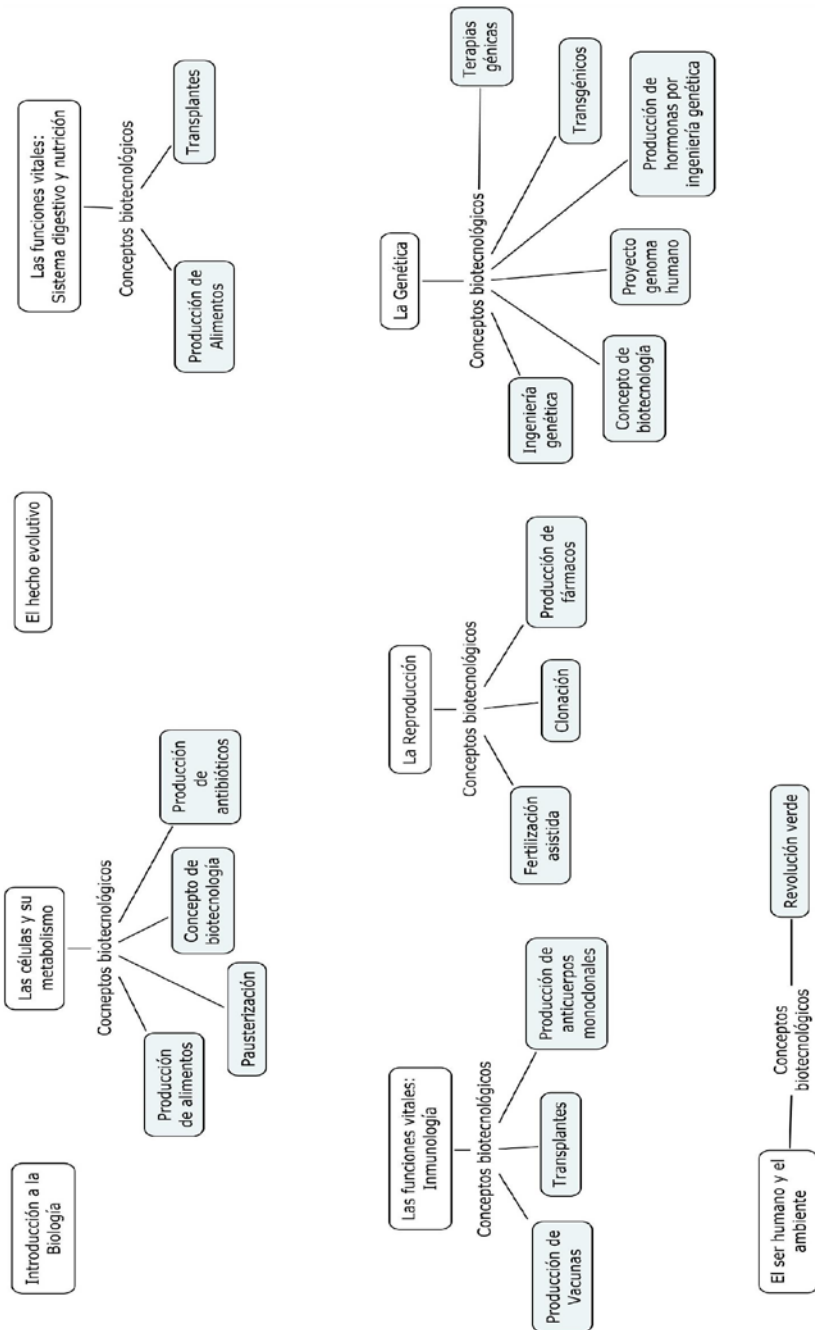
**Anexo 6: Mapa conceptual de los contenidos presentes en el Libro E. Se detallan en blanco los capítulos que presenta el libro y en celeste los conceptos biotecnológicos que se encuentran desarrollados. A su vez se presenta en subdivisiones cada una de las áreas temáticas distinguidas por el libro con sus títulos en recuadro negro.**



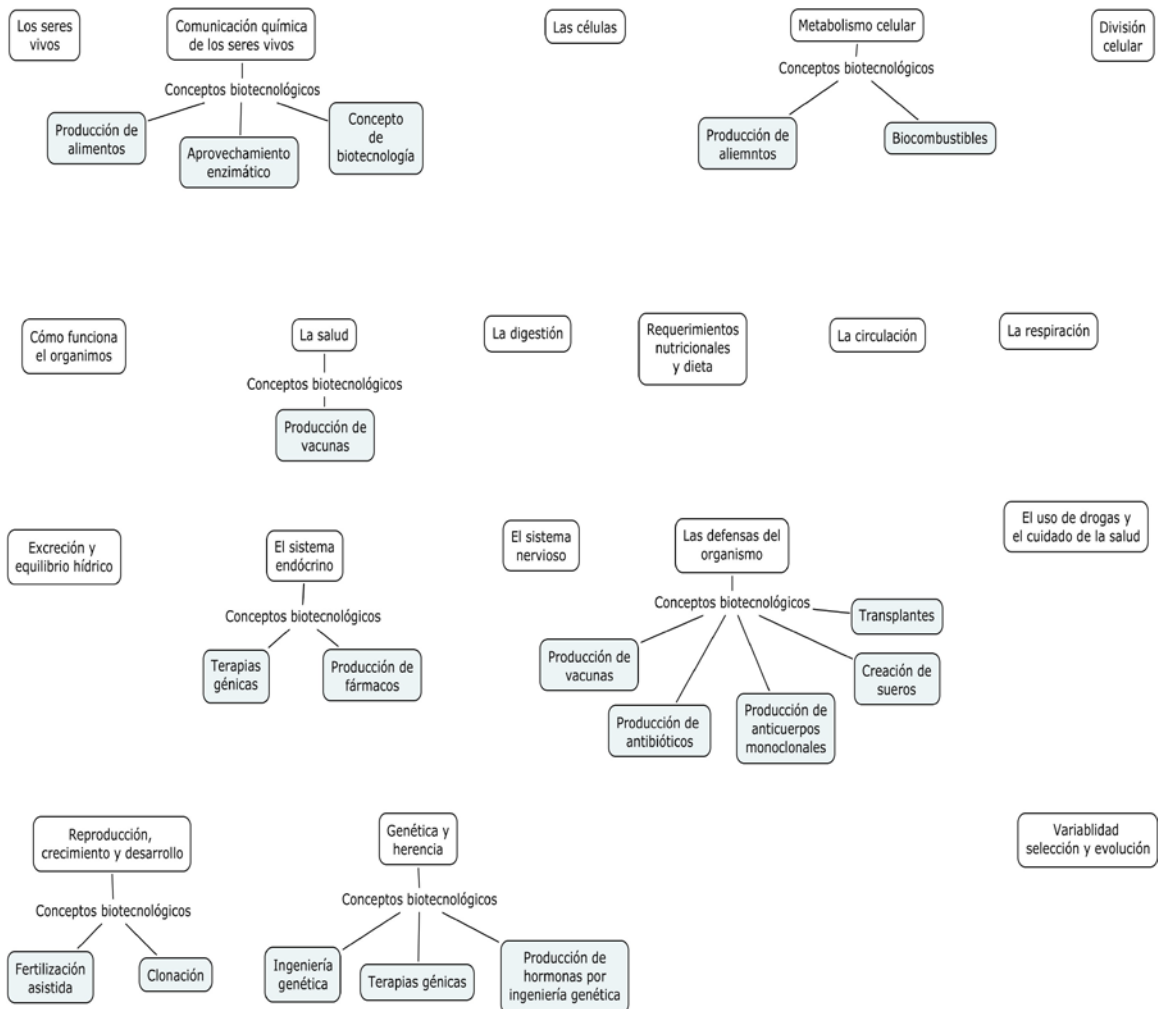
**Anexo 7: Mapa conceptual de los contenidos presentes en el Libro F. Se detallan en blanco los capítulos que presenta el libro y en celeste los conceptos biotecnológicos que se encuentran desarrollados.**



