



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA
Facultad de Filosofía y Humanidades
Doctorado en Ciencias de la Educación

**Un modelo didáctico para la enseñanza de la
Biotecnología en la escuela secundaria integrando
Tecnologías de la Información y la Comunicación**

Doctoranda: Mg. Maricel Occelli

Directora: Dra. Nora Valeiras

Co-Directora: Dra. Cristina Noemí Gardenal

- Octubre 2012 -

En busca de...

“Una educación que posibilite al hombre para la discusión valiente de su problemática, de inserción en esta problemática, que lo advierta de los peligros de su tiempo, para que consciente de ellos, gane la fuerza, el valor para luchar, en lugar de ser arrastrado a la pérdida de su propio “yo”, sometido a las prescripciones ajenas. Educación que lo coloque en diálogo constante con el otro, que lo predisponga a constantes revisiones a análisis críticos de sus descubrimientos, a una cierta rebeldía en el sentido más humano de la expresión; que lo identifique en fin, con métodos y procesos científicos.”

Paulo Freire (1969)

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de Córdoba por brindarme la oportunidad de acceder a esta formación de postgrado de manera gratuita y al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONCIET) por el financiamiento de gran parte de esta carrera.

A la Facultad de Filosofía y Humanidades, y en particular al equipo de trabajo del Programa de Doctorado Personalizado de Ciencias de la Educación por permitirme realizar aquí este trayecto de postgrado, ya que de manera muy generosa abrieron sus puertas para aquellos docentes conquistados por la educación, pero formados en las disciplinas específicas. Asimismo, quiero brindarle mi agradecimiento a la Dra. Estela Miranda por su constante acompañamiento.

Con gran afecto mi reconocimiento para mi Directora, la Dra. Nora Valeiras por tantísimas horas dedicadas a mí en el proceso de esta tesis, con aportes, preguntas, ideas, bibliografía, etc.; pero sobre todo quisiera agradecerle por haberme dado siempre la libertad de elegir mi propio sendero y acompañarme en él.

A mi Co-directora, la Dra. Cristina Noemí Gardenal por tomar el desafío de guiarme en este camino diferente, y por la paciencia de leerme en estos nuevos y extensos lenguajes.

A la Universidad de Montreal y al Dr. Jesús Vázquez Abad por su dirección en la pasantía de investigación, la cual me permitió conocer otros modos de trabajar con las TIC.

A quienes sostienen el Programa de Centros Asociados de Posgrados (CAPG-BA) entre la Facultad de Educación de la Universidad Estadual de Campinas (UNICAMP) y la Facultad de Filosofía y Humanidades de la UNC. En especial, al Dr. Antonio Carlos Rodrigues Amorim de UNICAMP por enseñarme una manera distinta de construir y compartir conocimiento.

A mi grupo de investigación EDUCEVA, por las discusiones compartidas, las preguntas y los intercambios que me han permitido llegar a este lugar. En especial mi agradecimiento a la Mg. Marina Masullo quien siempre estuvo dispuesta a escuchar y prestar algunos (tantos!) libros que me pudieran ayudar, así como también a mirar las cosas en la dimensión que les compete.

A mi compañera de aventuras y amiga Leticia Garcia, a quien debo la dicha de haber transitado este camino con alegría!

A mi jefa de cátedra, la Mg. Gertrudis Campaner por alentarme siempre y brindarme generosamente espacios para cumplir mis metas.

Al equipo de compañeras y amigas del Departamento de Enseñanza de la Ciencia y la Tecnología de la FCEfyN-UNC por los momentos compartidos, las discusiones, los intercambios de bibliografía, el apoyo y tantos otros...Priscila Biber, Tania Malin Vilar, Ligia Quse, Florencia D'Aloisio y Carla Falavigna.

A todos aquellos que en algún momento se convirtieron en claves por sus aportes a esta tesis: Priscila Biber, Santiago Benitez-Vieyra, Carla Coutsiers, Leticia Garcia, María Fernanda Feliu, Cristina Freire, Mónica Gallino, Luis Godoy, Tania Malin Vilar, Ana Massolo, Marina Masullo, Martín Medina, María Andrea Perea, Mariana Occelli, Rodrigo Parola, Esteban Piqueras, Ligia Quse y Viviana Suárez.

A mi familia por el cariño y apoyo incondicional.

A los amigos de la vida Carlita Coutsiers, Andre Cosacov, Pau Venir, Mari Paolorossi, Juli Astegiano, Anita Ferreras, Benja Caruso, Gaby Reiner, Pedro Clop y Roxi Irala.

A Martín por transitar conmigo este camino con paciencia y amor.

ÍNDICE

	Página
Capítulo 1: Introducción	1
1.1 Objetivos de la investigación	9
1.1.1 Objetivo general	9
1.1.2 Objetivos particulares	9
1.2 Importancia de estudio	10
1.3 Contenido de la tesis	13
Capítulo 2: Referentes Teóricos	17
2.1 Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC)	18
2.1.1 Evolución de las TIC	19
2.1.2 Las TIC en los procesos educativos	21
2.1.2.1 La comunicación en los procesos educativos mediados por TIC	23
2.1.3 El aprendizaje colaborativo	27
2.1.4 Trabajo colaborativo en ambientes virtuales de aprendizaje	31
2.1.4.1 Los desarrollos tecnológicos en “Computer Supported Collaborative Learning” (CSCL)	34
2.1.4.2 Las investigaciones educativas en CSCL	38
2.2 Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)	44
2.2.1 La estructura del ABP	47
2.2.1.1 ¿Qué se entiende por problema?	50
2.2.1.2 Objetivos del ABP	55
2.2.1.3 El ABP desde la investigación educativa	58
2.2.2 La resolución de problemas en la didáctica de las ciencias	70
2.3 La biotecnología: su enseñanza y aprendizaje	75
2.3.1 El concepto de biotecnología	75
2.3.2 La biotecnología y las controversias en las aulas	77

Capítulo 3: Reflexiones metodológicas	82
3.1 Fase exploratoria	85
3.2 Fase de innovación	92
3.3 Fase de evaluación	92
Capítulo 4: Diseño del Modelo	97
4.1 Concepto de Modelo	98
4.2 Modelo para el Aprendizaje de conceptos Biotecnológicos a través de colaboración Virtual (MABV)	102
4.2.1. Dimensión contextual	103
4.2.2 Dimensión epistemológica	105
4.2.3 Dimensión pedagógico didáctica y tecnológica	106
4.2.4 Dimensión cognitiva	108
4.2.5 Dimensión comunicacional	110
Capítulo 5: El currículo y la biotecnología	115
5.1 La biotecnología en el currículo prescripto	116
5.2 Contenidos y estrategias de enseñanza seleccionadas por los docentes para enseñar biotecnología	121
5.2.1 Inclusión de la biotecnología en el desarrollo de su asignatura	122
5.2.2 Estrategias utilizadas para enseñar biotecnología	127
5.2.3 Materiales curriculares y fuentes de información utilizadas para enseñar biotecnología	136
5.3 Los materiales curriculares en la enseñanza de la biotecnología	136
5.3.1 Autoría y actualización	138
5.3.2 Conceptos y recursos	138
5.3.3 Construcción del conocimiento científico	144
5.3.4 Actividades y procesos cognitivos	146
5.4 Concepciones y actitudes de docentes hacia la biotecnología	147
5.5 Concepciones y actitudes de estudiantes hacia la biotecnología	151

5.5.1 Estudio de biotecnología en la escuela	151
5.5.2 Concepciones de biotecnología	153
5.5.3 Concepciones sobre actividades biotecnológicas	155
5.5.4 Concepciones referidas a genética general y molecular	160
5.5.5. Concepciones sobre los transgénicos	163
5.5.6 Transferencia de conocimientos	165
5.5.7 Actitudes de los estudiantes hacia la biotecnología	169
5.5.7.1 Manipulación de células madres	172
5.5.8 Evaluación de fuentes de información	175
Capítulo 6: Diseño de un módulo de capacitación docente	177
6.1 Controversias acerca de los organismos genéticamente modificados	178
6.1.1 Las plantas transgénicas	178
6.1.2 La controversia de los transgénicos	180
6.2 Estructura del curso “Plantas Transgénicas: mitos y realidades”	192
6.3 Principios que orientaron la propuesta	196
6.3.1 El módulo y su dimensión contextual	197
6.3.2 La dimensión epistemológica y el módulo propuesto	197
6.3.3 La dimensión pedagógico didáctica y tecnológica en el módulo propuesto	198
6.3.4 El módulo y las dimensiones cognitiva y comunicacional	201
Capítulo 7: Resultados de la evaluación del módulo	202
7.1 Dimensión contextual: características particulares del grupo	204
7.2 Aspectos de la dimensión epistemológica	207
7.3 Expresiones sobre la dimensión pedagógico didáctica y tecnológica	209
7.4 Resultados de la dimensión cognitiva	216
7.4.1 Apropiación individual del conocimiento	216

7.4.2 Procesos de metacognición	228
7.5 La dimensión comunicacional y sus resultados	230
7.5.1 Componentes sociales de la comunicación	230
7.5.2 Comunicación grupal	237
7.5.3 Presencia docente	241
Capítulo 8: Conclusiones	246
Referencias Bibliográficas	266
Anexos	283

Listado de abreviaturas

AAD	Aprendizaje Auto Dirigido, del inglés Self-Directed Learning (SDL)
ABP	Aprendizaje basado en problemas
CBU	Ciclo Básico Unificado (escuela secundaria)
CBC	Contenidos Básicos Comunes
CE	Ciclo de Especialización (escuela secundaria)
CBO	Contenidos Básicos Orientados
CSCCL	Computer Supported Collaborative Learning
CTSA	Ciencia Tecnología, Sociedad y Ambiente
EGB	Educación General Básica
MABV	Modelo para el Aprendizaje de conceptos Biotecnológicos a través de colaboración Virtual
MoCEL	Modelo Constructivista para la Enseñanza de las Ciencias en Línea
pW	Páginas Web
TIC	Tecnologías de la Información y la Comunicación

Capítulo 1

Introducción

La educación científico tecnológica tiene como una de sus principales metas la formación de ciudadanos capaces de interpretar su contexto y de transformarlo. Si pensamos en algunos aspectos particulares de este contexto como las posibilidades de acceso a la información o las formas de comunicación, se advierte que la educación no puede quedar al margen de los cambios que se han producido ante la incorporación social de las *Tecnologías de la Información y la Comunicación* (TIC). Sin ánimo de plantear un determinismo tecnológico, un análisis rápido de estas transformaciones pone en evidencia que se han producido cambios sustantivos en las formas y los medios de trabajo, de ocio, de relacionarnos y comunicarnos con los demás, de pensar y por consiguiente de aprender. Un claro

ejemplo de ello se advierte al analizar los soportes de la comunicación. Mientras la cultura impresa se debilita, la cultura digital avanza a través de la creación de espacios virtuales, en los cuales el lenguaje estructura la información en una arquitectura no lineal, se introducen otras formas de comunicación y se construyen nuevos roles y representaciones del mundo.

Desde una perspectiva sociocultural del aprendizaje, la comunicación toma especial importancia, ya que es a través de ella que las personas construyen conceptos (Vigotsky, 1995). Toda comunicación requiere de palabras u otros símbolos que actúan como instrumentos mediadores (Wertsch, 1999), y según este concepto, se podría afirmar que una situación educativa virtual que tiene lugar a través de las TIC, coloca a estas tecnologías como herramientas culturales que median los procesos de comunicación.

Asimismo, los espacios virtuales abren nuevas posibilidades de comunicación e interacción entre las personas sorteando limitaciones espacio temporales (Lévy, 1996), transformando las maneras de acercarse al conocimiento y de trabajar con otros (Onrubia, 2007). Esta potencialidad de las TIC toma especial importancia a la hora de pensar en propuestas de formación docente, ya que una situación común que enfrentan muchos profesores de ciencia de la escuela secundaria es que deben trabajar en varias instituciones educativas para completar un número de horas aceptable. Por lo tanto, sus horarios suelen impedirles participar en propuestas de capacitación presenciales. En este mismo sentido, el trabajo “con otros” pasa a ser aún más improbable ya que las dificultades espacio-temporales antes mencionadas generan que se prefiera trabajar o estudiar de manera individual. Por consiguiente, las TIC podrían constituir el medio para la construcción de ambientes colaborativos de aprendizaje entre docentes que no coinciden en lugares o tiempos determinados.

Otra característica de las TIC es que han revolucionado la manera de acceder a la información, lo cual genera nuevos desafíos para los procesos educativos. La información en sí misma se vuelve menos relevante y pasa a ser mucho más importante el desarrollo de competencias para acceder y seleccionar la

información, como también saber qué hacer con ella (Tedesco, 1999; Litwin et al., 2005). Estas competencias toman especial interés en el abordaje de temáticas científico tecnológicas. Un área de conocimiento que en los últimos años ha presentado grandes debates a la sociedad, a través de los medios de comunicación, es la biotecnología (Cabo et al., 2006). Los ciudadanos de alguna manera se implican en diversas controversias tales como la clonación, la producción de organismos genéticamente modificados, la creación de nuevos alimentos, etc. Estas temáticas no solo ponen en juego cuestiones específicamente científicas o tecnológicas, también implican aspectos sociales, económicos, políticos, culturales, ambientales, etc. Decidir sobre estas problemáticas requiere la capacidad de poner en interacción un entramado de argumentos interdisciplinarios y juicios de valor. La complejidad de esta situación presenta un gran desafío para los docentes, quienes reclaman instancias de capacitación específicas. Sin embargo, en general las propuestas de formación ofrecidas suelen ser parciales y se centran en algún aspecto puntual, en lugar de mostrar la complejidad que tienen estos tipos de problemas.

Una manera de abordar situaciones problemáticas es a través del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) (Torp y Sage, 2002). Esta estrategia se enfoca en la resolución de situaciones de la vida cotidiana de manera colaborativa. A través de la interacción con otros se analiza información, se interpretan datos, se evalúan pruebas, se construyen argumentos, se contra argumenta, se sintetizan ideas, se elaboran conclusiones, etc. Así, en el proceso de resolución del problema se desarrollan habilidades para participar en la vida democrática y tomar decisiones a partir de fundamentos científicos y tecnológicos (Jiménez y Sanmartí, 1997; Gil et al., 1998; Patronis et al., 2001). Por consiguiente, el ABP presenta potencialidades para el abordaje de situaciones problemáticas referidas a la biotecnología.

A partir de lo expuesto se podría resumir que las TIC plantean renovados entornos de aprendizaje, actúan como herramientas culturales y presentan nuevos desafíos centrados en el amplio acceso a la información y en los nuevos modos de comunicación que estos entornos suscitan. Asimismo, las habilidades vinculadas a la gestión de la información resultan clave en temáticas biotecnológicas, ya que

éstas se caracterizan por presentar situaciones problemáticas que exigen toma de decisiones. Por último, una estrategia para aprender a través de la resolución de problemas es el ABP. Ahora bien, surge la necesidad de estructurar estas tres vertientes teóricas y metodológicas en un mismo cuerpo conceptual que permita orientar el desarrollo de propuestas educativas como así también los procesos de investigación que de ellas surjan. Una manera de configuración posible es a través de un modelo didáctico, entendiendo a este como una construcción teórico formal que se basa en supuestos científicos e ideológicos para modelizar una “realidad” educativa (Cañal y Porlán, 1987; Estany e Izquierdo Aymerich, 2001). La modelización de situaciones educativas constituye un desafío importante, ya que éstas se caracterizan por su complejidad. Por lo tanto, no se pretende establecer una forma única, lineal o determinística, sino más bien una aproximación teórica que –aunque artificial y con limitaciones propias del recorte- permita comprender y estudiar estos entornos de aprendizaje.

Si bien en el campo de la enseñanza de las ciencias mediada por TIC se han desarrollado algunos modelos didácticos (Scardamalia et al., 1994; Guzdial, 2000; Colella, 2000; Tsai, 2001; Linn, 2002; Valeiras et al., 2006), ninguno de ellos ha contemplado en su modelo las tres vertientes teóricas aquí propuestas, lo cual expone la necesidad de construir uno nuevo. Es en este contexto que nos preguntamos *cómo desarrollar un modelo didáctico en el cual las TIC sean herramientas mediadoras que promuevan procesos colaborativos para la enseñanza de la biotecnología desde el aprendizaje basado en problemas.*

El diseño de un modelo exige en primer lugar definir dimensiones y componentes, es decir que se necesitan establecer límites y recortes al sistema. Por lo tanto, el modelo didáctico que puede construirse no pretende ser un reflejo de la realidad, sino que es un modelo teórico en el sentido de Giere (2002), en el cual se intenta modelizar las interrelaciones que caracterizan a las situaciones didácticas y los problemas que allí se esbozan (Estany e Izquierdo Aymerich, 2001). Es por ello que la construcción de un modelo didáctico exige en primer lugar considerar una serie de cuestionamientos de carácter teórico. Encontrar respuesta a estas

cuestiones nos permitió construir un entramado de fundamentos coherentes a partir de los cuales se pueda estructurar nuestra investigación.