**Anexo 8: Mapa conceptual de los contenidos presentes en el Libro G. Se detallan en blanco los capítulos que presenta el libro y en celeste los conceptos biotecnológicos que se encuentran desarrollados.**

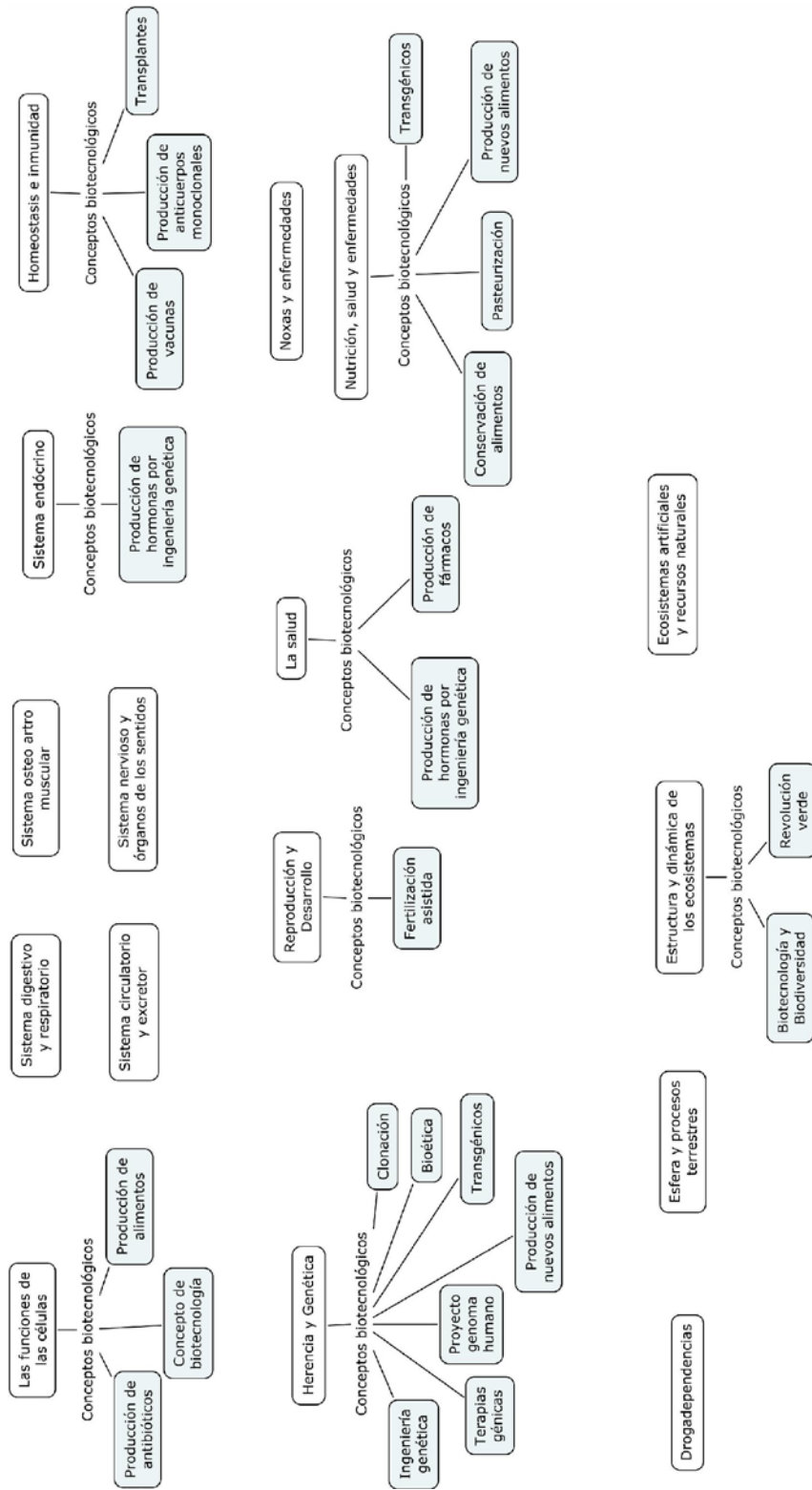


**Anexo 9: Mapa conceptual de los contenidos presentes en el Libro H. Se detallan en blanco los capítulos que presenta el libro y en celeste los conceptos biotecnológicos que se encuentran desarrollados.**

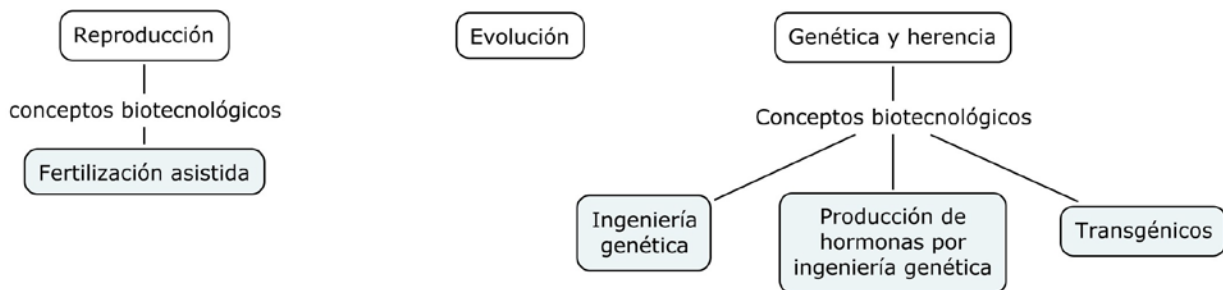




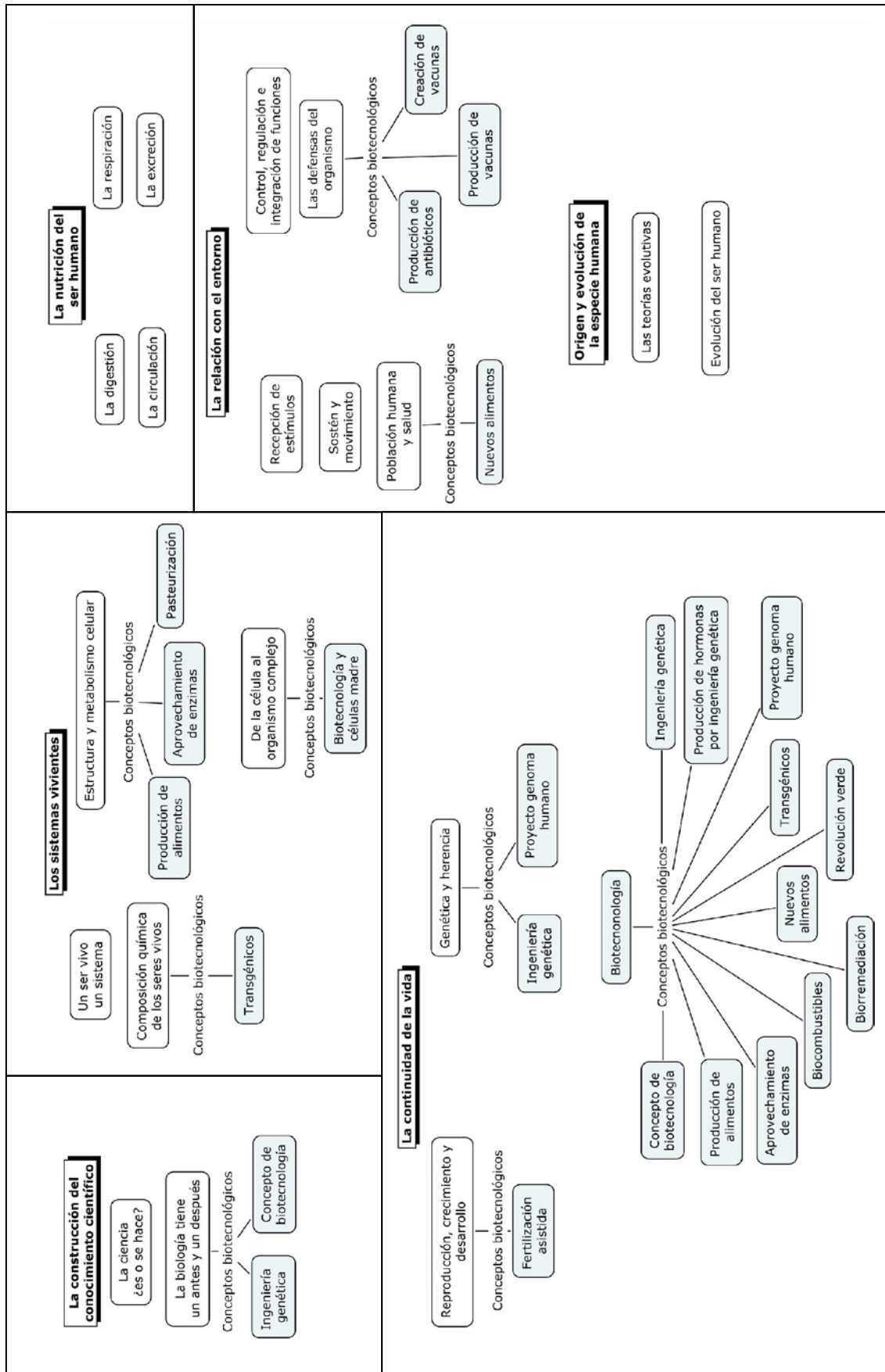
**Anexo 10: Mapa conceptual de los contenidos presentes en el Libro I. Se detallan en blanco los capítulos que presenta el libro y en celeste los conceptos biotecnológicos que se encuentran desarrollados.**



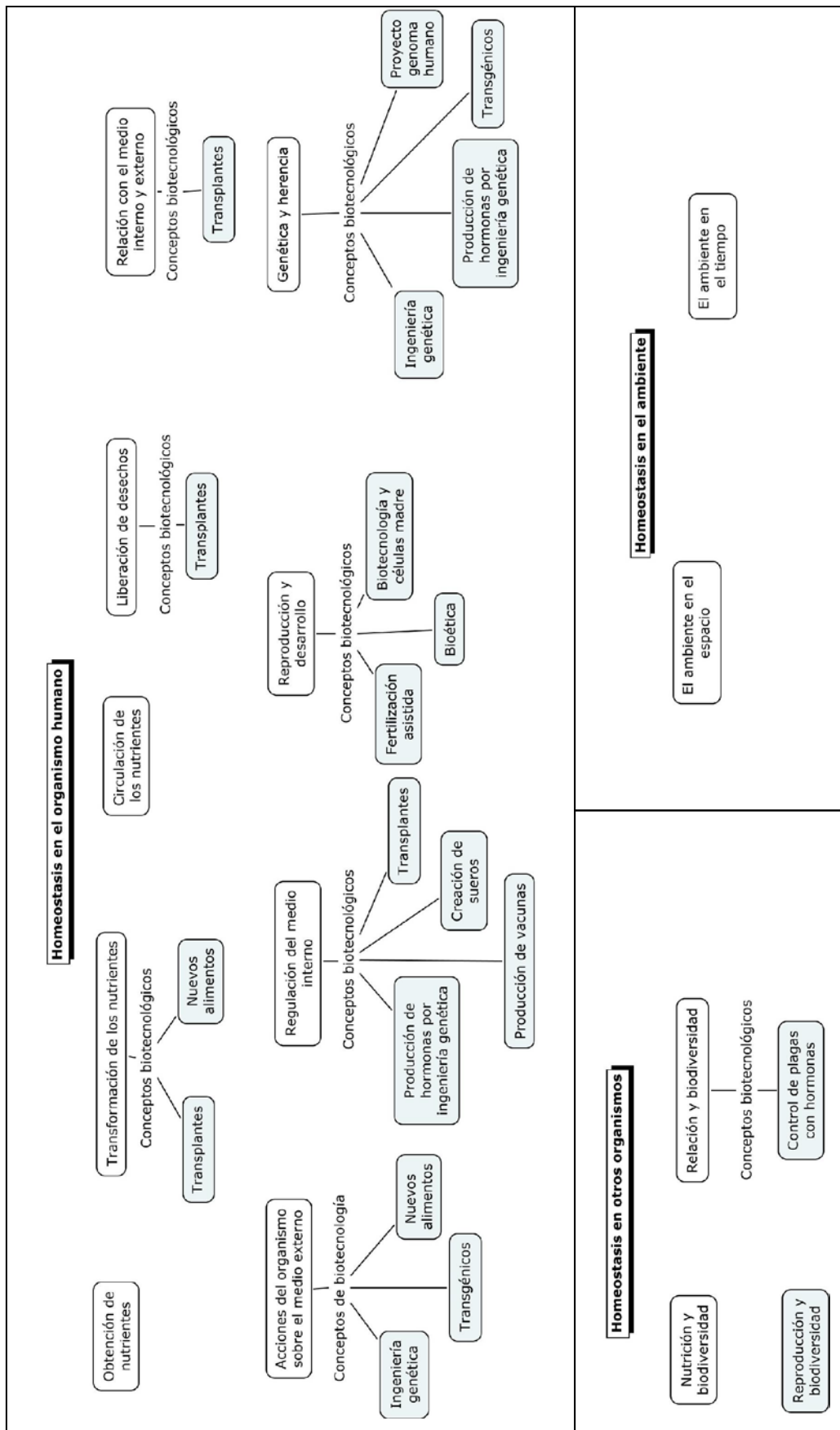
**Anexo 11: Mapa conceptual de los contenidos presentes en el Libro J. Se detallan en blanco los capítulos que presenta el libro y en celeste los conceptos biotecnológicos que se encuentran desarrollados.**



**Anexo 12: Mapa conceptual de los contenidos presentes en el Libro K. Se detallan en blanco los capítulos que presenta el libro y en celeste los conceptos biotecnológicos que se encuentran desarrollados. A su vez se presenta en subdivisiones cada una de las áreas temáticas distinguidas por el libro con sus títulos en recuadro negro.**



**Anexo 13: Mapa conceptual de los contenidos presentes en el Libro L. Se detallan en celeste los conceptos biotecnológicos que se encuentran desarrollados. A su vez se presenta en subdivisiones cada una de las áreas temáticas distinguidas por el libro con sus títulos en recuadro negro.**