Una línea de investigación que ha tomado gran impulso en los últimos años es el estudio de cómo se aprende de manera colaborativa en ambientes virtuales (Stahl et al., 2006). Esta perspectiva combina la noción de aprendizaje colaborativo, entendido como aquel proceso de interdependencia real y positiva entre los integrantes de un grupo que tienen una meta en común (Johnson y Johnson, 1976), con la potencialidades de las TIC para crear ambientes virtuales que favorezcan estos procesos (Koschmann, 1996). Por lo tanto, se busca mediar las prácticas educativas para la construcción de significados intersubjetivos a través de las TIC. Desde este marco teórico nos preguntamos *¿cuáles son las características de una propuesta centrada en soportes tecnológicos que favorecen procesos de aprendizaje colaborativos?*

En cuanto a los fundamentos pedagógicos didácticos, se requiere pensar en estrategias de enseñanza que promuevan el aprendizaje colaborativo. Una manera de estructurar el trabajo colaborativo es a través de la resolución de problemas contextualizados y de similitud a la “realidad” en pequeños grupos. Según diversas vertientes teóricas, el Aprendizaje Basado en Problema (ABP) (Barrows, 2002; Torp y Sage, 2002) propone un abordaje de esta naturaleza, por lo tanto, surgen los siguientes interrogantes: *¿es el ABP una estrategia que permite el estudio de diferentes contenidos a través de la búsqueda colaborativa de soluciones para una situación problemática? y ¿qué características tiene el ABP en entornos virtuales mediados por TIC?*

En particular, la biotecnología se caracteriza por presentar situaciones problemáticas, de modo tal que en los últimos años ha expuesto a la sociedad ante grandes debates polémicos como la aceptación de la clonación, la utilización de células madres o la creación de organismos genéticamente modificados, etc. La toma de postura ante estas aplicaciones biotecnológicas pone en juego un sistema de conocimientos, habilidades y juicios de valor que involucran aspectos científicos, tecnológicos, económicos, ambientales, éticos, etc. (Levinson, 2006).

Por lo tanto, en el contexto de propuestas que aborden temáticas biotecnológicas surgen los siguientes interrogantes *¿qué desafíos plantean los conocimientos biotecnológicos a la hora de pensar en desarrollos educativos vinculados a la realidad social? y ¿cuáles son los componentes necesarios para desarrollar un modelo didáctico que responda al ABP en temas científico tecnológicos?*

La búsqueda de respuestas a estos interrogantes permitió establecer las bases teóricas de nuestro modelo. Sin embargo, entendemos que un modelo no es una estructura estática, sino que es un producto dinámico que se encuentra en continua revisión, en el cual interaccionan las bases teóricas con los datos de las investigaciones que se puedan llevar a cabo desde el propio modelo. Es por ello que a partir de un interjuego entre estos fundamentos teóricos y la información proveniente del contexto, se construyó un modelo didáctico que denominamos “Modelo para el Aprendizaje de conceptos Biotecnológicos a través de colaboración Virtual” (MABV). Establecimos cinco dimensiones: contextual, epistemológica, pedagógico didáctica y tecnológica, cognitiva y comunicacional. La elaboración de este modelo se realizó desde una aproximación a la construcción del conocimiento que reconoce por un lado, la complejidad de las situaciones educativas y por otro, el carácter dinámico y relativo del propio conocimiento. Por lo tanto, el modelo formulado es la resultante de procesos dialógicos entre fundamentos teóricos a los cuales adherimos, la información que obtuvimos a partir de las indagaciones realizadas en nuestro contexto y las intervenciones e investigaciones que realizamos desde el propio modelo.

Todo modelo se inserta en un contexto específico que imprime un significado particular a sus dimensiones y componentes. Es por ello que en primer lugar resultó necesario llevar a cabo en esta investigación una **fase exploratoria** que nos permitiera encontrar respuesta a una serie de desafíos que son propios del contexto en el cual se desea intervenir. Específicamente, fue necesario conocer aspectos referidos a la inserción de los contenidos curriculares de biotecnología y en particular, nos preguntamos *cómo son las prescripciones curriculares nacionales y provinciales en relación a la biotecnología*. Sin embargo, es claro que entre las prescripciones curriculares oficiales y el currículum escolar los docentes realizan

modificaciones y resignificaciones particulares en función de un complejo entramado de posicionamientos. Por lo tanto, también resultó necesario conocer *¿cómo se enseña la biotecnología en la escuela secundaria? y ¿cuáles son los materiales curriculares que utilizan los docentes y qué características poseen?*

Una de las fuentes más frecuentes de consulta a las cuales recurren tanto docentes como alumnos a través de las TIC son las páginas Web (pW). La información que presenten estos recursos puede condicionar el contenido y la dinámica del aula en función de la propuesta docente, por lo cual también nos preguntamos *¿cómo se desarrollan los contenidos biotecnológicos en las páginas Web disponibles y qué actividades de aprendizaje proponen?*

Finalmente, algunas investigaciones realizadas en diversos países tales como Australia (Dawson y Schibeci, 2003), Israel (Dori et al., 2003), Inglaterra (Lewis y Wood-Robinson, 2000), Francia (Simonneaux, 2000) y España (Aznar, 2000 y Cabo et al., 2006) explican que la falta de conocimiento puede ser la causa de las actitudes negativas de los estudiantes hacia algunos procesos biotecnológicos. En una investigación preliminar realizada con alumnos de la ciudad de Córdoba hemos encontrado que un alto porcentaje de los alumnos no pudo definir al término “biotecnología”, y en general emitieron opiniones favorables y poco críticas en relación a los procesos biotecnológicos (Ocelli et al., 2011). Sin embargo, no se registran antecedentes de estudios locales referidos a los conocimientos y actitudes de los docentes de Biología. Por consiguiente, para desentrañar los significados del abordaje de la biotecnología en la escuela secundaria también se requiere conocer *¿qué conocimientos poseen los docentes de Biología y los estudiantes sobre los procesos biotecnológicos? y ¿cuáles son sus actitudes hacia la biotecnología?*

En un segundo momento de esta tesis se llevó a cabo una **fase de innovación** centrada en la operativización del modelo didáctico propuesto. Para ello, se desarrolló un módulo de capacitación docente centrado en una temática biotecnológica que emergió de las necesidades observadas en la fase exploratoria de esta tesis, la cual vinculó elementos referidos a las prescripciones curriculares,

los materiales disponibles y las opiniones de docentes y estudiantes de la escuela secundaria. La construcción de este módulo requirió evaluar de manera permanente su correspondencia con el modelo didáctico propuesto, a fin de lograr un desarrollo coherente para promover el aprendizaje. Esta tarea demandó la participación de expertos que brindaron juicios de opinión y la triangulación de estos datos. Algunos de los aspectos que se indagaron en busca de esta coherencia fueron *¿las estrategias seleccionadas se corresponden con los fundamentos pedagógico didácticos?, ¿cómo se incorporan las TIC?, ¿las actividades desarrolladas permiten establecer un ambiente de aprendizaje colaborativo? y ¿cómo se vincula la situación diseñada con los principios conceptuales de la biotecnología?*

Finalmente, se aplicó la innovación y se llevó a cabo una **fase de evaluación** a partir de cada una de las dimensiones propuestas en el MABV: contextual, epistemológica, pedagógico didáctica- tecnológica, cognitiva y comunicacional. Las interrogantes que guiaron este proceso de evaluación fueron *¿qué características contextuales presenta el grupo de participantes?, ¿qué visión de ciencia perciben?, ¿cómo responden al problema, las actividades y las evaluaciones propuestas?, ¿qué procesos de aprendizaje se promueven?, ¿cómo se establece la metacognición?, ¿qué componentes sociales de la comunicación tienen lugar?, ¿qué dinámica de colaboración se establece entre los estudiantes?, ¿cómo se construye conocimiento de manera grupal? y por último, ¿cuáles son las principales características de la presencia docente?*

La metodología que se utilizó para dar respuesta a cada uno de los interrogantes planteados responde a un enfoque de tipo fenomenológico-hermenéutico a partir del cual se entiende que el conocimiento se construye en un contexto particular desde el cual los sujetos interpretan y establecen significados (Fiorentini y Lorenzato, 2010). Desde esta aproximación teórica se asume que el conocimiento es relativo y lo que se busca no es establecer una “verdad” sino más bien un conjunto de sentidos que emergen de la interpretación de las situaciones planteadas (Colás Bravo y Buendía Eisman, 1994). Este paradigma se caracteriza por buscar la comprensión e interpretación de la realidad educativa, entendiendo a ésta como dinámica, múltiple y holística (Arnal et al., 1992). El foco está en buscar

una intelección profunda, explorar lo que es único, encontrar puntos comunes e interpretar el significado de los patrones descubiertos (Tesch, 1990). Si bien en esta tesis se pretende un análisis interpretativo, para llegar a la construcción de los datos se utilizan en algunos casos frecuencias numéricas, las cuales se interpretan en función del contexto y se analizan con herramientas computacionales como los programas de análisis estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) y QDA Miner que son de amplia utilización en los estudios sociales. Así, desde un enfoque cualitativo se pretende entender el significado sustantivo de las relaciones estadísticas que se descubren (Filstead, 1997).

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 de la investigación

1.1.1 Objetivo general

Caracterizar un modelo didáctico que surge a partir de la exploración de los contextos locales para diseñar y evaluar un módulo de formación docente mediado por TIC y centrado en una temática de biotecnología.

1.1.2 Objetivos particulares

- 1) Formular un modelo didáctico que posicione a las TIC como herramientas mediadoras para promover procesos colaborativos en la enseñanza de la biotecnología y en el aprendizaje basado en problemas.
- 2) Analizar las prescripciones curriculares (Nacionales y Provinciales vigentes) en relación a la biotecnología a través del análisis de su contenido.
- 3) Identificar los contenidos y las estrategias que seleccionan los docentes para enseñar biotecnología en la escuela secundaria.

- 4) Analizar los materiales curriculares que utilizan actualmente los docentes, específicamente las páginas Web, a partir de los componentes que las caracterizan.
- 5) Distinguir los conocimientos y actitudes hacia la biotecnología que poseen docentes de Biología y alumnos de la escuela.
- 6) Diseñar, a partir del modelo didáctico construido, un módulo de capacitación docente para introducir los debates biotecnológicos en el aula.
- 7) Analizar la correspondencia entre el diseño del módulo de capacitación docente y el modelo didáctico propuesto.
- 8) Implementar el módulo de capacitación docente en biotecnología basado en el modelo desarrollado.
- 9) Evaluar la implementación del módulo a partir de las dimensiones consideradas en el modelo didáctico propuesto.

1.2 Importancia de este estudio

Posicionar a las TIC como herramientas mediadoras y como tecnologías de la inteligencia que participan en la reorganización del pensamiento (Borba et al., 2008), es una manera de crear entornos de aprendizaje coherentes con las nuevas exigencias que se imponen ante la incorporación social de las TIC. Por lo tanto, en relación a las propuestas disponibles, consideramos que la construcción y evaluación de un modelo didáctico que incorpore las TIC como herramientas mediadoras, constituye una nueva aproximación didáctica a partir de la cual se puede avanzar en los marcos teóricos y en el desarrollo de intervenciones educativas.

En esta tesis trabajamos de manera específica con aulas virtuales, las cuales establecen un tipo de comunicación diferente mediado por la escritura, y permiten la creación de entornos colaborativos de aprendizaje. En estos entornos, el lenguaje y la interacción social toman un lugar primordial en la construcción de

significados. Es por ello que cobra importancia aportar conocimiento en cuanto al potencial de las TIC como recursos para desarrollar estrategias efectivas que se dirigen a promover aprendizajes colaborativos de contenidos científicos.

En cuanto a la formación científica, es necesario considerar cuáles son los desafíos actuales que exigen procesos de pensamiento y de acción referidos al conocimiento científico tecnológico. En este sentido, es claro que ante aplicaciones biotecnológicas las personas toman diferentes posturas en función del conocimiento que posean de los procesos implicados y de los posibles beneficios o riesgos para la sociedad y el ambiente (Levinson, 2006). Por lo tanto, la participación democrática en debates y reflexiones que involucran estas cuestiones requiere de una formación centrada en los principales fundamentos científicos y tecnológicos que sirven de base a estos estudios (Jiménez y Sanmartí, 1997; Gil et al., 1998; Patronis et al., 2001). Es por ello que experimentar cómo resolver situaciones legítimas de la vida en la comunidad durante la formación, proporciona un punto de partida para poder ejercer estos derechos (Roth y Lee, 2004). Así, la alfabetización científica organiza espacios y contextos educativos en los cuales se potencia no sólo el aprendizaje de conceptos científicos sino también la adquisición de capacidades procedimentales como la recolección y el análisis de la información, la interpretación de datos, la evaluación de pruebas, etc. (Acevedo Díaz, 2004). De acuerdo con este posicionamiento, creemos que resulta esencial incluir a la biotecnología en la escuela secundaria, ya que esto permite pensar a la escuela como un espacio que trascienda a la reproducción y brinde oportunidades para la transformación y reconstrucción de significados, formando ciudadanos con herramientas para mirar al mundo de manera crítica y reflexiva. Por último, centrarse en la resolución de problemas complejos de manera colaborativa con las TIC (Krajcik, et al., 2000) constituye en sí mismo un cambio en la forma de aprender y de relacionarse con el conocimiento. Ante lo expuesto, consideramos que nuestro modelo representa una contribución al campo de la enseñanza de las ciencias debido a que aporta una manera de integrar el abordaje de contenidos biotecnológicos a través del ABP y mediados por las TIC, y a partir de la cual se pueden construir nuevas oportunidades para la formación científica ciudadana.

En relación a la educación en biotecnología, si bien se conoce que ésta ha sido incorporada desde hace más de quince años en los currículos oficiales de diversos países para la asignatura de Biología (France, 2007), esta situación es poco clara para Argentina. Asimismo, a nivel internacional se registran numerosos estudios de las concepciones y actitudes de estudiantes y docentes en relación a la biotecnología y sus aplicaciones. Sin embargo, no hemos encontrado estudios de esta naturaleza para nuestro país. Por lo tanto, a través del estudio exploratorio que propone esta tesis, se aporta conocimiento específico del abordaje de la biotecnología en la escuela secundaria considerando para ello las prescripciones curriculares, las decisiones didácticas docentes, los materiales curriculares y las concepciones y actitudes de docentes y alumnos de la ciudad de Córdoba (Argentina). Conocer estas particularidades, por un lado, permiten establecer estudios de corte comparativo con otras situaciones contextuales, y por otro, proporcionan una base de conocimiento a partir de la cual se pueden desarrollar propuestas tendientes a la transformación de las prácticas educativas actuales y locales.

Por otra parte, considerando el carácter científico tecnológico de la biotecnología, son numerosos los contenidos que pueden abordarse en el aula, lo cual genera grandes desafíos conceptuales, didácticos, pedagógicos y tecnológicos para los docentes. En esta tesis, se desarrolló una propuesta de capacitación docente centrada en el abordaje de un problema biotecnológico a través del ABP y utilizando las potencialidades que brindan las aulas virtuales para generar ambientes colaborativos de aprendizaje. El carácter inédito de este desarrollo también constituye una contribución para campo de la enseñanza de la biotecnología.

En síntesis, esta tesis aporta, a través del modelo desarrollado, un marco conceptual y un enfoque metodológico para diseñar, implementar y evaluar propuestas educativas. Asimismo, puede servir como herramienta y referente teórico para el desarrollo de nuevas investigaciones que se propongan estudiar y comprender las características de estos ambientes de aprendizaje en función de las múltiples variables involucradas.

1.3 Contenido de la tesis

La presentación de esta tesis se ha organizado en ocho capítulos. En el primero de ellos, esta *Introducción*; se describe la situación problemática que da origen a los interrogantes planteados para esta tesis. Se establecen las motivaciones que dieron lugar al problema, su pregunta central y cada uno de los interrogantes que se derivaron de la situación problemática. A continuación se detallan los objetivos generales y particulares, y se finaliza con la importancia del estudio.