## **Referencias bibliográficas**

- Acevedo Díaz, J.A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: Educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1, (1), 3-16.
- Alcocer, L., Carrión, R., Alonso, J. J. y Campanario, J. M. (2004). Presentaciones aparentemente arbitrarias de algunos contenidos comunes en libros de texto de Física y Química. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 3, (1).
- Aldao, R. R. (2007). Del ADN a la medicina molecular sistémica. En: A. Díaz y D. Golombek. *ADN cincuenta años no es nada*. Buenos Aires: Siglo XXI.
- Alexander, P. A. & Kulikowich, J. M. (1994). Learning from Physics Text: A Synthesis of Recent Research. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, (9), 895-911.
- Altheide, D. L. (1987). Ethnographic Content Analysis. *Qualitative Sociology*, 10, 65-77.
- Alvarez Méndez, J. M. (2001). *Entender la Didáctica, entender el Curriculum*. Madrid: Miño y Dávila.
- Álvarez Pérez, V. M. (1997). Argumentación y razonamiento en los textos de física de secundaria. *Alambique*, 11, 65-74.
- Andréu Abela, J. (2002). *Las técnicas de Análisis de Contenido: una revisión actualizada*. Extraído el 23 de Abril de 2010 desde: <http://public.centrodeestudiosandaluces.es/pdfs/S200103.pdf>
- Apple, M. W. (1989). *Maestros y Textos. Una economía política de las relaciones de clase y de sexo en educación*. Madrid: Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia.
- Araújo, S. M. y da Silva, F. W. O. (2009). A teoria ondulatória de Huygens em livros didáticos para cursos superiores. *Ciência & Educação*, 15 (2), 323-341.
- Arellano Hernández, A. y Morales Navarro, L. M. (2005). Ética e investigación, hacia una política de integridad tecnocientífica. *REDES*, 11 (22), 75-114.
- Ausubel, D., Novak, J. D. y Hanesian, H. (2000). *Psicología Educativa. Un Punto de Vista Cognoscitivo*. (13ª . Ed.). México: Trillas.
- Aznar, V. (2000). ¿Qué sabemos sobre Biotecnología? *Alambique*, 25, 9-14.
- Bardin, L. (1986). *Análisis de Contenido*. (3ª . Ed.). Madrid: Akal.
- Barrow, L. H. (2000). Do Elementary Science Methods Textbooks Facilitate the Understanding of Magnet Concepts? *Journal of Science Education and Technology*, 9, (3), 199-205.
- Bellini, M y Carozza Frasson, P. (2006). Ciências e seu ensino: o que dizem os cientistas e os livros didáticos sobre o HIV/SIDA? *Ciência & Educação*, 12, (3), 261-274.

- Berzal, M. (2005). Del análisis de contenidos al análisis del discurso. Quince años de estudios acerca de los materiales curriculares en la enseñanza de las Ciencias Biológicas. *Memorias del Tercer Encuentro de Investigadores en Didáctica de la Biología*. ADBiA.
- Blanco, N. (2001). La dimensión ideológica de los libros de texto. *Kikiriki. Cooperación educativa*, 61, 50-56.
- Bos, N. (2000). High School Students' Critical Evaluation of Scientific Resources on the World Wide Web. *Journal of Science Education and Technology*, 9, (2), 161-173.
- Caamaño, A. (2007). Los trabajos prácticos en ciencias. En: Jiménez Alexandre, M.P.; Caamaño, A.; Pedrinaci, E. y del Pro, A. *Enseñar ciencias*. Barcelona: Grao.
- Cabo, J. M.; Enrique, C. y Cortiñas, J. R. (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.
- Caldas, H.; Cunha, A. L. y Magalhães, M. E. (2000). Repouso e movimento: que tipo de atrito? o que relatam os livros didáticos. *Ensaio – Pesquisa Educação em Ciências*, 2 (2), 163-187.
- Calvo Pascual, M. A. y Martín Sánchez, M. (2005). Análisis de la adaptación de los libros de texto de eso al currículo oficial, en el campo de la Química. *Enseñanza de las Ciencias*, 23, (1), 17-32.
- Carney, R. N. y Levin, J. R. (2002). Pictorial illustrations still improve students' learning from texts. *Educational Psychology Review*, 14, (1), 5-26.
- Cassab, M. y Martins, I. (2008). Significações de professores de ciências a respeito do livro didático. *Ensaio – Pesquisa Educação em Ciências*, 10, (1), 97-116.
- Castéra, J.; Bruguière, C. y Clément, P. (2008). Genetic diseases and genetic determinism models in French secondary school biology textbooks. *Journal of Biological Education*, 42, (2), 53-59.
- Castiglioni, A.; Clucellas, M.; Sánchez Zinny, G. (2000). *Educación y nuevas tecnología ¿moda o cambio estructural?* Buenos Aires: Veredit.
- Chang, H, Y.; Quintana, C. y Krajcik, J.S. (2010). The Impact of Designing and Evaluating Molecular Animations on How Well Middle School Students Understand the Particulate Nature of Matter. *Science Education*, 94, (1), 73-94.
- Chiappetta, E. L. y Fillman, D. A. (2007). Analysis of Five High School Biology Textbooks Used in the United States for Inclusion of the Nature of Science. *International Journal of Science Education*, 29, (15), 1847-1868
- Chiappetta, E. L., Sethna, G. H., y Fillman, D. A. (1993). Do middle school life science textbooks provide a balance of scientific literacy themes? *Journal of Research in Science Teaching*, 30, (7), 787-797.
- Choppin, A. (1980). L'histoire des manuels scolaires. Un bilan bibliométrique de la recherche français. *Histoire de l'Éducation*, 58, pp. 165-185. En:

[http://www.inrp.fr/edition-electronique/archives/histoire-education/web/fascicule.php?num\\_fas=180](http://www.inrp.fr/edition-electronique/archives/histoire-education/web/fascicule.php?num_fas=180)

Choppin, A. (1993). Manuels scolaires, États et sociétés, XIXe-XXe siècles: introduction. *Histoire de l'Education*, 58, 5-7.

Choppin, A. (2004). História dos livros e das edições didáticas : sobre o estado da arte. - *Educação e Pesquisa*, 30, (3), 549-566.

Cisneros Puebla, C.A. (2004). *QDA Miner. Software para Análisis Cualitativo de Datos. Guía del usuario*. Versión en español. México: Provalis Research.

Clifford, P. (2002). The pressure-flow hypothesis of phloem transport: misconceptions in the A-level textbooks. *Journal of Biological Education*, 36, (3), 110-112.

Colás Bravo, M. P. y Buendía Eximan, L. (1994). *Investigación Educativa*. Sevilla: Ediciones Alfar.

Colavito, M. (2000). Integrating biotechnology into a non-majors biology curriculum. *Journal of Industrial Microbiology y Biotechnology*, 24, 308-309.

Concannon, J.P.; Siegel, M.A.; Halverson, K. y Freyermuth, S. (2010). College Students' Conceptions of Stem Cells, Stem Cell Research, and Cloning. *Journal of Science Education and Technology*, 19, (2), 177-186.

Concari, S. B. y Giorgi, S. M. (2000). Los Problemas Resueltos en Textos Universitarios de Física. *Enseñanza de las Ciencias*, 18, (3), 381-390.

Convenio sobre la Biodiversidad (1992), Río de Janeiro – Brasil. Extraído el 6 de Junio de 2010 desde: <http://www.cinu.org.mx/eventos/conferencias/johannesburgo/documentos/convencion%20sobre%20diversidad%20biologica.pdf>

Cornejo, J. N. (2006). La enseñanza de la ciencia y la tecnología en la escuela argentina (1880-2000): un análisis desde los textos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24, (3), 357-370.

Correa Piñero, A. D. y Moreira, M. A. (1992). ¿Qué opinan los profesores de E.G.B. sobre el uso del libro de texto en las escuelas? *Currículum: Revista de Teoría, Investigación y Práctica Educativa*, 4, 101-116.

Costa Amaral, C. L.; da Silva Xavier, E. y Maciel, M. D. (2009). Abordagem das relações Ciência/Tecnologia/Sociedade nos conteúdos e funções orgânicas em livros didáticos de Química do ensino médio. *Investigações em Ensino de Ciências*, 4, (1), 101-114.

Crespo Fanjul, M. E.; Herzel, C. y Teixe, S. G. (2004). Los libros de texto de ciencias naturales y la construcción de ideas alternativas. *Memorias de las VI Jornadas Nacionales y Iº Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología*, 280-281.

Custódio, J. F. y Pietrocola, M. (2004). Princípios nas ciências empíricas e o seu tratamento em livros didáticos. *Ciência & Educação*, 10, (3), 383-399.



- da Silva Carneiro, M. H.; Pereira dos Santos, W. L. y de Souza Mol, G. (2005). Livro didático inovador e professores: uma tensão a ser vencida. *Ensaio – Pesquisa Educação em Ciências*, 7, (2), 119-130.
- Dalerba, L.; Ortiz, F.; Rivarosa, A. y Valle, M. (2001). Textos escolares: una propuesta de análisis. *Memorias de las V Jornadas de Enseñanza de la Biología*, 172-177.
- Dall’Alba, G.; Walsh, E.; Bowden, J.; Martin, E.; Masters, G.; Ramsden, P. & Stephanou, A. (1993). Textbook Treatments and Students’ Understanding of Acceleration. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 621-635.
- Davis, E.A. y Krajcik, J. (2005). Designing educative curriculum materials to promote teacher learning. *Educational Researcher*, 34, (3), 3-14.
- Dawson, V. y Schibeci, R. (2003, a). Western Australian high school students' attitudes towards biotechnology processes. *Journal of Biological Education*, 38, (1), 7-12.
- Dawson, V. y Schibeci, R. (2003, b). Western Australian school students' understanding of biotechnology. *International Journal of Science Education*, 25, (1), 57-69.
- de Melo Ferreira, A. y Alves Soares, C. A. A. (2008). Aracnídeos Peçonhentos: Análise das informações nos livros didáticos de ciencias. *Ciência & Educação*, 14, (2), 307-314.
- Decker, T.; Summers, G. y Barrow, L. (2007). The treatment of geological time the history of life on earth in high school biology textbooks. *The American Biology Teacher*, 69, (7), 401-405.
- Del Carmen, L. (2001). Los materiales de desarrollo curricular: un cambio imprescindible. *Investigación en la Escuela*, 43, 51-56.
- del Carmen, L. y Jiménez Aleixandre, M. P. (1997). Los libros de texto: un recurso flexible. *Alambique*, 11, 7-14.
- Delio del Rincón, J. A. y Latorre, A. (1992). *Investigación educativa. Fundamentos y metodología*. Barcelona: Labor.
- Diaz, L. y Pandiella, S. (2007). Categorización de las ilustraciones presentes en libros de texto de Tecnología. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6, (2), 224-441.
- Digisi, L. L. y Willett, J. B. (1995). What High School Biology Teachers say about their Textbook use: A Descriptive Study. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 123-142.
- Dori, Y. J.; Tal, R. T. y Tsaushu, M. (2003). Teaching biotechnology through case studies - Can we improve higher order thinking skills of nonscience majors? *Science Education*, 87, 767-793.

dos Santos, J. C.; Angeli Alves, L. F.; Corrêa, J. J. y Lozano Silva, E. R. (2007). Análise comparativa do conteúdo Filo Mollusca em livro didático e apostilas do ensino médio de Cascavel, Paraná. *Ciência & Educação*, 13, (3), 311-322.

Ekborg, M. (2008). Opinion building on a socio-scientific issue: the case of genetically modified plants. *Journal of Biological Education*, 42, (2), 60-65.

Fernandes Xavier, M. C.; de Sá Freire, A. y Ozório Moraes, M. (2006). A nova (moderna) Biologia e a Genética nos livros didáticos de Biologia no ensino médio. *Ciência & Educação*, 12, (3), 275-289.

Fernández González, J.; González González, B.M. y Moreno Jiménez, T. (2005). La modelización con analogías en los textos de ciencias de secundaria *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2, (3), 430-439.

Ferreiro, G. y Occelli, M. (2008). Análisis del abordaje de la respiración celular en textos escolares para el Ciclo Básico Unificado. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 7, (2), 387-398.

Figini, E.; Berzal, M. y De Micheli, A. (2001). La enseñanza de la Genética en el nivel medio y la educación polimodal: temas presentes en las actividades de los libros de texto. *Memorias de las V Jornadas de Enseñanza de la Biología*, 196-200.

Filstead, W. J. (1997). Métodos cualitativos: una experiencia necesaria en la investigación evaluativa. En: T.D. Cook, y Ch. S. Reichardt, *Métodos cualitativos y cuantitativos en investigación evaluativa*. (3ª . Ed.). Madrid: Ediciones Morata.

Flores, V. S. y Tobin, A. J. (2003). Genetically Modified (GM) Foods y teaching critical thinking. *The American Biology Teacher*, 65, (3), 180-184.

Fourez, G. (1998). *Alfabetización científica y tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires: Ediciones Colihue.

France, B. (2007). Location, Location, Location: Positioning Biotechnology Education for the 21<sup>st</sup> Century. *Studies in Science Education*, 43, (1), 88-122.

Furió, C., Calatayud, M. L., Guisasola, J. y Furió-Gómez, C. (2005, b). How are the Concepts and Theories of Acid-Base Reactions Presented? Chemistry in textbooks and as Presented by Teachers. *International Journal of Science Education*, 27, (11), 1337-1358.

Furió, C.; Solbes, J. y Furió, C. (2005 a). ¿Cómo se presentan los conceptos y modelos en la enseñanza de la termoquímica? Visiones distorsionadas de la ciencia en libros de texto? *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VII Congreso.

Galieta Nascimento, T. y Martins, I. (2005). O texto de genética no livro didático de ciências: uma análise retórica crítica. *Investigações em Ensino de Ciências*, 10, (2), 255-278.

García Barros, S. y Martínez Losada, C. (2003). Análisis del trabajo práctico en textos escolares de primaria y secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra, 5-16.