El *capítulo dos* se encuentra organizado en tres partes en las cuales se discuten las tres dimensiones teóricas que sustentan esta tesis. La primera de ellas se vincula a las TIC con la enseñanza de las ciencias. Estos recursos tecnológicos han permitido el desarrollo de aplicaciones educativas multimediales interactivas y contribuyen a la generación de un nuevo paradigma para la educación en todos sus niveles. La segunda dimensión teórica vincula los fundamentos del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). Esta estrategia permite el estudio de diferentes contenidos por medio de la búsqueda de soluciones a una situación problemática en pequeños grupos colaborativos, en los cuales los docentes actúan como facilitadores del proceso y se apuesta a la metacognición como capacidad de autorregulación del aprendizaje. Finalmente, la tercera dimensión, se refiere a un área particular del conocimiento científico tecnológico, la biotecnología, la cual en los últimos años ha tomado prioridad en los lineamientos curriculares. Sin lugar a dudas, la biotecnología y sus procesos forman parte del vocabulario común de la sociedad, y dependiendo de su comprensión, las personas pueden participar democráticamente en la resolución de asuntos sociales que involucran a estos conceptos.

El *capítulo tres* presenta el proceso de investigación llevado a cabo en esta tesis. El propósito fue buscar a través de la investigación elementos que sirvieran de guía para la toma de decisiones, proporcionar información y promover la comprensión de los fenómenos implicados. La metodología utilizada para ello fue una estrategia de investigación que combinó técnicas cualitativas y cuantitativas. A partir de ello desarrollamos un plan de investigación, organizado en tres fases que a su vez

estructuran el cuerpo de esta tesis: la primera fase contempla un estudio exploratorio cuyo objetivo principal es conocer y caracterizar el contexto en el que se enmarca nuestra propuesta educativa. La segunda fase, que hemos denominado fase de innovación, incluyó el diseño, la generación y puesta en marcha de un módulo de capacitación docente. En la última fase se desarrolla la evaluación de los procesos y productos de la implementación del módulo y del modelo en sí mismo.

En el *capítulo cuatro* se especifica cómo a partir de cada una de las dimensiones teóricas discutidas se estructuró un modelo didáctico. Se adhiere a la idea aportada por Giere (2005) en cuanto a que los modelos teóricos son objetos abstractos, cuyas estructuras pueden ser similares a los aspectos de los objetos y procesos del mundo real; esto significa que las relaciones entre el modelo y la realidad son de similitud y no de correspondencia, y se establecen a través de hipótesis teóricas. Los modelos didácticos son modelos teóricos en el sentido de Giere, en los cuales la realidad que se busca modelizar es el aula y los problemas que allí se esbozan. Desde esta perspectiva se planteó para esta tesis como modelo didáctico a una construcción teórico-formal que, basada en supuestos científicos e ideológicos, pretende interpretar la realidad escolar y dirigirla hacia unos determinados fines educativos. La incorporación de las TIC en procesos educativos ha derivado en el desarrollo de modelos de enseñanza; a partir de ellos, se realizaron adaptaciones para la construcción de un nuevo modelo. En este apartado, se describe el modelo y cada una de sus dimensiones: contextual, epistemológica, pedagógico didáctica y tecnológica, cognitiva y comunicacional.

En el *capítulo cinco* se comienza con una contextualización teórica resumiendo aportes de investigación referidos al posicionamiento de la biotecnología en los currículos a nivel internacional. A continuación, a fin de caracterizar la presencia de la biotecnología en el currículo oficial, se presenta un análisis de los documentos de las prescripciones curriculares vigentes para Argentina y para 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, ya que en las prescripciones curriculares y en el currículo escolar ocurren un sinnúmero de modificaciones y resignificaciones en las cuales

los docentes y los materiales curriculares que ellos utilizan juegan un papel fundamental. Como resultados principales, se destaca que la indagación bibliográfica constituye la estrategia que usan los docentes con mayor frecuencia y las fuentes de información más consultadas fueron las pW y los libros de texto. Varios autores han argumentado cómo el contenido de los materiales curriculares puede imprimir significados específicos al currículo; por consiguiente resultó necesario estudiar en profundidad el contenido de las pW y compararlo con estudios previos referidos a los libros de texto. Se incluyen y discuten en este capítulo los resultados derivados de estos análisis.

Otros factores que impactan en el currículo son los conocimientos y las actitudes hacia la biotecnología por parte docentes y alumnos de la escuela secundaria. En particular, la inmersión de diversos debates tecnocientíficos en los medios de comunicación ha generado que los ciudadanos tengan que tomar decisiones. En este proceso, se movilizan conceptos y sistemas de valores, lo que implica poner en juego diferentes actitudes. Es por ello que en este capítulo también se centra la atención en los conocimientos y las actitudes que poseen estudiantes y docentes de escuelas públicas de la ciudad de Córdoba.

En el *capítulo seis* se desarrolla la fase de innovación, la cual presenta el diseño de un módulo de capacitación docente propuesto como una derivación didáctica realizada a partir del modelo presentado en el capítulo cuatro de esta tesis. El módulo consiste en una propuesta de capacitación docente centrada en una temática biotecnológica de gran controversia como lo son las plantas transgénicas. El capítulo se inicia con los fundamentos biotecnológicos de las plantas transgénicas y la exposición de la controversia que se plantea entorno a ellas, mostrando argumentos provenientes de diversos sectores. A continuación se presenta el contenido del curso propuesto, el cual utilizó como herramienta tecnológica mediadora un aula virtual de la plataforma Moodle y se estructuró en base a la resolución de un problema desde los principios del ABP y el trabajo colaborativo. Por último, se establece la correspondencia entre el curso desarrollado y el modelo propuesto considerando cada una de sus dimensiones.

En el *capítulo siete* se desarrollan los resultados derivados de la evaluación del modelo a través del módulo generado. La metodología utilizada fue principalmente de carácter cualitativo, se realizaron triangulaciones de las diferentes fuentes de información de manera focalizada para examinar cada una de las dimensiones del modelo y se complementó con algunos análisis de tipo cuantitativo. Los resultados de estos análisis se organizaron según cada dimensión. En el estudio de las características *contextuales* del grupo se examina la información aportada a través de encuestas y entrevistas a los participantes (tutores y estudiantes). Los aspectos de la dimensión *pedagógico didáctica tecnológica* se evalúan a partir de la opinión aportada por estudiantes y tutores. La dimensión *epistemológica* del modelo se examina a través de un interjuego entre diversas fuentes de información. En el análisis de la dimensión *cognitiva* se analizan los procesos de aprendizaje y de metacognición que tuvieron lugar durante el desarrollo del módulo. Por último, la dimensión *comunicacional* se estudia a partir de tres aspectos principales: componente social, construcción grupal y la presencia docente. En función del análisis realizado en este capítulo, encontramos que la resolución de una situación problemática de biotecnología resulta de interés para un grupo, lo cual consolida al ABP como una estrategia que potencia aprendizajes a través del uso y apropiación de las TIC, en este caso por medio de un aula virtual y sus recursos. Asimismo, la propuesta de trabajo centrada en roles específicos crea procesos circulares para resolver desde miradas diversas una misma situación problemática y abre la posibilidad para que nuevas miradas más interdisciplinarias se incorporen en los procesos de análisis de las situaciones científico tecnológicas.

Finalmente en el *capítulo ocho* se presentan las *conclusiones* de esta investigación, exponiéndose una síntesis de los resultados alcanzados por la tesis y los aportes que de ella se derivan. Asimismo, se plantean los nuevos interrogantes que se desprenden de este estudio como así se proveen recomendaciones pedagógico didácticas para propuestas de desarrollos similares.

A continuación se incluyen las *referencias bibliográficas* y por último, los *anexos*, en los cuales se detallan resultados parciales e información complementaria que fue utilizada en la tesis.

Capítulo 2

Referentes teóricos

Este capítulo se encuentra organizado en tres partes en las cuales se discuten las dimensiones teóricas que dan sustento a nuestra tesis. La primera de ellas se vincula a las *Tecnologías de la Información y la Comunicación* (TIC) en la enseñanza de las ciencias. La segunda dimensión se refiere a los fundamentos del *Aprendizaje Basado en Problemas* (ABP) y por último, la tercera dimensión, se relaciona a un área particular del conocimiento científico tecnológico, *la biotecnología*.

Referentes teóricos

2.1 Tecnologías de la Información y la Comunicación

Las TIC son herramientas electrónicas basadas en los principios de la digitalización y de conexión en red (Spanhel, 2008). El uso de las computadoras con diversos aplicativos como son los teléfonos celulares, las cámaras y reproductores de sonido digitales, los escáner y fundamentalmente Internet con la Web 2.0, se ha generalizado en todos los estratos de la vida social produciendo modificaciones sustanciales (Cebrián de la Serna y Gallego Arrufat, 2011). Los sistemas educativos no han quedado afuera de estos cambios, y desde las políticas educativas se busca su integración promoviendo la compra de artefactos para un acceso personalizado, lo cual en Iberoamérica ha tomado la forma de “modelo 1 a 1” (one laptop for child), acompañado por diferentes programas de formación para los docentes.

En el ámbito académico se observa que desde las primeras investigaciones y desarrollos educativos con TIC, se considera importante discernir cómo podrían las computadoras ayudar a construir espacios de aprendizaje verdaderos y de qué manera se incentivaría el establecimiento de comunidades colaborativas de estudiantes. Los marcos teóricos que respaldan estas ideas postulan que las TIC son herramientas mediadoras en el sentido que le otorga Salomon (2001) cuando

afirma que “las personas parecen pensar en conjunción o asociación con otros, y con la ayuda de herramientas y medios que la cultura les proporciona”. Desde esta perspectiva diversos autores coinciden que no solo se tienen que tener en cuenta la estructuración de los contenidos y de los materiales de estudio, sino que también es necesario que las actividades faciliten el aprendizaje a través de procesos de construcción colaborativa, de tal manera que el alumno sea protagonista de su propio conocimiento (Cabero, 1996 y Monereo, 2005). En este escenario, cabe preguntarnos cómo ha evolucionado la incorporación de las TIC en los procesos educativos. Para responder a este interrogante vamos a esbozar diferentes aspectos que nos parecen importantes como marco referencial, centramos nuestra atención en los procesos de aprendizaje colaborativos, y en las investigaciones y aplicaciones tecnológicas que de ellos se derivan.

2.1.1 Evolución de las TIC

Antes del surgimiento de las TIC existieron otras tecnologías que también estuvieron vinculadas a la información y la comunicación. Las primeras formas que posibilitaron el flujo de la información fueron el lenguaje oral y luego la escritura. La construcción de un sistema de símbolos y códigos permitió que la comunicación entre las personas se liberara de las limitaciones que imponían el tiempo y el espacio. Así, a partir de la escritura, la transmisión de un mensaje ya no requería que emisor y receptor se encontraran en el mismo lugar ni en el mismo momento. Estas nuevas posibilidades de acceso a la información se vieron potenciadas con el surgimiento de la imprenta (Adell, 1997). Las revistas, los libros y los periódicos permitieron el acceso a la información a un público numeroso. A su vez, el desarrollo de medios de transporte como la máquina a vapor y luego el ferrocarril, ayudaron a que estas publicaciones, así como también las comunicaciones personales (a través de cartas) pudieran distribuirse en diferentes partes del mundo. Por otro lado con la electricidad, la tecnología también fue superando la distancia espacial para establecer comunicaciones instantáneas, primero con el telégrafo, luego el teléfono, la radio y la televisión. Por último, una innovación clave fue la unión de la informática con las telecomunicaciones y la transmisión de datos entre computadoras. Esta situación dio comienzo, en la época de la guerra fría, a la

primera red de transmisión de información llamada ARPANET, que fue reemplazada por lo que hoy se conoce como World Wide Web-WWW (Martínez Sánchez y Prendes Espinoza, 2003), definida como “un sistema de distribución de información basado en hipertexto o hipermedios enlazados y accesibles a través de Internet. Con un navegador Web, los usuarios visualizan sitios compuestos de páginas Web que pueden contener texto, imágenes, vídeos u otros contenidos multimedia, y navegar a través de ellas usando hiperenlaces” (Wikipedia 2012). El surgimiento de cada una de estas tecnologías fueron potenciando la capacidad de almacenamiento de información y su disponibilidad, rompiendo definitivamente con las barreras que imponían el tiempo y el espacio y transformando así las formas de comunicarse (Litwin et al., 2005).

Internet pone de manifiesto el aspecto revolucionario de las TIC, tal como plantea Castells (2001), cuando señala que “*es un instrumento de comunicación libre, creado de forma múltiple por gente, sectores e innovadores que querían que fuera un instrumento de comunicación libre*”. En función de esta particularidad, los propios usuarios abandonaron su rol pasivo de consumidores y se convirtieron en desarrolladores y transformadores de la tecnología. Esta mutación de roles también tuvo lugar en relación a las comunicaciones y el conocimiento, dando lugar a lo que hoy se conoce con el nombre de la Web 2.0. Algunos desarrollos tecnológicos vinculados al concepto de la Web 2.0 son foros, wikis, portales, redes sociales, comunidades virtuales, blogs, sistemas para subir y compartir fotos, música o videos, etc. (Nafría, 2007). Esta versión de Internet creó un nuevo escenario de contenidos e información, en los cuales se permite a los usuarios interactuar con el conocimiento de manera activa. Algunos de los principios constitutivos de la Web 2.0 postulados por diferentes autores tales como O’Reilly, (2005), Cobo Romaní y Pardo Huklinski (2007) y Nafría (2007) son:

- *La World Wide Web como plataforma*: este concepto implica que las herramientas y contenidos existen en la propia Web y no en la computadora de cada usuario (de desktop a Webtop). Así, muchas empresas se concentran en producir software que permiten la interacción y participación de la comunidad de usuarios. Por otra parte, los contenidos no quedan almacenados en las

computadoras de los usuarios, sino en servidores de la Web y de esta manera quedan disponibles para el uso personal y de la comunidad. Este fenómeno puede observarse en YouTube¹ el cual es un sitio Web que brinda un servicio de almacenamiento de videos. Fue creado en el año 2005 y entre marzo y septiembre del 2006 tuvo un aumento de producción de contenido de 246% (Nafría, 2007).

- *Aprovechar la inteligencia colectiva*: en la Web los usuarios pueden ser constructores de conocimiento, cada uno puede aportar desde lo que conoce en una plataforma democrática y se establecen interacciones productivas “entre iguales”. Las wikis constituyen los soportes software que permiten este tipo de construcciones y sus efectos pueden observarse en Wikipedia². Esta enciclopedia es construida a partir del aporte de las personas sin importar sus identidades y afiliaciones, es decir que tanto académicos, aficionados o novatos pueden publicar contenido allí y luego es la comunidad quien determina la calidad del aporte.

Sin duda, estas tecnologías han creado un nuevo escenario para las comunicaciones y la gestión del conocimiento. En el ámbito educativo este nuevo escenario plantea promesas y desafíos (Dohn, 2009).

A continuación desarrollaremos cuál es el lugar que tienen las TIC en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

2.1.2 Las TIC en los procesos educativos

Un análisis del impacto de las TIC y de su rol en los procesos educativos nos invita a reflexionar acerca del papel que tienen las tecnologías, en los procesos cognitivos. Al respecto, podemos considerar que en todo proceso de pensamiento interviene el lenguaje, la información y las estrategias intelectuales aprendidas en el marco de una cultura, las interacciones de las ideas propias con las ideas de

¹ www.youtube.com

² www.wikipedia.org

otros y la utilización de diferentes herramientas tecnológicas. Por lo tanto, sería posible afirmar que la cognición es el resultado de redes complejas en las cuales interactúan factores humanos, biológicos y tecnológicos, de manera que una persona fuera de esta colectividad (de otras personas y medios) no podría “pensar”. A partir de esta perspectiva, el pensamiento se da en una red de interacciones entre módulos cognitivos, humanos y tecnológicos, y es a través de estas conexiones que se transforman y traducen las representaciones (Lévy, 1993). En este contexto, las tecnologías tienen un papel clave en el desarrollo y la transformación del pensamiento y por ello son conocidas como “tecnologías de la inteligencia”. Dentro de este grupo de tecnologías se encuentran la oralidad y la escritura que como ya hemos descrito, revolucionaron las formas de comunicarse, de concebir el mundo y de “pensar”.

Las TIC también forman parte de este tipo de tecnologías de la inteligencia y como tales, participan en la reorganización del pensamiento, lo que permite extender y amplificar los procesos cognitivos de las personas (Borba et al., 2008). En el ámbito educativo, las TIC pueden ayudar a resolver problemas complejos, brindando información, datos, representaciones, caminos de recuperación eficaces, y ambientes constructivos que sirvan de apoyo para llevar a cabo determinada tarea y estructurar las ideas (Krajcik, et al., 2000).

Desde esta aproximación, las TIC se constituyen en medios para el aprendizaje ya que son herramientas que pueden crear nuevos escenarios para las interacciones, espacios virtuales en los cuales no sólo se puede acceder a información, sino que también se puede compartir, cuestionar, problematizar, es decir, aprender (Borba y Penteado, 2001). Como plantea Lévy (1996), en los espacios virtuales se reinventa la cultura nómada, en el sentido de que surgen interacciones sociales que se configuran en movimiento. Cuando una acción se virtualiza, en nuestro caso: la mediación en los procesos educativos, ésta se torna “no presente” ya que se desterritorializa. En la virtualidad la unidad de tiempo no se corresponde a una unidad de lugar, en un mismo momento se pueden establecer interacciones desde diferentes lugares físicos, y a su vez, se pueden establecer acciones continuas a pesar de que su duración sea discontinua, por ejemplo

podemos mantener un “debate” a través de correos electrónicos o foros. La virtualidad abre nuevos espacios y temporalidades, y a su vez, crea un “efecto Moebius” es decir, se establecen relaciones recíprocas de “interconversión” en las cuales lo privado pasa a ser público, y lo público, privado.

Estos espacios virtuales permiten la reconstrucción de la noción de entorno de aprendizaje y su redimensionamiento como entorno tecnológico. Si entendemos que las tecnologías nos ofrecen un espacio para pensar, discutir con otros, revisar ideas, podemos nuevamente imaginarlas como extensiones de la mente y vehículos de pensamiento (Lion, 2006).

En ambientes de aprendizajes configurados a partir de la virtualidad, las personas pueden construir una trama de interconexiones diferente, escenarios educativos que no tienen referentes reales concretos y que permiten el surgimiento de una comunidad de pertenencia, dando paso no sólo a la creación de una nueva cultura, sino nuevos lenguajes, formas de expresar sentimientos, códigos y convenciones sociales (Joyanes, 1997). El fenómeno de lo virtual lleva a un nuevo sistema de representación en el cual los elementos que se relacionan no tienen un valor determinado en sí mismos, sino que los adquieren recíprocamente en dicha relación. No hay tiempo, no hay espacios, no hay jerarquías en el sentido de verticalidad, particularmente en la relación pedagógica. En estos entornos se establece un tipo de comunicación diferente que supera la transmisión unilateral del mensaje y promueve relaciones interactivas y dinámicas.

2.1.2.1 La comunicación en los procesos educativos mediados por TIC

En correspondencia con una perspectiva sociocultural del aprendizaje, la comunicación constituye un componente esencial en los procesos intelectuales que permiten el entendimiento. Por lo tanto, se puede decir que a través de ella las personas logran construir conceptos, y en este proceso la palabra u otros símbolos actúan como instrumentos mediadores (Vigotsky, 1995).

El análisis de los procesos de aprendizaje desde un enfoque sociocultural requiere poner en relación el funcionamiento de la mente con el contexto cultural, institucional e histórico. Por consiguiente, el foco se encuentra en la interpretación de la acción humana (Wertsch, 1999). Estas acciones ocurren en interacción permanente del hombre con su ambiente, transformándolo y transformándose a sí mismo a través de la acción. Centrar el análisis en la acción humana como categoría explicativa, significa asumir el hecho de que toda actividad humana está mediada por herramientas y símbolos (Rodríguez-Arocho, 2003). Estas herramientas o “artefactos” mediadores pueden ser de tres clases: instrumentos materiales, instrumentos psicológicos y otros seres humanos (Cole, 1997).

En líneas anteriores hemos argumentado que se pueden pensar a las TIC como tecnologías de la inteligencia, aquí deseamos ampliar este concepto y exponer cómo también son herramientas culturales que median las acciones humanas. Wertsch (1999) sostiene que el hombre actúa sobre la naturaleza y la modifica cuando crea herramientas, las cuales permiten un determinado control sobre el medio, pero a su vez condicionan su conceptualización y su acción, por lo tanto, se puede decir que el hombre actúa a través de estas nuevas herramientas.

En particular, las situaciones educativas diseñadas en aulas virtuales, colocan a estas tecnologías como herramientas culturales que median las “acciones” de comunicación, de acceso a la información, de problematización, de cuestionamiento, de evaluación, etc. En otras palabras estas TIC se posicionan como herramientas que median los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Un aspecto particular de este posicionamiento sociocultural del aprendizaje es justamente la conceptualización de este proceso como una acción social mediada, lo cual significa que la acción está situada socioculturalmente ya que “aún cuando un individuo esté en soledad contemplando algo, está socioculturalmente situado, en virtud de los modos de mediación que emplea” (Wertsch, 1999). Por ejemplo, aunque una persona se encuentre en determinado momento totalmente sola para resolver un problema, en dicha tarea, utiliza diversos elementos aprendidos o disponibles en su contexto sociocultural como conceptos, estrategias cognitivas,

modos de razonamiento, herramientas (materiales o simbólicas), etc. A su vez, si estos elementos que utiliza fueron aprendidos por el individuo al participar de encuentros dialógicos en el plano interpsicológico (en términos de Vigotsky), entonces la resolución de este problema es también dialógica.

Vigotsky (1995) plantea una diferenciación del lugar que tiene el pensamiento en las interacciones sociales o en las individuales, a través de la formulación de la ley genética general del desarrollo: “Cualquier función aparece dos veces, o en dos planos, en el desarrollo cultural del niño”. En primer lugar, aparece en el plano social, y luego en el plano psicológico, es decir que primero tiene lugar entre la gente como categoría interpsicológica, y luego dentro del niño como categoría intrapsíquica”. Por lo tanto este proceso requiere la transición de la actividad individual a la actividad social y luego el retorno a la actividad individual (Werstch, 2008). A partir de este postulado de Vigotsky, se plantea que el pensamiento es de naturaleza social, y por lo tanto se utilizan dos conceptos para caracterizarlo: intersubjetividad y alteridad.

La *intersubjetividad* hace referencia a una situación en la cual los interlocutores comparten una perspectiva. Estos significados compartidos pueden ser solo bosquejos muy generales y parcialmente negociados, no “significados literales” (Werstch, 1999).

La *alteridad* puede comprenderse desde las ideas de Bajtín, quien plantea que en un texto se presenta una “multivocidad” y cuya función es generar nuevos significados (Bajtín, 1982). Según Mosquera (2009), la esencia de esta idea también fue planteada por Iuri Lotman, quien indicó que todo texto (en su sentido amplio de interpretación: escrito u oral, formal o informal, etc.) tiene dos funciones. La primera de ellas es reproducir o comunicar una idea, mientras que la segunda finalidad es la de generar nuevas ideas, así el texto actúa como un “dispositivo de pensamiento”.

Para Bajtín la interacción es fundamentalmente de carácter dialógico, cuyo principio básico es la tensión dinámica entre una voz y otra, es decir entre la

distinción del yo y el otro. Por consiguiente, toda comunicación forma parte de un diálogo en el cual cada enunciado presupone y está compuesto por aquellos enunciados que lo antecedieron. Pensar de esta manera a los enunciados o textos significa reconocer que toda idea ya ha sido pensada de alguna manera por otras personas y cuando alguien la enuncia no es solo producto del pensamiento de esa persona sino de todas aquellas que aportaron en su construcción (Jobim e Souza, 1994).

Desde esta perspectiva, mientras pareciera que la intersubjetividad tiende a una función unívoca, es decir hacia una perspectiva única, compartida y homogénea, la función dialógica tiende al dinamismo, la heterogeneidad y el conflicto de voces. La clave estaría en cómo un interlocutor es capaz de utilizar estos textos como dispositivos de pensamiento y responder a ellos de forma tal que generen nuevos pensamientos. Por lo tanto, la comunicación puede interpretarse a partir de la siguiente idea “todo texto involucra tanto características unívocas de transmisión de información y por lo tanto de intersubjetividad, como tendencias dialógicas, generadoras de pensamiento y por lo tanto, de alteridad” (Werstch, 1999).

En toda comunicación mediada por TIC, se establecen “dialogismos” (en términos de Bajtín), es decir no diálogos per se, sino procesos de comunicación en los cuales las palabras se leen e intercambian. En estos procesos el contexto de las palabras, así como las intenciones del hablante y del oyente afectan el significado. Es decir, que a través del dialogismo se produce una construcción de sentido, en el cual la palabra hablada o escrita tiene la capacidad de crear su propio significado. Los ambientes dialogizados dan lugar a la heteroglosia o polifonía, es decir a la presencia real o virtual de diferentes voces, puntos de vistas o perspectivas. Por lo tanto, en ambientes educativos dialogizados ya no aparece solo la voz autorizada y monofónica del docente, sino que se da lugar a muchas voces que se articulan en un mismo espacio y tiempo. Una de estas voces puede ser la del alumno, la cual en este contexto se escucha desde una plataforma virtual equitativa y legítima (Brooks, 2011).

Los ambientes educativos se caracterizan por su naturaleza polifónica, ya que constituyen universos de interlocución entre la voz de los alumnos, la del docente, la de los autores de los libros texto, o la voz de los científicos que se evoquen a través de cualquier medio de comunicación (revistas científicas, notas de divulgación, videos, etc.). A su vez, en situaciones de aprendizaje, cada individuo interactúa con voces heterogéneas provenientes de horizontes conceptuales diferentes (Giordan, 2008).

Esta polifonía en el ámbito educativo toma especial sentido cuando se piensa en los procesos colaborativos. El aprendizaje colaborativo constituye un tema de enorme interés en la investigación educativa, y dado a que las TIC presentan potencialidades particulares para ello, se ha desarrollado una comunidad de investigación específicamente interesada en el “aprendizaje colaborativo mediado por computadora” (Stahl et al., 2006). Antes de desarrollar en profundidad los conceptos y las investigaciones que han tenido lugar desde nueva perspectiva, resulta necesario primero presentar las características del aprendizaje colaborativo para luego abordar las particularidades que toma este aprendizaje al estar mediado por TIC.

2.1.3 El aprendizaje colaborativo

Johnson y Johnson en 1976 definen a la colaboración como aquella situación en la cual los estudiantes se enfrentan ante una tarea que recrea un ambiente de interdependencia real y positiva entre los integrantes de un grupo. Por su parte, Slavin (1983) destaca que en el aprendizaje colaborativo los alumnos deben trabajar juntos para aprender y son tan responsables del aprendizaje de sus compañeros como del propio. Por lo tanto, en el diseño de situaciones didácticas, para generar espacios de trabajo colaborativo es necesario provocar interdependencia genuina, la cual está caracterizada por la necesidad de compartir información, significados, concepciones y conclusiones provistas por los miembros de un grupo. De manera que la colaboración toma lugar cuando existe una real necesidad de interdependencia (Salomon, 1992). En estos contextos se construye una comunidad de aprendizaje en la cual aumenta la motivación, se reduce la

alienación y el anonimato, se mejoran las aptitudes de equipo, los estudiantes participan activamente en el proceso de aprendizaje, y por lo tanto aumenta la comprensión (Wright, 1996).

En relación a la producción de conocimiento en el área del aprendizaje colaborativo, Onrubia et al., (2008) resumen la evolución que han sufrido estas investigaciones a partir de tres paradigmas: a) paradigma del efecto: desde esta mirada las investigaciones se basan en la afirmación de que la organización en grupos es lo que da lugar a un mayor rendimiento de los alumnos; b) paradigma de las condiciones: los estudios se centran en identificar qué características deben tener las situaciones educativas para que se produzca un aprendizaje colaborativo y c) paradigma de la interacción: consideran que el proceso de aprendizaje es el resultado de la combinación de diferentes variables de manera compleja, de manera que es muy difícil establecer relaciones causales directas, por lo tanto los investigadores tratan de conocer de qué forma se puede aumentar la probabilidad de que ocurran aquellos tipos de interacción que favorezcan a los procesos de construcción de conocimiento. En el marco de este último paradigma varios autores distinguen el “aprendizaje colaborativo” del “aprendizaje cooperativo”, este último supone un proceso de división del trabajo, mientras que en el aprendizaje colaborativo cada uno de los miembros contribuye a la resolución conjunta del problema, aunque en alguna etapa pueda haber división de trabajo, la diferencia radica en que incluso en esta división todos tienen una meta común y su logro depende de la acción coordinada y sincrónica de los integrantes del grupo.

Por otra parte, Stahl y Hesse (2009) indican que al estudiar los procesos colaborativos, los investigadores se focalizan en una cierta forma de conocimiento y asumen que existe una cierta manera de compartirlo. Los autores denominan a estas formas “paradigmas de compartir conocimiento”, los cuales pueden tomar diferentes significados según las fuentes teóricas desde las cuales se lo analiza. Así se pueden identificar al menos cuatro paradigmas:

- a) Compartir representaciones mentales individuales: explica cómo los participantes intercambian conocimiento a través de la externalización de

sus representaciones mentales y de la comparación de sus ideas. Compartir es entendido desde este paradigma como una cuestión de comparación y transferencia de ideas, de manera que éstas suelen no cambiar.

b) Compartir un objeto: se concibe al conocimiento compartido como una consecuencia natural de la interacción en grupo, en el cual todos los integrantes se encuentran orientados hacia un mismo objeto (un artefacto, un problema, etc.) y por lo tanto, en el grupo lo que hacen es compartir el conocimiento que poseen en relación a ese objeto. Así el conocimiento compartido es un conocimiento nuevo para todos los participantes, derivado de la interacción con los demás, con el objeto compartido (problema, concepto, etc.), y con otros recursos para la comunicación y el entendimiento.

c) Compartir una situación: si pensamos que el conocimiento compartido proviene de un enfoque común sobre un objeto en procesos de colaboración, se puede entender que un grupo puede compartir el conocimiento por estar situado en un contexto, un espacio común de un problema. La situación en sí misma incluye al objeto compartido, pero también a otros recursos como por ejemplo el discurso. A través del discurso se crea una red compleja de conceptos compartidos, interacciones y experiencias. Así, la participación en el discurso de colaboración puede generar automáticamente el conocimiento compartido como un proceso continuo.

d) Compartir una comunidad: el conocimiento compartido por pertenecer a una misma comunidad, cultura o sociedad. La comprensión de los mismos conocimientos históricamente acumulados, valores, perspectivas, objetos y formas de vida hacen posible la comunicación.

Otro aspecto considerado por las investigaciones tiene que ver con las condiciones necesarias para el aprendizaje colaborativo. Johnson et al. (2007) se han dedicado al estudio a estos aspectos, y han definido cinco características:

a. La interdependencia positiva: Hace referencia al compromiso de todos y cada uno de los miembros con la meta conjunta de aprendizaje, comparten sus conocimientos y recursos, se apoyan mutuamente y celebran los éxitos conseguidos en conjunto. Los estudiantes deben percibir que son positivamente interdependientes entre sí, es decir, deben sentir que es “nadar o hundirse juntos”. Cuando las personas están en una situación de cooperación están orientadas hacia un resultado deseado (el estado final, meta o recompensa) y se establece una interdependencia de recursos, ya que cada miembro tiene una parte de los recursos necesarios para cumplir con la meta, de roles, es decir que cada miembro tiene asignado funciones complementarias, y de tarea, lo cual implica una división del trabajo. Por último, los límites entre individuos y grupos pueden definir quién es interdependiente con quién y configura así la identidad del grupo, es decir lo que los une como una entidad.

b. La responsabilidad individual y de equipo: Los miembros del grupo deben saber que en la realización del trabajo necesitan ayuda, apoyo, y estímulo por parte del grupo y que dicha interacción les permitirá desarrollar mejor las tareas en el futuro.

c. La interacción estimuladora: Se produce cuando los individuos fomentan y facilitan los esfuerzos de cada uno para completar las tareas y alcanzar las metas del grupo. A fin de alcanzar el éxito entre todos, los miembros del grupo deben (a) ayudar y ayudarse unos a otros, (b) intercambiar recursos, (c) facilitarse de manera mutua información, (d) autodesafiarse y desafiar a sus compañeros en las conclusiones arribadas y en los razonamientos realizados, (e) promover el trabajo más duro para lograr las metas del grupo, (f) influenciarse mutuamente, y (g) actuar de manera confiada y confiable.

d. La gestión interna del equipo: Hace referencia al desarrollo de una estrategia eficaz de trabajo conjunto, así como la práctica de una serie de habilidades interpersonales para el aprendizaje en equipo. Se requiere de

habilidades de liderazgo, toma de decisiones, creación de confianza, comunicación y gestión de conflictos.

e. La evaluación interna del equipo: Requiere que los miembros del equipo reflexionen en cuanto a su desempeño como grupo y en relación a la participación personal de cada integrante, para evaluar si les está permitiendo o no alcanzar las metas de aprendizaje comunes en la dinámica de trabajo colaborativo.