- García-Rodeja Gayoso, I. (1997). ¿Qué propuestas de actividades hacen los libros de primaria? *Alambique*, 11, 35-43.
- Gil, D.; Gavidia, V.; Vilches, A. y Martínez, J. (1998). La educación científica ante las actuales transformaciones científico-tecnológicas. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 12, 43-64.
- Gil Pérez, D. (1994). Relaciones entre conocimiento escolar y conocimiento científico. *Investigación en la Escuela*, 23, 17-32.
- Gimeno Sacristán, J. (2005). El currículum: ¿Los contenidos de la enseñanza o un análisis de la práctica?. En: J. Gimeno Sacristán, y A. I. Pérez Gómez. *Comprender y transformar la enseñanza*. Madrid: Morata.
- Gimeno Sacristán, J (2002). *El currículum: una reflexión sobre la práctica*. Novena edición. Madrid: Morata.
- Glenberg, A. M. y Langston, W. E. (1992). Comprehension of illustrated texts: Pictures help to build mental models. *Journal of Memory & Language*, 31, (2), 129-151.
- Gomes de Abreu, R.; Gomes, M. M. y Lopes, A. C. (2005). Contextualização e tecnologias em livros didáticos de Biologia e Química. *Investigações em Ensino de Ciências*, 10, (3), 405-417.
- González Becerra, A. (1998). El tránsito desde la Ciencia básica a la Tecnología: la Biología como modelo. *Revista Iberoamericana de Educación- Ciencia, Tecnología y Sociedad ante la Educación*, 18. Extraído el 17 de Marzo de 2010 desde: <http://www.oei.es/oeivirt/rie18a04.htm>
- González González, B. M. (2003). Las analogías en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias en la naturaleza. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 17, (1), 197-199.
- Guevara, M.S. y Valdez, R.G. (2004). Los modelos en la enseñanza de la Química: algunas dificultades asociadas a su enseñanza y a su aprendizaje. *Educación Química*, 15, (3), 243-247.
- Guisasola, J. (1997). El trabajo científico y las tareas en la electrostática en textos de bachillerato. *Alambique*, 11, 45-54.
- Gulinska, H. 2010. Modern computer games as elements of teaching chemistry in Polish junior high schools. *Journal of Science Education*, 11, (1), 4-7.
- Gunter, B.; Kinderlerer, J. y Beyleveld, D. (1998). Teenagers and Biotechnology: A Survey of Understanding and Opinion in Britain. *Studies in Science Education*, 32, (1), 81-112.
- Gvirtz, S.; Aisenstein, A.; Brafman, C.; Cornejo, J.; López Arriazu, F.; Rajschmir, C. y Valenari, A. (2000). *El color de lo incoloro. Miradas para pensar la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires: Novedades Educativas.
- Habermas, J. (1986). *Ciencia y técnica como «ideología»*. Madrid: Tecnos.

- Hammersley, M. y Atkinson, P. (2007). *Ethnography. Principles in practices*. (3ª . Ed.) New York: Taylor & Francis.
- Han, J. y Roth, W. 2006. Chemical inscriptions in Korean textbooks: Semiotics of macro- and microworld. *Science Education*, 90, (2), 173-201
- Hmelo-Silver, C.E. (2004). Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? *Educational Psychology Review*, 16, (3), 236-266.
- Hoey, M. (2005). *Lexical Priming*. New York: Taylor & Francis.
- Islas, S. M. y Guridi, V. M. (1999). El quehacer científico *versus* el quehacer áulico. Buscando rasgos del quehacer científico en libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, 17, (2), 281-290.
- Izquierdo, M. y Rivera, L. (1997). La estructura y la comprensión de los textos de ciencias *Alambique*, 11, 24-33.
- Jiménez Aleixandre, M. P. (1997). Libros de texto: un material entre otros. *Alambique*, 11, 5-6.
- Jiménez Aleixandre, M. P.; Álvarez Pérez, V y Lago Lestón, J. M. (2005). La argumentación en los libros de texto de ciencias. *Tarbiya. Revista de Investigación e Innovación Educativa*, 36, 35-58.
- Jiménez Valladares, J. D. y Perales Palacios, F. J. (2001). Aplicación del análisis secuencial al estudio del texto escrito e ilustraciones de los libros de física y química de la ESO. *Enseñanza de las Ciencias*, 19, (1), 3-19.
- Jiménez Valladares, J. D. y Perales Palacios, F. J. (2002). La evidencia experimental a través de la imagen de los libros de texto de Física y Química. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1, (2).
- Jiménez, J.; Prieto, R. H.; Perales, F. J. (1997). Análisis de los modelos y los grafismos utilizados en los libros de texto. *Alambique*, 11, 75-85.
- Jiménez, M. P. y Sanmartí, N. (1997). Cap. 1 ¿Qué ciencia enseñar?: objetivos y contenidos en la Educación Secundaria. En *La enseñanza y aprendizaje de las Ciencias de la Naturaleza en la Educación Secundaria*. Barcelona: ICE/ Horsori.
- Johnsen, E. B. (1993). *Textbooks in the Kaleidoscope. A Critical Survey of Literature and Research on Educational Texts*. Oslo: Scandinavian University Press. Extraído el 12 de Noviembre de 2009 desde: <http://www-bib.hive.no/tekster/pedtekst/kaleidoscope/forside.html>
- Johnson, D. & Johnson, R. (1976). *Learning together and alone*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de las ciencias basadas en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24, (2), 173-184.
- Klop, T. & Severiens, S. (2007). An Exploration of Attitudes towards Modern Biotechnology: A study among Dutch secondary school students. *International Journal of Science Education*, 29, (5), 663-679.

- Knain, E. (2001). Ideologies in school science textbooks. *International Journal of Science Education*, 23, (3), 319-329.
- Koliopoulos, D. y Constantinou, C. (2005). The Pendulum as Presented in School Science Textbooks of Greece and Cyprus. *Science & Education*, 14, (1), 59-73.
- Korfiatis, K. J.; Stamou, A. G. y Paraskevopoulos, S. (2004). Images of nature in Greek primary school textbooks. *Science Education*, 88, (1), 72-89.
- Kottow, M. (2005). *Introducción a la bioética*. Buenos Aires: Mediterráneo.
- Kress, G. y Van Leeuwen, T. (1996). *Reading Images: The Grammar of Visual Design*. New York: Routledge.
- Krippendorff, K. (1990). *Metodología de análisis de contenido. Teoría y práctica*. Barcelona: Paidós.
- Kuhn, T. S. (1991). *La estructura de las revoluciones científicas*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- Lapasta, L.; Merino, G. y Ramírez, S. (2001). La función del libro de texto en el aula. *Memorias de las V Jornadas de Enseñanza de la Biología*, 322-325.
- Lazarowitz, R. (2007). High School Biology Curricula Development: Implementation, Teaching, and Evaluation from the Twentieth to the Twenty-First Century. En: S.K. Abell y N. G. Lederman. *Handbook of Research on Science Education*. New York: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Lemke, J. (2002). Enseñar todos los lenguajes de la ciencia: palabras, símbolos, imágenes y acciones. En: M. Benlloch (Comp). *La educación en ciencias: ideas para mejorar su práctica*. Barcelona: Paidós Ibérica S. A.
- Lewis, J. y Wood-Robinson, C. (2000). Genes, chromosomes, cell division and inheritance- do students see any relationship? *International Journal of Science Education*, 22 (2), 177-195.
- Llanos, V. C. y Otero, M. R. (2009). Argumentación Matemática en los libros de la Enseñanza Secundaria: un análisis descriptivo de las características de los libros de texto y de la Argumentación. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 4, (1), 37-50.
- Llanos, V. C.; Otero, M. R. y Banks Leite, L. (2007). Argumentación matemática en los libros de texto de la enseñanza media. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 2 (1), 39-53.
- Lobato, A. C.; da Silva, C. N.; Lago, R. M.; Cardeal, Z. L. y de Cuadros, A. L. (2009). Dirigiendo o olhar para o efeito estufa nos livros didáticos de ensino médio: é simples entender esse fenômeno? *Ensaio – Pesquisa Educação em Ciências*, 11 (1), 7-22.
- Lock, R. (1996). Biotechnology and Genetic Engineering: Student Knowledge and Attitudes: Implications for Teaching Controversial Issues and the Public Understanding of Science. En G, Welford; J, Osborne & P, Scott (Ed.), *Research in Science Education in Europe. Current issues and themes*. London: Falmer Press.

- López Calafi, J.; Salvador Carreño, A.; de la Guardia Cirugeda, M. (1992). Las propiedades de la materia en los textos de la EGB. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 6, 40-47.
- Lowy Frutos, E. (1999). Utilización de Internet para la enseñanza de las ciencias. *Alambique*, 19, 65-72.
- Malin Vilar, T.; Ocelli, M. y Valeiras, N. (2008). ¿Qué saben los alumnos sobre Biotecnología? *Memorias de las VII Jornadas Nacionales y III Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología*.
- Mampel Laboira, L. y Cortés Gracia, A. L. (2009). Los motores de búsqueda de información en Internet como herramienta de aprendizaje: análisis de contenidos sobre el concepto “dinosaurio”. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8, (3), 770-796.
- Marbà, A. y Márquez, C. (2005). El conocimiento científico, los textos de ciencias y la lectura en el aula. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra, VII congreso.
- Marbà, A.; Márquez, C. y Sanmartí, N. (2009). ¿Qué implica leer en clase de ciencias? *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 59, 102-111.
- Márquez, C. y Prat, A. (2005). Leer en clase de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 23, (3), 431-440.
- Martínez Aznar, M. e Ibáñez Orcajao, T. (2005). Solving problems in genetics. *International Journal of Science Education*, 27, (1), 101-121.
- Martínez Bonafé, J. (2002). *Políticas del libro escolar*. Madrid: Ediciones Morata.
- Martínez- Gracia, M. V.; Gil- Quílez, M. J. y Osada, J. (2006). Analysis of molecular genetics content in Spanish secondary school textbooks. *Journal of Biological Education*, 40, (2), 53-61.
- Martínez Losada, C.; García Barros, S. y Rivadulla López, J. C. (2009). Qué saben los/as alumnos/as de Primaria y Secundaria sobre los sistemas materiales. Cómo lo tratan los textos escolares. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8 (1), 137-155.
- Martínez-Gracia, M. V.; Gil-Quílez, M. J. y Osada, J. (2003). Genetic engineering: a matter that requires further refinement in Spanish secondary school textbooks. *International Journal of Science Education*, 25, (9), 1148-1168.
- Martins, E. y Avelar Guimarães, G. M. (2002). As concepções de natureza nos livros didáticos de ciências. *Ensaio – Pesquisa Educação em Ciências*, 4, (2), 93-106.
- Martins, I. P. y Brigas, M. A. (2005). Libros de texto de Química y aprendizaje de los alumnos: pensamiento y prácticas del profesorado. *Tarbiya. Revista de Investigación e Innovación Educativa*, 36, 149-165.
- Mathews, M. R. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 12, (2), 255-277.

Mayer, R. E. (2003). The promise of multimedia learning: using the same instructional design methods across different media. *Learning and Instruction*, 13, 125-139.

Mayr, E. (2006). *Por qué es única la Biología: Consideraciones sobre la autonomía de una disciplina científica*. Buenos Aires: Katz.

Meyer, L. A. (1994). Los libros de texto de ciencias ¿son comprensibles?. En C. Minnick Santa y D. Alvermann. *Una didáctica de las ciencias: procesos y aplicaciones*. Buenos Aires: Aique.

Miranda, E.; de Senén González, S. N.; Lamfri, N. Z. y Nicolini, M. A. (2006). *Políticas de reforma del sistema educativo en los noventa: Nuevas configuraciones emergentes a partir de la ley federal de educación y su implementación en Córdoba*. Córdoba: Editorial Brujas.

Mohr, A. (2000). Análise do conteúdo de 'saúde' em livros didáticos. *Ciência & Educação*, 6, (2), 89-106.

Moos, G.; Mizuno Haydar, J.; Ávila García, D.; Barletta Manjarrés, N.; Carreño de Tarazona, S.; Chamorro Miranda, D. y Tapia de Vergel C. (2003). *Urdimbre del texto escolar ¿Por qué resultan difíciles algunos textos?* Santa Fe de Bogotá: Ediciones Uniporte.

Muñoz Bello, R. y Bertomeu Sánchez, J. R. (2003). La historia de la ciencia en los libros de texto: la(s) hipótesis de avogadro. *Enseñanza de las Ciencias*, 21, (1), 147-159.

Muñoz de Malajovich, M. A. (2006). *Biotecnología*. Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes.

National Science Education Standards (1996). Washington D.C.: National Research Council, National Academy Press.

Naughton, W.; Schreck, J. y Heikkinen, H. (2008). Seeking evidence for curricular relevancy within undergraduate, liberal arts chemistry textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 45, (2), 174-196.

Neto, J.M. y Fracalanza, H. (2003). O livro didático de ciências: problemas e soluções. *Ciência & Educação*, 9, (2), 147-157.

Neves Sandrin, M.; Puerto, G. y Nardi, R. (2005). Serpentes e acidentes ofídicos: um estudo sobre erros conceituais em livros didáticos. *Investigações em Ensino de Ciências*, 10, (3), 281-298

Niaz, M. (2001). A rational reconstruction of the origin of the covalent bond and its implications for general chemistry textbooks. *International Journal of Science Education*, 23, (6), 623-641.

Occelli, M. Malin Vilar, T. y Valeiras, N. (2009). Estrategias de enseñanza en Biotecnología y apreciaciones de los estudiantes. *Libro de Resúmenes del VII Simposio Nacional de Biotecnología y II Congreso Internacional REDBIO Argentina*, 181.

- Occelli, M. y Valeiras, N. (2010). La biotecnología y el currículum de la escuela secundaria argentina. *Memorias de las IX Jornadas Nacionales y IV Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología* (en prensa).
- Oliveira de Freitas, E. y Martins, I. (2008). Concepções de saúde no livro didático de ciências. *Ensaio – Pesquisa Educação em Ciências*, 10, (2), 222-248.
- Orgill, M. & Bodner, G. M. (2006). An Analysis of the Effectiveness of Analogy Use in College-Level Biochemistry Textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, (10), 1040-1060.
- Ormiston-Smlth, H. (1993). An alternative model for textbook formation. *Research in Science Education*, 23, (1), 222-227.
- Otero, J. (1990). Variables cognitivas y metacognitivas en la comprensión de textos científicos: el papel de los esquemas y el control de la propia comprensión. *Enseñanza de las Ciencias*, 8, (1), 17-22.
- Otero, M. R.; Moreira, M. A. y Greca, I. M. (2002). El uso de imágenes en textos de Física. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7, (2), 127-154.
- Páez, Y. y Niaz, M. (2008). Naturaleza, historia y filosofía de la ciencia: un análisis de la imagen reflejada por los textos de química de noveno grado de Venezuela. *Journal of Science Education*, 9, (1), 28-31.
- Pandiella, S.; Calbó Torné, P. y Macías, A. (2004). Las características de los textos de física y su incidencia en la comprensión. *Investigações em Ensino de Ciências*, 9, (1), 27-35.
- Patronis, T.; Potari, D. y Spiliotopoulou, V. (2001). Students' argumentation in decision-making on a socio-scientific issue: implications for teaching. *International Journal of Science Education*, 21, (7), 745-754.
- Pedauyé Ruiz, J.; Ferro Rodríguez, A. y Pedauyé Ruiz, V. (2000). *Alimentos Transgénicos. La nueva revolución verde*. Madrid: McGraw-Hill.
- Pedrancini, V. D.; Corazza-Nunes, M. J.; Bellanda Galuch, M. T.; Olivo Rosas Moreira, A. L. y Ribeiro, A. C. (2007). Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. *Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias*, 6, (2), 299-309.
- Peláez, C.; Rodríguez, J. M. y Occelli, M. (2010). Análisis del concepto de reproducción en libros de texto. *Revista de Educación en Biología*, 13, (2), 7-15.
- Perales Palacios, F. J. (2006). Uso (y abuso) de la imagen en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 24, (1), 13-30.
- Perales, F. J. y Jiménez, J. D. (2002). Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, 20, (3), 369-386.
- Pérez De Eulate, L.; Llorente, E. y Amaya, A. (1999). Las imágenes de digestión y excreción en los textos de primaria. *Enseñanza de las ciencias*, 17, (2), 165-178.