En esta tesis, la colaboración es entendida a partir de una combinación de las ideas antes expuestas. Consideramos que es necesario compartir un objetivo común, en nuestro caso encontrar una solución a un problema, pero a su vez se necesita estar inmersos en la misma situación problemática y colaborar entre sí a través del discurso, y por último, también se requiere compartir referentes en el discurso y por ello es menester formar parte de una misma comunidad de aprendizaje. Sin embargo, cuando esta colaboración se encuentra mediada por TIC toma determinadas características y se amplían sus potencialidades. A continuación discutiremos las particularidades que toma el trabajo colaborativo mediado por TIC.

2.1.4 Trabajo colaborativo en ambientes virtuales de aprendizaje

El análisis del aprendizaje colaborativo mediado por computadora -Computer Supported Collaborative Learning (CSCL)³- es un área emergente que estudia cómo las personas pueden aprender de manera conjunta con la ayuda de las computadoras. Desde CSCL se fomenta la colaboración entre los estudiantes, es decir que no se busca que éstos reaccionen de manera aislada a un conjunto de materiales pre seleccionados sino más bien, se busca una alta interacción entre los estudiantes, lo cual dará lugar al aprendizaje. El concepto CSCL no se encuentra limitado a la interacción on line, ya que por ejemplo puede incluir colaboración

³ Esta sigla es conocida en el ámbito educativo/investigativo como acrónimo del término en inglés "Computer Supported Collaborative Learning", no se utiliza con frecuencia una sigla de su traducción "Aprendizaje Colaborativo Apoyado por Computador", es por ello que en esta tesis utilizaremos CSCL.

cara a cara a partir del trabajo grupal con algún soporte computacional como una simulación de un modelo científico o una representación interactiva de forma compartida (Stahl et al., 2006).

Comenzamos por describir el origen de CSCL de manera exigua con la intención de situarnos en este campo. Durante el año 1983, se llevó a cabo en la ciudad de San Diego un evento referido a “microcomputadores y resolución conjunta de problemas” y seis años después, en Baratea (Italia) se realizó un encuentro que para muchos es considerado como el nacimiento del área, ya que fue el primer encuentro que utilizó el término CSCL en el título del evento. En el otoño de 1995 tuvo lugar la primera conferencia de CSCL en la Universidad de Indiana. A partir de ese momento, se celebran reuniones bianuales de manera ininterrumpida en diferentes partes del mundo y desde el año 2006 se publica una revista de investigación específica: *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*⁴. Los antecedentes de investigación se registran a partir de un “workshop” realizado en la Universidad de Illinois en Octubre de 1991. En este evento se reunieron educadores e investigadores interesados en el tema: docentes quienes habían utilizado este enfoque en sus clases, desarrolladores de software que comprendían la importancia de que los diseños tomen en consideración al CSCL, científicos sociales con experiencia en evaluar innovaciones tecnológicas, y teóricos del aprendizaje, quienes pudieron discutir y definir los principios de CSCL. A partir de ese encuentro se publicó un número especial en la revista *SIGCUE Outlook* con los aportes de los principales invitados (Koschmann, 1992).

El CSCL combina la noción de aprendizaje colaborativo con la potencialidades de las TIC (Koschmann, 1996). Así, se busca mediar las prácticas educativas a través de artefactos computacionales para la construcción de significados intersubjetivos. El lado tecnológico de la agenda de CSCL se enfoca en el diseño y estudio de tecnologías fundamentalmente sociales. Esto significa que la tecnología está diseñada específicamente para mediar y fomentar actos sociales que dan lugar a procesos de aprendizaje grupales e individuales (Stahl et al., 2006). Cuando se

⁴ <http://ijcscl.org/>

trabaja con herramientas informáticas, a solas y en particular cuando se colabora en equipos, el proceso de aprendizaje se encuentra bajo el control de los estudiantes, en lugar de estar bajo el control de los docentes. Al respecto, Salomon (1992) indica que si el trabajo colaborativo requiere necesariamente de la construcción y apropiación social de significados, entonces cuando existe una necesidad, los procesos constructivos no son de naturaleza automática sino que son controlados por los estudiantes. Por consiguiente, la introducción de las computadoras tiene el potencial de crear oportunidades para un proceso de construcción activa a través del trabajo colaborativo. En el diseño de un ambiente virtual de aprendizaje, el papel de la computadora puede compararse al de las levaduras en elaboración del pan: no se puede prescindir de ella, ya que comienza una reacción en cadena imprescindible, pero en sí misma es insuficiente, para la realización del pan, se necesita indudablemente de otros ingredientes que interaccionan de manera organizada. Y es justamente la organización de todos los ingredientes lo que realmente hace la diferencia. La forma más básica del apoyo a la colaboración es que la computadora suministre un medio de comunicación, ya sea en la forma de un correo electrónico, chat, foro de discusión, videoconferencia, mensajería instantánea, etc. Los sistemas CSCL usualmente proveen una combinación de varios de estos medios y les agregan funcionalidades especiales.

Un desarrollo tecnológico promueve la colaboración en contextos educativos cuando cumplen una serie de requisitos. Lipponen y Lamillo, (2004) proponen que:

(a) un diseño debe estar fundamentado en alguna teoría de aprendizaje o modelo pedagógico,

(b) el diseño debe descansar en la idea de “groupware” (software que hace posible el trabajo en equipo a través de la red) como base de apoyo a la colaboración,

(c) debe ofrecer funcionalidades para estructurar o “andamiar” el discurso de los participantes,

(d) corresponde brindar herramientas de representación y de construcción en comunidad.

Desde esta perspectiva de colaboración, la integración de las TIC puede significar un avance real hacia nuevas formas de comunicarse, de acceder, interpretar y construir información, y en consecuencia puede resultar en nuevas formas de aprender “con otros”. En este contexto, el acceso a la información ya no constituye ningún problema, sino que más bien el desafío es transformar esta información en conocimiento compartido, de manera que se relacionen los actores que participan en la enseñanza y en el aprendizaje, para establecer procesos de negociación de significados.

2.1.4.1 Los desarrollos tecnológicos en “Computer Supported Collaborative Learning” (CSCL)

A partir de la década del 90 la comunidad de investigadores y tecnólogos dedicados a trabajar con CSCL intentaron generar nuevos productos y aplicaciones, lo cual impulsó el desarrollo de las primeras investigaciones. Como antecedentes, se destacan tres proyectos centrados en diferentes usos de la tecnología, uno de ellos fue el proyecto ENFI (Electronic Networks For Interaction) de la Universidad Gallaudet, el cual brindó espacios de comunicación textual grupal para personas con problemas de audición o sordas (Collins y Zane, 1995). Otro de los proyectos fue CSILE (Computer Supported Intentional Learning Environment) desarrollado por Scardamalia y Bereiter (1994) en la Universidad de Toronto, que permite el intercambio de ideas entre usuarios, estas ideas o comentarios están etiquetados por ejemplo en "problemas", "teorías propias", etc. Las ideas o notas del estudiante son la parte central de la herramienta y están almacenadas en una base de datos común. Este sistema más tarde fue conocido como “Foro de conocimiento” (Knowledge Forum). Por último, “Fifth Dimension Project” (5thD)⁵ comenzó con un programa de apoyo escolar organizado por el grupo de Cole (1999) del Laboratorio de Cognición Humana Comparativa (LCHC) en la Universidad de Rockefeller para mejorar las habilidades de los estudiantes en cuanto a la lectura y la resolución de problemas. Luego LCHC se trasladó a la Universidad de California

⁵ <http://communication.ucsd.edu/5thd.manual/>

de San Diego con lo cual originalmente se implementó en cuatro sitios de dicha ciudad y luego se expandió a múltiples sitios alrededor del mundo.

Actualmente, existe un gran número de desarrollos tecnológicos y sistemas destinados a la enseñanza y al aprendizaje colaborativo. Estos entornos pueden clasificarse de diferentes maneras. Por un lado, Soller et al. (2005) agrupan a los sistemas CSCL en tres tipos: los que reflejan acciones, los sistemas con herramientas cognitivas y los sistemas de entrenamiento que ofrecen consejos. Los sistemas que reflejan las acciones son los más básicos. Éstos ofrecen la posibilidad de observar las acciones de los estudiantes, las cuales se encuentran disponibles a todos los participantes tanto estudiantes como profesores. Algunos ejemplos de estos sistemas son GroupKit, NCSA Habanero, CuseeMe y Microsoft NetMeeting. Los sistemas con herramientas cognitivas representan el estado de las interacciones, permiten la posibilidad de comparar las interacciones de los usuarios con modelos ideales. Algunos desarrollos de este tipo son HabiPro, MarCO y EPSILON. Los sistemas de entrenamiento ofrecen consejos a partir de la interpretación de indicadores. A través de ellos es posible analizar el estado de la colaboración utilizando modelos de interacción. Gracias a los consejos que emiten, estos sistemas pueden favorecer o incrementar la participación de los usuarios. Algunos ejemplos de estos sistemas son: DEGREE, Group Deader System, GRACILE, COLER e iDCLE. Estos desarrollos pueden utilizarse para diferentes áreas de conocimiento y en el caso de la enseñanza de las ciencias pueden resultar claves para diversas tareas de construcción grupal ya sea para plantear o analizar hipótesis, interpretar resultados, elaborar argumentos, inferir ideas, entre otras.

Por otra parte, Onrubia (2007) indica que algunos sistemas combinan las características antes mencionadas y dentro de este grupo se pueden distinguir dos líneas: la primera línea se enfoca en crear interfaces que permitan estructurar la comunicación y la segunda, trata de fomentar el diálogo mediante la utilización de herramientas de representación visual. Dentro de la primera línea se encuentra el sistema CSILE (Computer Supported Intentional Learning Environments) el cual ya

fue descrito en la sección anterior. Siguiendo la misma tendencia, se diseñó WISE⁶ (National Science Foundation) cuyo objetivo es proveer a los docentes de una herramienta didáctica de trabajo colaborativo. A través de este sistema, los estudiantes por medio del debate pueden aprender y responder a controversias científicas contemporáneas. Otro ejemplo es el sistema GETLE de la Universidad Graz de Austria propone un sistema compuesto por una biblioteca estática (libros y revistas digitales) y una biblioteca dinámica con acceso a indexación de sitios Web, bases de datos de conocimiento, foros, etc. (Dietinger y Maurer, 1998). Finalmente, el sistema KnowCat (Knowledge Catalyser) desarrollado por el Grupo de Herramientas Interactivas y Aplicaciones de la Universidad Autónoma de Madrid es un sistema que sin necesidad de supervisión, permite la creación incremental de conocimiento estructurado. El objetivo es la generación de conocimiento colectivo de alta calidad como resultado de la interacción entre usuarios y conocimiento (Pifarre y Cobos, 2010).

La segunda línea planteada por Onrubia (2007) incluye a los sistemas que gestionan el conocimiento de los estudiantes expresado en forma de ideas. Un ejemplo de este tipo es el sistema DEGREE (Distance Education Environment for Group Experiences), desarrollado por la Universidad Nacional de Educación a Distancia de España. Permite a los usuarios el intercambio de ideas con el objetivo de llegar a acuerdos y elaborar un documento de manera conjunta. Aquí las aportaciones e intervenciones se estructuran en un árbol y a través de él se puede compartir, analizar y reutilizar la información, así como también realizar una amplia variedad de tareas (Barros y Verdejo, 1999). Otro ejemplo de este tipo de software es Belvédère⁷ destinado a la construcción de mapas conceptuales. Este software fue desarrollado por Dan Suthers en la Universidad de Pittsburgh y luego en el Laboratorio de Tecnología de Aprendizaje Interactiva de la Universidad de Hawai (Suthers et al., 1995). Para la construcción de mapas conceptuales el Institute for Human and Machine Cognition (IHMC) de la Universidad de West Florida⁸ desarrolló el software Cmaptools y actualmente se encuentra disponible en múltiples idiomas. Este sistema es de uso libre, presenta una interfase muy

⁶ <http://wise.berkeley.edu>

⁷ <http://belvedere.sourceforge.net/>

⁸ <http://cmap.ihmc.us/>

amigable y en las últimas versiones también ha incorporado la posibilidad de crear mapas conceptuales de manera colaborativa tanto en modalidad asincrónica como sincrónica acompañado de una ventana de chat.

Algunos ejemplos de proyectos que buscan combinar en un mismo software las dos líneas planteadas por Onrubia (2007) son C-Chene, Synergeia y Compendium. C-Chene originalmente fue desarrollado para la enseñanza de la Física y combina espacios para la interacción entre los estudiantes con herramientas gráficas que permiten representar las discusiones (Baker y Lund, 1997). Synergeia⁹ fue desarrollado dentro del proyecto “Innovative Technologies for Collaborative Learning and Knowledge Building” (ITCOLE) de la Unión Europea. Es un sistema que combina un componente asincrónico para el intercambio de archivos e ideas con un componente llamado MapTool sincrónico que proporciona información gráfica. Por último, Compendium es un entorno para la colaboración y representación visual del conocimiento que fue creado por “Knowledge Media Institute (KMi) de Open University”¹⁰. Contiene un conjunto de herramientas que posibilitan interacciones sincrónicas en una sala de Chat y una pantalla o espacio visual compartido en el cual se pueden crear mapas conceptuales hipertextuales de manera colaborativa.

Hasta aquí hemos presentado diferentes desarrollos tecnológicos que pueden sostener actividades colaborativas concretas. Muchos de los desarrollos mencionados pueden ser utilizados para la enseñanza de las ciencias a través de la constitución de aulas virtuales. Según los objetivos pedagógicos y las características epistemológicas del contenido, es posible adaptar diversos recursos y así estructurar un recorrido de aprendizaje a través de las **aulas virtuales**. Éstas brindan oportunidades para establecer un tipo de comunicación diferente mediado por la escritura, y permite la creación de entornos colaborativos de aprendizaje (Linn, 2002). En estos entornos, el lenguaje y la interacción social toman un lugar primordial en la construcción de significados. Por consiguiente, las aulas virtuales se constituyen en verdaderos ambientes y escenarios educativos en los cuales los

⁹ <http://bscl.fit.fraunhofer.de/>

¹⁰ <http://kmi.open.ac.uk/>

roles de docente y alumno adquieren nuevos perfiles. El rol docente se traduce en un acompañante cognitivo y el proceso de comunicación en una experiencia de interacción como intercambio y negociación de sentidos en ambientes virtuales y colaborativos de aprendizaje, como un mediador entre el sujeto que aprende y el campo científico disciplinar.

Existen numerosas aulas virtuales, algunas utilizan paquetes de software comerciales denominados Blackboard Learning Management System (LMS), o LMS de software libre (Beatty y Ulasewicz, 2006). En esta tesis se trabajó en particular con un aula virtual en la plataforma Moodle (Module Object-Oriented Dynamic Learning Environment) de software libre creada por Martin Dougiamas en el año 2002¹¹. Esta plataforma permite no sólo la estructuración de los contenidos, sino que también da lugar a la comunicación e interacción de los estudiantes por medio de foros, el trabajo en grupos colaborativos a través de wikis, el seguimiento de los estudiantes a través de tareas, etc.

2.1.4.2 Las investigaciones educativas en CSCL

En cuanto a las investigaciones en procesos de CSCL se podría afirmar que dependen del marco teórico psicológico desde el cual los investigadores interpretan los procesos de aprendizaje. Así, los procesos de aprendizaje colaborativo pueden tomar al menos dos significados opuestos si se lo interpreta desde la psicología cognitiva o desde la perspectiva sociocultural. Desde la psicología cognitiva, los investigadores interpretan a la interacción social como la posibilidad de provocar conflictos cognitivos y se benefician de la relación social al “interiorizar” la actividad individual externa. Por su parte, quienes estudian el proceso de la colaboración desde la perspectiva sociocultural, interpretan la influencia social como la oportunidad que tienen las personas de recibir apoyo de otros más expertos y el beneficio de dicha relación se vincula con la posibilidad de una apropiación personal de la actividad compartida (Onrubia et al., 2008).

¹¹ //moodle.org

Estas dos tendencias se vieron reflejadas en las investigaciones que se enfocaron en conocer cómo funcionan los individuos en un grupo. Esta pregunta muestra la tendencia de los 70-80 en la cual se entendía a la cognición como un producto de los procesadores de información individual, y el contexto de la interacción social era considerado más como un escenario de la actividad individual que como el objeto de investigación. En términos de investigación, el objetivo era establecer bajo qué circunstancias el aprendizaje colaborativo era más efectivo que el aprendizaje individual a través del control de variables independientes (tamaño del grupo, composición del grupo, naturaleza de la tarea, medios de comunicación, etc.). Se podría decir que se buscaba conocer cuáles eran los efectos de la tecnología y del trabajo grupal en los individuos (Salomon et al., 1991). Sin embargo, estas variables interactúan entre sí, por lo tanto se torna casi imposible establecer los vínculos entre las condiciones y los efectos de la colaboración.

Actualmente, se investigan *las propiedades de la interacción* que emergen del trabajo colectivo, y el grupo por sí solo pasó a ser la unidad de análisis. Desde esta perspectiva, las investigaciones se enfocan menos en establecer parámetros para una efectiva colaboración y más en tratar de entender el rol de las variables que median las interacciones. En resumen, el foco ya no se centra en conocer lo que ocurre en “las cabezas” de los individuos aprendices, sino en lo que sucede entre ellos y el espacio de trabajo durante sus interacciones (Stahl et al., 2006). Es decir que se pasó de investigar lo que una persona aprende y puede transferir a otra situación trabajando con la computadora y con otras personas, a estudiar lo que una persona puede lograr en sinergia con una computadora y con otras personas (Salomon et al., 1991).

Dentro de las investigaciones orientadas a las intervenciones, se identifica a France Henri como la pionera en el desarrollo de criterios para el análisis del contenido de las intervenciones de los estudiantes. En 1992 Henri estableció cinco dimensiones para ello: la dimensión participativa (número de intervenciones de cada estudiante); la dimensión interactiva (interconexión y referencias mutuas); la dimensión cognitiva (nivel y tipo de procesamiento de la información); la

dimensión metacognitiva (conocimiento y habilidades metacognitivas demostradas por los participantes) y por último la dimensión social (aportes que no se relacionan con la tarea). Este modelo permitió el desarrollo de numerosas investigaciones posteriores, sin embargo ha sido criticado por no considerar a los procesos de co-construcción. Estos procesos sí fueron estudiados por Gunawardena et al. (1997) quienes propusieron analizar la construcción colaborativa del conocimiento a través de cinco categorías: compartir/comparar; no acordar; negociar/co-construir; modificar la propuesta y presentar una síntesis, y afirmar/aplicar la nueva co-construcción de significados. Sin embargo, esta propuesta de clasificación solo considera las intervenciones de los estudiantes dejando afuera los aportes del docente.

Garrison y Anderson (2005) plantean un marco teórico que tiene en cuenta tanto a los estudiantes como a los docentes. Estos autores indican que en toda situación educativa se establece una comunidad de aprendizaje entre un grupo de profesores y estudiantes que interactúan con el objetivo de facilitar, construir y validar la comprensión. En estas comunidades se promueve la reflexión y el discurso crítico. Cuando una comunidad de aprendizaje se encuentra mediada por TIC en una modalidad a distancia presenta características particulares, ya que la comunicación es de base textual. Al respecto destacan que la escritura promueve interacciones más conscientes entre las personas, ya que en el contexto virtual los estudiantes tienen mayor cantidad de tiempo para reflexionar, para explayarse y para ordenar las ideas que se quieren expresar. A su vez, una comunidad de aprendizaje puede convertirse en una *comunidad de investigación*¹². Esto ocurre cuando se ofrece un entorno en el cual los estudiantes pueden asumir la responsabilidad de su propio aprendizaje negociando los significados, reconociendo aquellos aspectos que se necesitan aprender y cuestionando las creencias aceptadas. En estas comunidades el aprendizaje ocurre a través de las interacciones de tres tipos de presencias, la presencia cognitiva, la presencia social y la presencia docente (Figura 2.1). A continuación profundizaremos en las características principales de cada una de estas presencias.

¹² <http://communitiesofinquiry.com/>



Figura 2.1: Representaciones de las interacciones que ocurren en una comunidad de investigación. Modificado de Garrison et al. (2000).

Presencia cognitiva

Es definida como el “punto hasta el cual los estudiantes son capaces de construir significado mediante la reflexión continua en una comunidad de investigación”. Se presenta como una condición del pensamiento reflexivo y el aprendizaje de alto nivel y hace referencia al entorno intelectual que da lugar a un discurso crítico a través del cual se promueve el análisis, la reflexión, la construcción y la comprensión de significados. Esta presencia se explica a través de un modelo teórico que incluye cuatro fases cognitivas en el proceso de resolución de problemas. La primera fase es “el hecho desencadenante” la cual hace referencia a la situación que estimula o despierta el interés en los estudiantes. La segunda es “la exploración” que implica entender la naturaleza del problema y luego buscar la información relevante y las posibles explicaciones. La tercera fase corresponde a “la integración” la cual plantea la construcción de los significados a través de la reflexión y el pensamiento crítico. La última fase es “la resolución” del problema.

Presencia social

Es la capacidad de los participantes en una comunidad de investigación de proyectarse a sí mismos social y emocionalmente como personas “reales”. Dentro de la presencia social se pueden identificar tres grandes tipos de interacciones: a) rasgos de la comunicación afectiva que hacen referencia a la expresión de emociones y permiten el establecimiento de relacionares socio emocionales imprescindibles en una comunidad; b) de comunicación abierta, la cual crea un contexto de confianza y respeto, para cuestionarse y cuestionar, y así promover la reflexión y el discurso crítico c) de comunicación cohesiva, que contribuyen a la cohesión del grupo, son mensajes que ayudan a establecerse como un “equipo”. En el contexto asincrónico de una comunicación de base textual, la presencia social se torna un gran desafío, ya que en la virtualidad no se cuenta con las tradicionales pistas procedentes del lenguaje corporal y de la entonación que ayudan a interpretar los “sentidos” de los mensajes. Una manera de superar esta limitación es a través del uso de saludos, expresiones de ánimo, énfasis paralingüístico como emoticones, mayúsculas, puntuación, viñetas, etc. Es importante destacar que la presencia social es un elemento primordial ya que funciona como soporte para la presencia cognitiva facilitando indirectamente los procesos de pensamiento crítico (Garrison et al., 2000).

Presencia docente

La presencia docente se caracteriza por dos funciones principales, una de ellas es la función inherente al rol docente es decir la enseñanza y la segunda es la posibilidad de actuar como facilitador, la cual puede ser compartida con otros participantes o incluso con los estudiantes (Garrison et al., 2000). En cuanto a la enseñanza, desde esta mirada se hace referencia a las intervenciones deliberadas que realiza el docente de manera directa y pro-activa para dar soporte a una experiencia de aprendizaje. Así, el docente o tutor en una comunidad de aprendizaje es quien diseña y organiza la macroestructura del proceso, facilita y orienta los procesos cognitivos y sociales, y como su rol lo define “enseña”. El diseño y la organización de un curso tienen lugar a través de la selección y

secuenciación de contenidos, estrategias y actividades de aprendizaje, no de manera prescriptiva sino desde una perspectiva flexible que busca organizar las experiencias de aprendizaje. En cuanto a la función de facilitación, este tiene lugar principalmente en relación al discurso, y constituye uno de los elementos centrales en las comunidades de aprendizaje mediada a través de aulas virtuales, lo que implica reconocer el rol de las comunidades como potenciadoras de la construcción de significados. Establecer y mantener una comunidad basada en el aprendizaje requiere de interacciones de calidad y centradas en la temática que se esté abordando. A su vez, es necesaria la presencia del docente pero respetando el hecho de que la comunidad de aprendizaje tiene que ser auto sostenible. Esta condición determina un rol docente centrado en promover y no dirigir el discurso dando cabida a las voces de los estudiantes quienes de este modo, toman un papel activo en las discusiones. Su tarea se centra en evitar el monopolio de la palabra, moderando el debate a través de identificar las relaciones de acuerdo o desacuerdo entre los aportes de los estudiantes.

Otras preguntas que se han estudiado desde las investigaciones desarrolladas en el marco de CSCL tienen que ver con el aprendizaje de los conceptos específicos; el logro del cambio conceptual; la incidencia en el desarrollo del razonamiento complejo; los niveles de argumentación y las habilidades metacognitivas; el lugar que tienen los procesos de indagación en el aprendizaje de las ciencias mediados por CSCL; y por último se han estudiado aspectos motivacionales (Waldegg, 2002). Con el paso del tiempo los trabajos en el área de CSCL han superado las limitaciones de investigar solo los vínculos entre las condiciones del entorno y los efectos de la colaboración. A su vez, este cambio en el objeto de estudio también transformó la metodología utilizada para la obtención de los datos. Los estudios iniciales fueron de corte cuantitativo como por ejemplo, contabilizar el número de mensajes, la cantidad de palabras, para compararlas con los resultados obtenidos en las evaluaciones sumativas. Esta tendencia a comparar lo virtual versus lo real-presencial, fue reemplazada por investigaciones preocupadas en conocer en profundidad lo que ocurría en la virtualidad, buscando interpretar los procesos de aprendizaje a través de una combinación de métodos basados en el análisis de contenido y datos cuantitativos.

Referentes teóricos

2.2 Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)

El ABP es una estrategia que permite el estudio de diferentes contenidos a través de la búsqueda colaborativa de soluciones para una situación problemática. El rol de los docentes en este proceso es el de actuar como tutores o facilitadores (Barrows, 2002; Torp y Sage, 2002). Este enfoque que en inglés es conocido como “Problem-Based Learning (PBL)” tiene una larga historia y se lo puede relacionar con varios enfoques de enseñanza que sitúan al aprendizaje en la resolución de una tarea. Esto puede evidenciarse en la primera publicación de la revista *Science Education* de 1916 (llamada en sus primeros años *General Science Quarterly*). Allí Jhon Dewey publicó el artículo “Method in Science Teaching”, en el cual posiciona a los problemas como “esenciales para la enseñanza de las ciencias”. Este autor junto con Kripatrick son considerados como los pioneros en argumentar la importancia de la experiencia práctica en el aprendizaje. En particular, Dewey plantea que el conocimiento es una herramienta y como tal no solo importa saber qué sino también cómo y cuándo utilizarlo. El ABP es parte de estas corrientes, ya que los estudiantes aprenden a través de la resolución de un problema y de la reflexión sobre su experiencia vivida (Hmelo-Silver, 2004).

El ABP tiene sus orígenes en las décadas de los 60-70 con un grupo de educadores en medicina de la Universidad McMaster¹³ en Canadá. Ellos buscaron una metodología renovada de enseñanza que les permitiera responder a las nuevas demandas de la práctica profesional. Se requería un perfil de egresados con habilidades para la solución de problemas, lo cual incluía la habilidad para acceder a información, plantear posibles hipótesis y probar esas hipótesis con información adicional. La Facultad de Ciencias de la Salud creó una propuesta educativa innovadora que fue implementada a lo largo de los tres años de su plan curricular, y la primera promoción de médicos que egresaron con este sistema se graduó en 1972 (Lee y Chiu-Yin, 1997).

La escuela de medicina de Maastricht¹⁴ (Holanda) en 1974 fue la segunda en utilizar al ABP como metodología instruccional (Van Der Vlueten et al., 1996). En la misma época, la Universidad de Michigan implementó un curso basado en ABP en su currículo preclínico y la Universidad de Newcastle (Australia) creó su escuela de medicina e incorporó ABP en su estructura curricular. En los 80' otras escuelas de medicina empezaron a desarrollar planes estructurados en base al ABP. La universidad que lideró esta tendencia fue la de New Mexico (Estados Unidos). Un poco más tarde otras escuelas asumieron el reto de transformar su plan curricular completo en una estructura ABP. Las universidades líderes en esta empresa fueron la de Hawaii, Harvard y Sherbrooke (Morales Bueno y Landa Fitzgerald, 2004).

La utilización del ABP no se circunscribió a las carreras de medicina, sino que se introdujo en otras áreas de conocimiento, tal como puede observarse en el sitio Web creado por la Universidad de Buffalo del estado de New York¹⁵, el cual presenta una extensa colección digital de casos o situaciones problemáticas (Kendler y Grove, 2004). A su vez, la escuela de medicina de la Universidad de Southern Illinois ha desarrollado materiales curriculares para diversas disciplinas¹⁶. Por otra parte, se registran numerosos ejemplos de incorporaciones

¹³ <http://www.mcmaster.ca/home.cfm>

¹⁴ <http://www.maastrichtuniversity.nl/web/Main/Education/EducationalProfile/ProblemBasedLearning.htm>

¹⁵ <http://sciencecases.lib.buffalo.edu/cs/collection/>

¹⁶ <http://www.pbli.org/>

del ABP en los currículos universitarios como la Universidad de Delaware¹⁷, la Academia de Matemática y Ciencias de Illinois¹⁸ y la Universidad de Samford en Birmingham (Alabama)¹⁹ la cual implementó el ABP para los currículos de artes, ciencias, economía, educación, enfermería y farmacia. En síntesis el ABP se ha utilizado en múltiples dominios de la medicina (odontología, enfermería, radiología, paramédicos, etc), educación, ingeniería química, economía, arquitectura, y en la formación docente (Savery, 2006).

Asimismo, el ABP también se ha comenzado a aplicar en otros niveles educativos. Al respecto podemos destacar a modo de ejemplo el trabajo desarrollado por Vasconcelos (2012) quien presenta una experiencia de ABP desarrollada en Portugal en una temática de educación ambiental con estudiantes de escuela secundaria de entre 12 y 15 años. Trabajó con 24 estudiantes divididos en grupos de 6 integrantes. En cada encuentro les solicitó a los estudiantes que completaran evaluaciones con diferentes instrumentos y les realizó entrevistas de reflexión a los docentes para conocer cómo la propuesta de trabajo con ABP favorecía el desarrollo de competencias como la capacidad de aplicar conocimientos y habilidades en la solución de problemas cotidianos del medio ambiente; la capacidad oral y escrita para comunicarse, el aprendizaje autodirigido; la capacidad de buscar y organizar la información, la capacidad para seleccionar una estrategia para resolver el problema; autonomía y responsabilidad; y la capacidad para trabajar en grupo de manera colaborativa. La autora encontró que todas estas competencias fueron desarrolladas. La construcción de conocimiento fue el aspecto que presentó un aumento mayor, ya que los estudiantes entendieron las implicaciones ambientales, económicas, y sociales de la situación problemática. A su vez, aumentó la capacidad para trabajar en grupo de manera colaborativa, principalmente en las últimas fases. Sin embargo, un factor negativo destacado por los docentes en las entrevistas fue el comportamiento y la disciplina de los estudiantes, ya que el trabajo en el aula se tornó “muy ruidoso”.

¹⁷ <http://www.udel.edu/pbl/>

¹⁸ <http://www.imsa.edu/center/>

¹⁹ <http://www.samford.edu/pbl/>

Por último, en relación a esta extensa aplicación del ABP, es importante destacar la advertencia aportada por Savery (2006) quien indicó que en ciertas ocasiones se han desarrollado propuestas con errores conceptuales. Algunos de ellos son:

- Confundir al ABP con otras aproximaciones curriculares que trabajan con resolución de problemas.
- Adoptar una propuesta de ABP sin tener el suficiente personal.
- Falta de investigación y desarrollo sobre la naturaleza y el tipo de problemas a utilizar.
- Insuficiente inversión en la renovación y preparación de recursos de aprendizaje.
- Utilización de métodos de evaluación inapropiados que no coinciden con los resultados del aprendizaje buscado.
- Estrategias de evaluación que no se centran en los temas clave de aprendizaje y que se aplican demasiado tarde.

2.2.1 La estructura del ABP

El ABP busca organizar el aprendizaje a través de un ciclo de actividades que se desarrolla en pequeños grupos colaborativos, y cuya meta principal es resolver un problema (Torp y Sage, 2002). Es por ello que un rasgo distintivo del ABP es su compromiso con los problemas, los cuales deben estar pensados para obligar a los estudiantes a realizar una búsqueda de información que les permita aprender aspectos teóricos y prácticos ineludibles para la construcción de la solución. Estos aspectos por aprender no se limitan a contenidos, sino que contemplan también el desarrollo de habilidades intelectuales transferibles. Enfocar los procesos de enseñanza y aprendizaje desde esta postura resulta un planteo contrario a la enseñanza tradicional, la cual primero introduce los conceptos y luego presenta problemas de aplicación de estos nuevos conceptos.