- Pozzer, L. L. & Roth, W. M. (2003). Prevalence, function and structure of photographs in high school biology textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, (10), 1089-1114.
- Prokop, P.; Lešková, A.; Kubiátko, M. y Diran, C. (2007). Slovakian Students' Knowledge of and Attitudes toward Biotechnology. *International Journal of Science Education*, 29, (7), 895-907.
- Quintanilla Gatica, M. (2006). Historia de la ciencia, ciudadanía y valores: claves de una orientación realista pragmática de la enseñanza de las ciencias. *Revista Educación y Pedagogía*, 18, (45), 9-23
- Rees, P. A. (2007). The evolution of textbook misconceptions about Darwin. *Journal of Biological Education*, 41, (2), 53-55.
- Rivera Santaló, L. e Izquierdo Aymerich, M. (1996). Presencia de la realidad y la experimentación en los textos escolares de ciencias. *Alambique*, 7, 117-122.
- Roseman, J. E.; Stern, L. y Koppal, M. (2010). A Method for Analyzing the Coherence of High School Biology Textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, (1), 47-70 .
- Rotbain, Y. Marbach-Ad, G. y Stavy, R. (2006). Effect of Bead and Illustrations Models on High School Students' Achievement in Molecular Genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, (5), 500-529.
- Roth, W-M. y Lee, S. (2004). Science Education as/for Participation in the Community. *Science Education*, 88, 263-291.
- Rudzitis, G. (2003). Basic principles of the secondary school science textbooks development. *Journal of Science Education*, 4(2), 89-92.
- Ruina, M. y Berzal, M. (2001). Los contenidos procedimentales en la enseñanza de las ciencias naturales: análisis de los libros de texto del tercer ciclo de la educación general básica. *Memorias de las V Jornadas de Enseñanza de la Biología*, 167-171.
- Sadler, T. D. y Zeidler, D. L. (2004). Negotiating gene therapy controversies. *The American Biology Teacher*, 66, (6), 428-433.
- Sadler, T. D.; Amirshokoohi, A.; Kazempour, M. y Allspaw, K. M. (2006). Socioscience and Ethics in Science Classrooms: Teacher Perspectives and Strategies. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, (4), 353-376.
- Sánchez, N. y Escudero, C. (2002). Las situaciones problemáticas en los textos escolares de biología antes y después de la reforma educativa. *Revista de Educación en Biología*, 5, (1), 20-31.
- Sardà Jorge, A.; Márquez Bargalló, C. y Sanmartí Puig, N. (2006). Cómo promover distintos niveles de lectura de los textos de ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5, (2), 290-303.
- Schussler, E. (2008). From Flowers to Fruits: How children's books represent plant Reproduction. *International Journal of Science Education*, 30, (12), 1677-1696.

Serhat, I. (2009). Nature of science as depicted in Turkish biology textbooks. *Science Education*, 93, (3), 422-447.

Simonneaux, L. (2000). A study of pupils' conceptions and reasoning in connection with 'microbes', as a contribution to research in biotechnology education. *International Journal of Science*, 22, (6), 619-644.

Smith, J. E. (2004). *Biotechnology. Studies in Biology*. Cambridge: Cambridge University Press.

Snyder, V. L. y Broadway, F. S. (2004). Queering High School Biology Textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, (6), 617-636.

Solano Araujo, I.; Veit, E. A. y Moreira, M. A. (2007). Simulações computacionais na aprendizagem da Lei de Gauss para a eletricidade e da Lei de Ampère em nível de Física Geral. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6, (3), 601-629.

Solbes, J. y Traver, M. (2001). Resultados obtenidos introduciendo historia de la ciencia en las clases de física y química: mejora de la imagen de la ciencia y desarrollo de actitudes positivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 19, (1), 151-162

Solbes, J. y Vilches, A. (2004). Papel de las relaciones entre Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente en la formación ciudadana. *Enseñanza de las Ciencias*, 22, (3), 337-348.

Stern, L. & Roseman, J. E. (2004). Can Middle-School Science Textbooks Help Students Learn Important Ideas? Findings from Project 2061's Curriculum Evaluation Study: Life Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, (6), 538-568.

Stieff, M. y Wilensky, U. (2003). Connected Chemistry—Incorporating Interactive Simulations into the Chemistry Classroom. *Journal of Science Education and Technology*, 12, (3), 285-302.

Stylianidou, F.; Ormerod, F. & Ogborn, J. (2002). Analysis of science textbook pictures about energy and pupils' readings of them. *International Journal of Science Education*, 24 (3), 257-283.

Sullivan, J. P. (2008). The use of photographs to portray urban ecosystems in six introductory environmental science textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 45, (9), 1003-1020.

Tesch, R. (1990). *Qualitative research. Análisis types & software tools*. Gran Bretaña: LSL Press Ltd, Bedford.

Thomas, M.; Hughes, S. G.; Hart, P. M.; Schollar, J.; Keirle, K. y Griffith, G. W. (2001). Group project work in biotechnology and its impact on key skills. *Journal of Biological Education*, 35, (3), 133-140.

Torp, L., y Sage, S. (2002). *Problems as possibilities: Problem-Based Learning for K-16 Education*. 2nd edn. Alexandria V.A.: ASCD.

Tuvi, I. y Nachmias, R. (2001). Current State of Web Sites in Science Education – Focus on Atomic Structure. *Journal of Science Education and Technology*, 10, (4), 293-303.

Vaccarezza, L. S. y Zabala, J. P. (2002). *La construcción de la utilidad social de la ciencia. Investigadores en Biotecnología frente al mercado*. Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes.

Valeiras, N. y Meneses Villagrà, J. A. (2006). Criterios y procedimientos de análisis en el estudio del discurso en páginas Web: El caso de los Residuos sólidos urbanos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24, (1), 71-84.

Vasconcelos, S. D. y Souto, E. (2003). O livro didático de ciências no ensino fundamental – proposta de critérios para análise do conteúdo Zoológico. *Ciência & Educação*, 9, (2), 93-104.

Vygotsky, L. (1973). *Pensamiento y Lenguaje*. Buenos Aires: La Pléyade.

Vygotsky, L. S. (1991). *El Desarrollo de los Procesos Psicológicos Superiores*. Barcelona: Crítica.

Wesolowski Tavares, L. H. (2009). Possibilidades de deformação conceitual nos livros didáticos de Química brasileiros: o conceito de substância. *Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias*, 8, (3), 1005-1018.

Zabala, A. (1993). Materiales curriculares. En M. Mauri, I. Solé, L. Del Carmen y A. Zabala. *El currículum en el centro educativo*. Barcelona: ICE. HORSORI.

Zeidler, D. L. (2003). Morality and Socioscientific Issues in Science Education: Current Research and Practice. “4th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA): Research and the Quality of Science Education. Noordwijkerhout”, The Netherlands. Disponible en: <http://www1.phys.uu.nl/esera2003/program.shtml>.

Zohar, A. (2006). El pensamiento de orden superior en las clases de ciencias: objetivos, medios y resultados de investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 24, (2), 157-172.