En el ciclo del ABP se presenta un problema contextualizado a pequeños grupos de estudiantes, para analizarlo y reformularlo en función de los hechos relevantes a partir del contexto en el cual está planteado (Figura 2.1). A su vez, se proporciona un mínimo de información sobre el problema, por lo que son los estudiantes

quienes tienen que solicitar la información que estimen necesaria. Durante la resolución del problema reflexionan más allá de los datos que han colectado, generando preguntas acerca de esos datos e hipótesis, de los mecanismos que podrían explicarlos, e identifican qué conocimiento no poseen y necesitan tener para resolverlo, lo cual crea las condiciones para un proceso de aprendizaje auto dirigido (AAD) del inglés “Self-Directed Learning (SDL)” (Torp y Sage, 2002). Luego de analizar de manera grupal al problema a partir de su conocimiento intuitivo, investigan desde roles diferentes y de manera individual aquellos aspectos que son necesarios conocer, evaluar, comparar, etc. A continuación se reagrupan para compartir lo que aprendieron, reconsiderar sus hipótesis y generar otras a la luz de su nuevo aprendizaje, es decir, se reúnen en grupos para construir conocimiento de manera colaborativa. Por último, reflexionan sobre el problema, el proceso llevado a cabo para su resolución y el trabajo colaborativo.

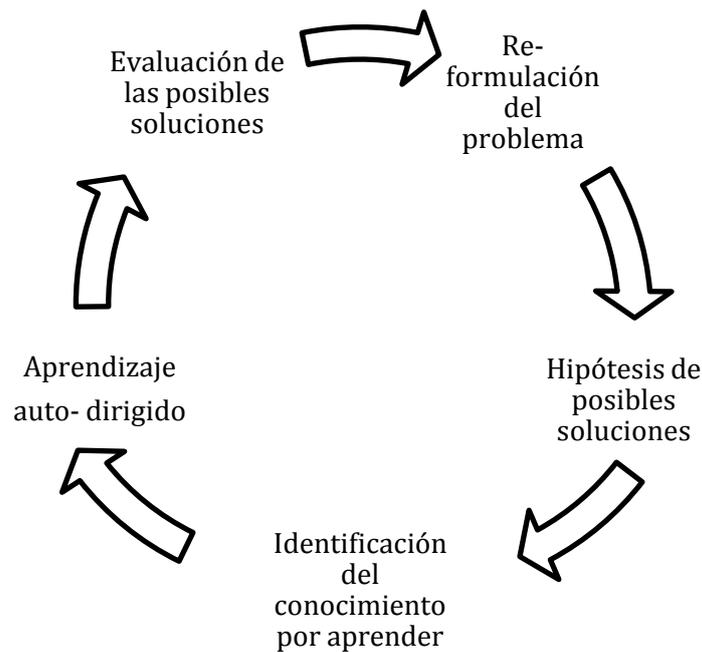


Figura 2.2: Representación de un ciclo de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP).

A través de la reflexión los estudiantes logran comprender la relación entre su aprendizaje y los objetivos de la resolución del problema. Este proceso ayuda a los estudiantes a realizar inferencias, identificar aquellos aspectos deficientes en sus conocimientos y transferir a nuevas situaciones las estrategias de resolución de problemas y de AAD desarrolladas así como también el nuevo conocimiento. Por lo

tanto, reflexionar ayuda a los estudiantes a relacionar su nuevo conocimiento con sus ideas previas, hacer consciente el conocimiento abstracto y comprender cómo su aprendizaje y las estrategias de resolución de problemas pueden re-aplicarse (Hmelo-Silver, 2004).

Desde la perspectiva del ABP, el profesor se desempeña como un tutor o facilitador que guía el desarrollo de herramientas de pensamiento de nivel superior. Por lo tanto, juega un rol importante en la elaboración de la solución del problema y en la promoción del AAD. El profesor puede utilizar una variedad de estrategias, por ejemplo, solicitar a los estudiantes que justifiquen sus posturas y que así expongan las explicaciones de su razonamiento. Asimismo, les puede ayudar a identificar cuál fue el aspecto que les permitió conocer, qué necesitaban aprender, favoreciendo que externalicen su autoreflexión. Otra estrategia de organización que pueden ofrecer es la utilización de “pizarras en blanco” para ir colocando allí sus ideas según: a) los hechos que necesitan conocer; b) las ideas o hipótesis que se les van ocurriendo como posibles soluciones; c) los aspectos de aprendizaje necesarios y d) el plan de acción (Torp y Sage, 2002). También pueden utilizar la estrategia de preguntar cómo relacionan las hipótesis generadas (relaciones causa-efecto) con el objetivo de ayudarlos a elaborar una explicación del mecanismo causal (Hmelo-Silver y Barrows, 2006).

Por otra parte, se puede asumir que la estructura de trabajo en grupos pequeños propuesta por el ABP potencia las capacidades individuales. Así, a través del trabajo en grupos colaborativos se pueden resolver situaciones problemáticas que normalmente serían muy difíciles de abordar de manera individual. Algunas de las actividades que se realizan en el marco del ABP y que ayudan a trabajar de manera colaborativa es la escritura en cooperación, la enseñanza recíproca y el uso de roles. Una ventaja que ofrece el trabajo desde roles claramente definidos es que personalizan el aprendizaje y hacen que los estudiantes se sientan “dueños” del problema (Torp y Sage, 2002). Estas experiencias colaborativas colocan a los estudiantes en una posición epistémica, ya que a través de la interacción dialógica se produce un encuentro de voces, una oportunidad para generar de manera

conjunta (con el otro) nuevos significados. Por lo tanto, estos espacios colaborativos actúan como dispositivos de pensamiento.

Así, el ABP permite que los estudiantes establezcan conexiones sustantivas autogeneradas y por lo tanto percibidas como no arbitrarias entre la nueva información y el conocimiento previo, lo cual facilita la comprensión. Si el problema que deben resolver toma significado, se promueve una disposición afectiva positiva y motiva a los alumnos. Por otro lado, a través del trabajo en grupos colaborativos se crean las condiciones para un aprendizaje social, como resultado de la interacción comunicativa (Hmelo-Silver, 2004). Por lo tanto, la *naturaleza del problema* y el *trabajo colaborativo* constituyen dos elementos claves de esta estrategia.

En relación al trabajo colaborativo, ya hemos presentado en la sección de TIC sus características, condiciones, beneficios y formas de estudiarlo. Así como también hemos expuesto cómo se conceptualiza a la coloración en esta tesis (Sección 2.A.3). Es por ello que a continuación nos centraremos en el concepto de problema. Éste ha tomado diversos significados según la fuente teórica desde la cual se lo analice, por lo tanto discutiremos aquí el significado de este concepto.

2.2.1.1 ¿Qué se entiende por problema?

Una referencia clave para hablar de problemas proviene de la educación en matemática a través de George Polya, quien escribió en 1945 el libro "Cómo plantear y resolver problemas". Allí, el autor indica que resolver problemas requiere justificar y también a veces realizar demostraciones (no solamente aplicar un algoritmo), y lo considera un proceso de aprendizaje así como un objetivo en sí mismo y como una técnica básica que es necesario desarrollar (Gaulin, 2000).

En la didáctica de las ciencias se registran numerosos artículos científicos que reseñan las diferentes acepciones que ha tomado el concepto de problema.

Retomaremos aquí algunos de estos aportes en pos de establecer el estado de la discusión.

Sigüenza y Sáez (1990) presentan una recopilación de definiciones de problema entre las que se destacan:

“una situación estimulante para la cual el individuo no tiene respuesta, es decir, el problema surge cuando el individuo no puede responder inmediata y eficazmente a la situación” Woods et al. (1985).

“un problema necesariamente debe ser una situación para la cual no hay una solución evidente” Gil et al. (1988).

“una persona considerará a una situación como un problema en función de sus ideas y conocimientos previos, o sea que es totalmente subjetivo” Garret (1986).

Estas definiciones resultan contemporáneas al interés por el estudio de las ideas previas que tomó un lugar central en las investigaciones en didáctica de las ciencias. En consecuencia, se puede observar en las definiciones antes reseñadas cómo el problema se entiende en función de las ideas previas de los estudiantes que deben resolverlo.

Según Sigüenza y Sáez (1990), en el contexto áulico un problema puede definirse como:

“una situación cuya solución requiere que el sujeto analice unos hechos y desarrolle razonadamente una estrategia que le permita obtener unos datos (numéricos o no), procesar estos datos (relacionarlos entre sí y con los hechos), interpretarlos y llegar a una conclusión (respuesta)”.

Por su parte, Aznar y Orcajo (2005) realizan una revisión similar y aportan las siguientes definiciones:

“un desafío, una situación sin solución y que no puede resolverse de manera inmediata” (Watts, 1994).

“una situación o tarea que en el comienzo no tiene una solución evidente y requiere una investigación” (varios autores).

Por último, Gaulin (2000) propone entenderlos como:

“situaciones donde hay que reflexionar, buscar, investigar, donde para responder hay que pensar mucho, es decir, son situaciones en las cuales los alumnos deberán trabajar y no será suficiente aplicar un algoritmo o una fórmula, para resolverlo tendrán que pensar y definir una estrategia”.

Estas definiciones se focalizan en los procesos que debe exigir una situación para ser considerada como un “problema”.

Por otra parte, así como son diversas las definiciones de problema, también es diversa la clasificación de tipos de problemas. En este sentido, Sigüenza y Sáez (1990) reseñan que una de las clasificaciones posibles es la propuesta por Frazer en 1982, quien distingue a los problemas en artificiales o reales. Los artificiales serían aquellos que tienen una respuesta conocida para quien los plantea, ya sea el profesor, el libro de texto, etc.; mientras que los problemas reales serían aquellas situaciones que no tienen una respuesta conocida de antemano e incluso puede que ésta no exista.

Pozo y Gómez Crespo (1998) clasifican a los problemas en cualitativos (problemas abiertos en los cuales se busca predecir, explicar y analizar situaciones mediante razonamientos teóricos sin necesidad de cálculos matemáticos o manipulaciones experimentales), cuantitativos (estos problemas requieren la manipulación de datos numéricos) y pequeñas investigaciones (situaciones problemáticas que para ser resueltas exigen llevar a cabo un trabajo práctico).

Las diferencias entre trabajar con problemas abiertos y trabajar con problemas cerrados fueron analizadas por Goel (1992), quien organizó la discusión en torno a cuatro diferencias sustantivas que se resumen en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1: Principales diferencias de trabajo entre problemas abiertos y problemas cerrados propuestas por Goel (1992).

	Problemas cerrados	Problemas abiertos
Limitaciones	Lógicas o constitutivas de la tarea	Nomológicas (muchas de ellas son de tipo social, económica y cultural)
Grado de complejidad	Simples y de resolución rápida	Complejos y suelen tomar más tiempo para resolver
Líneas de descomposición de la solución	Están determinadas por la estructura lógica del problema	Están determinadas por la estructura física del mundo, las prácticas dentro de una comunidad y las preferencias personales
Interconexiones	Lógicas	Son contingentes, y brindan una gran libertad para determinar cuáles atender y cuáles ignorar

Otra clasificación es la resumida por Aznar y Orcajo (2005) a partir de los aportes de Stewart, quien en 1988 diferenció a los problemas causa-efecto de los problemas efecto-causa. En los “causa-efecto” los datos son conocidos y se solicita una solución específica. Estos problemas son llevados a cabo en un contexto de verificación de conocimientos y se resuelven con alguna estrategia de manera mecánica, como puede ser la aplicación de un cuadro de Punnett en problemas de Genética. En los “efecto-causa”, la solución se debe deducir desde los efectos o desde las causas. Éstos pueden ser considerados verdaderos problemas ya que obligan al estudiante a poner en juego su propio conocimiento, a proponer hipótesis y aplicar diferentes estrategias de resolución. Luego Stewart y Rudolph en el año 2001, identificaron dos tipos de problemas: los “problemas data-model fit” (los estudiantes deben identificar qué modelo se ajusta a los datos proporcionados) y los “problemas conceptuales” (los estudiantes deben corroborar la coherencia conceptual de su modelo explicativo así como sus debilidades y contrastarlo con otros conocimientos científicos). A su vez, las investigaciones referidas a la aplicación de cada uno de estos tipos de problemas indican que mientras los problemas data-model fit solo reproducen patrones y no crean comprensiones de significado, los problemas conceptuales son abiertos y suponen el desarrollo de habilidades referidas a procesos de investigaciones como la creatividad y la metacognición.

Johnstone (2001) propone otra clasificación según las diferentes combinaciones entre las formas de presentar los datos, los métodos a utilizar para resolver el problema y los objetivos que se persiguen, así delimita por lo menos ocho tipos de problemas posibles. En un extremo estarían aquellos que responderían al concepto de “ejercicios” en los cuales están todos los datos, la metodología de resolución es conocida y los objetivos están claramente definidos, es decir que sólo requiere de la aplicación de los procedimientos adecuados para resolverse. En el extremo opuesto se encontrarían aquellos problemas que no presenta todos los datos ni los valores de las situaciones iniciales, la metodología a seguir para resolverlo no está clara y debe ser construida por los estudiantes y a su vez la meta final a alcanzar o el resultado no está previamente definido. La Tabla 2.2 ilustra los diferentes tipos de combinaciones posibles.

Tabla 2.2: Clasificación de tipos de problemas propuesta por Johnstone (2001).

Tipo	Datos	Método de resolución	Objetivos
1	Completos	Familiar	Definidos
2	Completos	No Familiar	Definidos
3	Incompletos	Familiar	Definidos
4	Completos	Familiar	No definidos
5	Incompletos	No Familiar	Definidos
6	Completos	No Familiar	No definidos
7	Incompletos	Familiar	No definidos
8	Incompletos	No Familiar	No definidos

Más allá del tipo de la clasificación que se utilice, lo que parece claro es que cualquier situación no constituye un “buen problema” a la hora de enseñar y aprender. Desde el ABP, los problemas necesitan ser complejos, abiertos, realistas, interdisciplinarios y resonantes con las experiencias de los estudiantes para permitir su motivación intrínseca (Hmelo-Silver, 2004). Los problemas abiertos admiten varias soluciones, no indican qué conceptos y qué reglas deben aplicarse para ser resueltos. Este tipo de situaciones son las que invitan a pensar, ya que no existe una respuesta o solución predeterminada a la cual se debe llegar, sino que por el contrario el aporte de cada uno se convierte en oportunidades para analizar el problema y elaborar una solución. Por lo tanto, estos problemas funcionan dialógicamente, ya que permiten un número indefinido de respuestas aceptables y abren el campo a las ideas de los estudiantes. Así, se podría decir que estos

problemas potencian la polifonía, es decir, la presencia de diferentes voces, puntos de vistas o perspectivas (Wertsch, 1999).

Asimismo, el carácter interdisciplinario de los problemas que se utilizan en el ABP promueve una integración de diversos dominios conceptuales (Chin y Chia, 2006). Por último, un buen problema proporciona retroalimentación en el sentido que permite a los estudiantes evaluar el efecto de su conocimiento, razonamiento y estrategias de aprendizaje. En esta tesis trabajaremos desde esta última mirada expuesta en relación a los problemas.

2.2.1.2 Objetivos del ABP

Luego de esta delimitación del concepto de problema, ahora sí podemos introducirnos a los objetivos específicos que se persiguen con el ABP, los cuales son cinco (Hmelo-Silver, 2004):

- 1) Construir una base de conocimiento extensa y flexible.
- 2) Desarrollar efectivas habilidades para la resolución de problemas.
- 3) Desarrollar habilidades de aprendizaje auto dirigido a lo largo de toda la vida.
- 4) Formar colaboradores efectivos.
- 5) Lograr una motivación intrínseca para aprender.

A continuación profundizaremos en cada uno de sus objetivos, presentando cómo pueden alcanzarse a través de procesos educativos centrados en ABP.

La construcción de una base extensa y flexible de conocimiento se logra a través de la discusión de los problemas, así se activan los conocimientos previos relevantes y se facilita el procesamiento de nueva información ya que los estudiantes son capaces de construir nuevo conocimiento cuando pueden relacionarlo con lo que ellos ya sabían (Schmidt et al., 2007).

Por otro lado, en el ABP los estudiantes toman sus propias decisiones sobre qué información recolectar, cómo analizarla y evaluarla. Estas características permiten que cada alumno participe según sea su estilo de aprendizaje (Chin y Chia, 2004).

Así, el ABP proporciona las condiciones necesarias para un aprendizaje significativo, ya que permite que los estudiantes establezcan conexiones sustantivas entre la información que se recibe y el conocimiento previo. Asimismo genera situaciones de conflictos cognitivos, es decir situaciones de desequilibrio a partir de las cuales los alumnos iniciarán un camino metodológico para volver al equilibrio a través de la búsqueda de respuestas, el planteo de nuevos interrogantes, la indagación bibliográfica, etc.

El segundo objetivo, *desarrollar herramientas efectivas para la resolución de problemas* se cumple durante el proceso de redefinición del problema. Allí, se reconocen los aspectos divergentes y las múltiples representaciones que puede tener el problema, se determina qué información y qué herramientas son necesarias y se sintetiza la comprensión alcanzada. Redefinir el problema requiere considerar alternativas de solución y promueve una planificación, reflexión y evaluación de sus propios objetivos de aprendizaje. Como plantean Chin y Chia (2006) en este camino, los estudiantes tienen que:

- (a) articular el espacio del problema y las limitaciones del contexto,
- (b) identificar y clarificar las diferentes opiniones, posiciones y perspectivas,
- (c) generar posibles soluciones,
- (d) evaluar la viabilidad de soluciones alternativas mediante la construcción de argumentos y la articulación con sus creencias personales,
- (e) vigilar el espacio del problema y las opciones de solución,
- (f) aplicar y supervisar la solución,
- (g) adaptar la solución.

Durante este proceso se ponen en juego estrategias metacognitivas y de razonamiento. Las estrategias metacognitivas también son importantes para el tercer objetivo, *“desarrollar de manera auto dirigida herramientas para aprender a lo largo de toda la vida”*, ya que son las herramientas que se necesitan para un aprendizaje autónomo. Se entiende por AAD al proceso que toma lugar cuando los estudiantes asumen la responsabilidad individual de establecer sus objetivos y resultados de aprendizaje, planifican y organizan sus tareas, evalúan su trabajo y construyen significados a partir de él. Se puede definir al AAD con cuatro

dimensiones: a) la autonomía personal: se refiere a una característica o atributo personal de los estudiantes, e implica la independencia, la libertad de elección, y la reflexión racional. Esta autonomía constituye uno de los principales objetivos de la educación en todos los ámbitos y edades; b) la autogestión en el aprendizaje: es la capacidad del alumno para gestionar su propio aprendizaje, es decir el ejercicio de su autonomía en este proceso; c) la búsqueda independiente del aprendizaje: la cual tiene que ver con generar la situación de instrucción y d) el control de la instrucción por parte del estudiante: implica autodidáctica en función de inquietudes de aprendizaje personales fuera del sistema educativo oficial (Candy et al., 1994).

En el ABP hay distintos tipos de sub-herramientas que dan lugar al AAD: primero, los aprendices desarrollan una conciencia metacognitiva de lo que deben hacer y de lo que no saben, segundo identifican qué necesitan aprender para resolver la tarea, y tercero son capaces de planificar su aprendizaje y seleccionar las estrategias apropiadas. En otras palabras, deben decidir el curso de acción que seguirán para el cumplimiento de esos objetivos. Finalmente, llevan a cabo su plan, y en esta instancia deben ser capaces de monitorear y evaluar si se están cumpliendo con los objetivos (Hmelo-Silver y Lin, 2000). Por lo tanto, el ABP provee un entorno excelente para el desarrollo de las habilidades de pensamiento superior (Torp y Sage, 2002). Mediante esta estrategia, los estudiantes llevan adelante indagaciones que implican un pensamiento activo que permite establecer conexiones entre conceptos y construir representaciones mentales. Las habilidades requeridas en la resolución de problemas, tales como formular preguntas de investigación, proponer hipótesis, planear experimentos o sacar conclusiones, involucran actividades cognitivas de orden superior. Algunas de estas actividades que permiten el desarrollo del pensamiento de orden superior y se ponen en juego en el ABP son las de analizar, sintetizar, evaluar, argumentar, hacer comparaciones, resolver problemas no algorítmicos complejos, trabajar con controversias e identificar suposiciones subyacentes (Zohar, 2006).

El cuarto objetivo "*ser un buen colaborador*" significa saber cómo funcionar como parte de un grupo. Esta meta se cumple cuando se establece una base de

conocimiento común, se resuelven diferencias, se negocian las acciones que se llevarán a cabo y se establecen acuerdos (Hmelo-Silver, 2004). El trabajo en grupos colaborativos es coherente con las posturas constructivistas ya que requiere el uso del lenguaje como un mediador, así los aprendizajes resultan de las interacciones con otros. Por lo tanto, se crean las condiciones para un aprendizaje social, como resultado de la interacción comunicativa. A partir de este intercambio los alumnos pueden ampliar, en palabras de Vigotsky su “Zona de Desarrollo Próximo”, es decir esta distancia entre la capacidad individual para aprender y el nivel de desarrollo potencial que se refiere a la posibilidad de aprender con otras personas (Vigotsky, 1995). Por último, cómo resolver problemas complejos de manera grupal supone, en parte, saber cómo crear y aprovechar redes sociales y cómo potenciar el trabajo a partir de las capacidades de los otros. Así, para la realización de una tarea hay una cantidad determinada de trabajo intelectual y esa cantidad puede distribuirse de distinta manera entre las personas y el entorno a fin de expandir la inteligencia, no de repartirla (Pea, 2001).

El quinto objetivo del ABP es promover que los estudiantes *estén motivados intrínsecamente para aprender*, lo cual ocurre cuando los estudiantes trabajan en una tarea que responde a sus intereses, que plantea desafíos o que da una sensación de satisfacción. Los estudiantes están más motivados cuando valoran que ellos están aprendiendo y cuando su actividad educativa está implicada de manera significativa en su vida personal (Hmelo-Silver, 2004).

2.2.1.3 El ABP desde la investigación educativa

Ante la aplicación intensiva del ABP en los currículos de medicina algunos comenzaron a cuestionar si un médico formado a través de esta metodología estaba igual de preparado para la práctica profesional que un médico entrenado a través de los enfoques tradicionales. Esta pregunta dio lugar a un amplio desarrollo de investigaciones (Savery, 2006), y es por ello que la mayoría de la evidencia se registra en el área de la medicina. Son pocos los estudios realizados con otras poblaciones de estudiantes, más bien lo que abunda en la literatura son experiencias de innovación con ABP.

En relación a las investigaciones se registra un vasto número publicadas en diversas revistas de educación. El desarrollo de investigaciones en el área ha permitido la publicación de una revista específica “The Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning²⁰” desde el año 2006. Por otra parte, ante la cantidad de artículos que se publican en relación al ABP, diversos investigadores han realizado estudios de metanálisis, es decir trabajos de revisión bibliográfica en los cuales se resumen y discuten los aportes de las investigaciones publicadas en diferentes períodos. A partir del análisis de estas revisiones bibliográficas, se presenta para cada uno de los objetivos del ABP, los aportes concretos referidos a qué y cómo están aprendiendo los estudiantes con esta estrategia.

1) Construir una base de conocimiento extensa y flexible.

Van Der Vlueten et al. (1996) compararon los aprendizajes logrados con la aplicación del ABP en la escuela de medicina de Maastricht con aquellos alcanzados a través de un currículo diferente. Encontraron que los egresados de esta escuela tenían las mismas capacidades y dominios de conocimientos que los de otras universidades, y a su vez, con el ABP los niveles de deserción disminuyeron. Motivados por la misma preocupación de evaluar la calidad de la formación con ABP, Albanese y Mitchell (1993) y Vernon y Blake (1993) en Savery (2006), realizaron meta-análisis de las investigaciones llevadas a cabo durante un período de 20 años y concluyeron que el ABP era igual a los enfoques tradicionales en términos de pruebas de conocimiento convencionales, sin embargo los estudiantes formados con ABP exhibieron mejores resultados para resolver problemas clínicos.

Desde el marco de la psicología cognitiva Taconis et al. (2001) realizaron una revisión de artículos de educación en ciencias referidos al ABP y combinaron los resultados de dichos estudios con la eficacia del ABP según los aprendizajes logrados. Seleccionaron 22 artículos de investigación publicados desde 1980 en función de la utilización de pre y pos test. A partir de este análisis pudieron

²⁰ <http://docs.lib.purdue.edu/ijpbl/>

establecer que parecen ser más eficaces aquellas estrategias en las cuales los estudiantes explican y dan ejemplos a sus compañeros, por ejemplo a través de hacer diagramas de su propio esquema de pensamiento o utilizando mapas conceptuales. Por el contrario, las estrategias asociadas a efectos negativos fueron aquellas que incluyen el uso de ejemplos ya resueltos, y se concentran en actividades predefinidas (paso a paso) para llegar a la solución, seguida de prácticas numerosas, en las cuales la clave es cumplir la estrategia de resolución proporcionada y no los conocimientos que se encuentra detrás de la estrategia. En cuanto a las condiciones de aprendizaje, se detectó un efecto favorable a la devolución o retroalimentación, ya que ésta proporciona una guía para establecer criterios y conocimientos que permiten construir un esquema de la situación.

Lyle y Robinson (2001) también presentan un metanálisis de investigaciones en ABP. Estas publicaciones registran que para llevar a cabo la resolución de un problema se pone en juego el conocimiento sobre cómo resolver problemas y algunas habilidades o estrategias específicas. Ante un problema se activan esquemas de pensamiento cuando se detecta que la situación responde a un determinado patrón. Las estrategias que se activan pueden ser la capacidad de leer, realizar manipulaciones matemáticas, analizar resultados, revisar que no se pase por alto la información, y probar que el problema presentado fue resuelto. Otras estrategias que se activan incluyen el análisis del problema, la planificación de una posible vía de solución, y la generación de una representación de una situación dada.

A su vez, Hmelo-Silver (2004) resume los aportes de varios estudios de metanálisis realizados en el área de la educación en medicina, y destaca que ante la instrucción con ABP los estudiantes tienen menor rendimiento en exámenes de múltiple opción comparados con aquellos que reciben instrucción tradicional. Sin embargo, al igual que las revisiones antes mencionadas, los estudiantes que trabajan con ABP tienen mejor desempeño en la resolución de problemas clínicos. Asimismo, con un currículo basado en ABP los estudiantes producen hipótesis precisas, explicaciones coherentes, utilizan conceptos científicos en sus explicaciones y presentan un conocimiento flexible, ya que son capaces de

transferirlo a nuevos problemas. Resultados similares encontraron Dochy et al. (2003) a partir de un metanálisis de 43 artículos de investigación, indicando que existiría un fuerte efecto positivo del ABP en la construcción de conocimiento y en el desarrollo de habilidades.

En particular para la formación docente, Derry et al. (2000) encontraron que la aplicación de ABP permite transferir y utilizar de manera flexible los conceptos adquiridos, así como también ayuda a crear una disposición positiva para aprender desde la lectura. A su vez, observaron que los estudiantes aplicaban mayor cantidad de conceptos relevantes y proporcionaban explicaciones más trabajadas.

En el ámbito de la escuela secundaria Sungur et al. (2006) investigaron el efecto de utilizar ABP en el rendimiento académico de estudiantes de décimo grado. Trabajaron con 61 estudiantes de 16 años organizados en dos grupos, 30 estudiantes constituyeron un grupo control que recibió instrucción de manera tradicional y 31 conformaron un grupo experimental que trabajó con ABP. Ambos grupos completaron pre y post test. Encontraron que con el ABP los estudiantes obtuvieron puntuaciones significativamente más altas en términos de logros académicos y habilidades de desempeño que los estudiantes del grupo control. A su vez, en el grupo experimental, los estudiantes fueron más eficientes en el uso y la organización de la información, en la construcción de conocimiento y en el desarrollo de conclusiones. Estos resultados muestran una situación diferente a la registrada en el campo de la formación universitaria en medicina que hemos expuesto anteriormente. Si bien uno podría pensar a priori que en la escuela secundaria los efectos de la aplicación del ABP serían más positivos que en la universidad, para realizar esta afirmación sería necesario contar con más estudios que lo apoyen, ya que en la formación universitaria se registran muchos artículos de investigación e incluso varios trabajos de metanálisis, mientras que en el ámbito de la educación secundaria la presencia de este tipo artículos es minoritaria.

En síntesis se podría decir que las investigaciones en general coinciden en afirmar que el ABP activa el conocimiento previo, promueve la construcción de conocimiento, el desarrollo de habilidades y la aplicación de nuevos conceptos.

Asimismo a la hora de evaluar los efectos del ABP en comparación con otras estrategias, se observa que con el ABP los estudiantes tienen rendimientos iguales o menores si se les aplican instrumentos cerrados de evaluación, sin embargo son más eficientes en la resolución de situaciones problemáticas.

2) Desarrollar efectivas habilidades para la resolución de problemas.

El desarrollo efectivo de herramientas para la resolución de problemas puede observarse a través de dos indicadores, el primero de ellos es la capacidad de definir cuál es el problema, y el segundo es la habilidad para transferir estrategias de razonamiento a nuevos problemas (Hmelo-Silver, 2004).

Pease y Kuhn (2011) indican que el beneficio del ABP pareciera atribuible a la definición de su núcleo, es decir al compromiso con los problemas. Por lo tanto, el aporte del ABP es proporcionar una situación de contexto en la cual se produce el aprendizaje y evitar el almacenamiento de información descontextualizada. Así, ocurre un procesamiento significativo que mejora su recuerdo debido a un mayor número de vías de recuperación. Además, el constante cuestionamiento acerca de lo que se conoce y lo que aún no se sabe acerca del problema, facilita la integración de la nueva información con el conocimiento existente lo cual permite darle sentido, es decir comprenderlo. En este proceso metacognitivo se evalúa lo que se sabe y lo que se necesita saber y a través de esta reflexión los estudiantes logran redefinir el problema y por lo tanto, el valor del ABP estaría en su impacto a nivel metacognitivo. A su vez, el hecho de que el problema plantee controversias pone en juego "preconceptos" y ayuda a que éstos interactúen con los contenidos científicos que se buscan para la solución del problema.

Sin embargo, en otro metanálisis (Newman, 2003 en Savery, 2006) se afirma que las perspectivas existentes en el campo no aportan evidencia de alta calidad que permitan dar respuestas robustas a las preguntas referidas a la eficacia del ABP. A su vez, un artículo similar (Sanson-Fisher y Lynagh, 2005 en Savery, 2006) concluyó que "las pruebas disponibles, aunque con defectos metodológicos, ofrecen poco apoyo a la superioridad del ABP en relación a los planes de estudios

tradicionales. Esta brecha en la investigación sobre la eficacia de la utilización del ABP a corto y largo plazo indica la necesidad de estudios adicionales.

3) Desarrollar habilidades de aprendizaje auto dirigido a lo largo de toda la vida.

Un beneficio atribuido al ABP es que prepara a las personas para ser aprendices durante toda la vida, ya que pone el énfasis en el AAD. El metanálisis realizado por Loyens et al. (2008) indica que las publicaciones presentan resultados mixtos en cuanto a si efectivamente el ABP fomenta el AAD o no. Algunos estudios registran que el ABP fomenta el AAD y muestran que las percepciones de los estudiantes también parecerían apoyar esta conclusión. Sin embargo, otros trabajos indican que a través del ABP solo algunos estudiantes desarrollaron AAD o directamente se señala que no existen evidencias suficientes para afirmar que el ABP promueve el AAD. Un factor que estas publicaciones indican como clave es cómo entienden e interpretan tanto los alumnos como los profesores al AAD. Al respecto Hmelo-Silver (2004) plantea que el AAD es un proceso multifacético y es entendido de diversas maneras por los estudiantes, algunos piensan que es “estudio independiente”, otros reconocen las diferencias y sienten la necesidad de adoptar nuevas estrategias, las cuales interactúan con su historia de aprendizaje previa, las estrategias de autorregulación de aprendizaje, autoeficacia y factores del ABP. Por otra parte, esta autora reseña los resultados de un estudio cualitativo en el cual se observó que quienes tienen pocas estrategias de autorregulación del aprendizaje presentaron dificultades para adaptarse al tipo de aprendizaje requerido en el ABP.

Una idea comúnmente aceptada sobre el ABP es que el contenido del problema y su consecuente discusión tienen una relación directa con el AAD, algunos estudios muestran que los estudiantes con el ABP comienzan a ser más autosuficientes. Una manera de analizar si realmente los estudiantes desarrollan mejores estrategias de AAD con el ABP es estudiar cómo planifican su aprendizaje y cómo integran el nuevo conocimiento para resolver el problema. Al respecto se ha encontrado que los estudiantes utilizan sus hipótesis para planificar su propio

aprendizaje e integran mejor la nueva información en sus explicaciones. A su vez, eligen mejores y variadas fuentes de información. Sin embargo, la investigación sobre el AAD siempre se ha realizado en el ejercicio profesional de la medicina, por lo que para saber cuál es su efecto en otros contextos se requiere de nuevas investigaciones

4) *Formar colaboradores efectivos.*

Hay poca investigación sobre cómo los estudiantes se convierten en eficaces colaboradores. Por el contrario, la investigación se ha centrado en los factores que impactan en cómo los estudiantes aprenden en colaboración (Hmelo-Silver, 2004).

Dolmans y Schmidt (2006) realizan una argumentación a favor de que los grupos de trabajo en el ABP pueden considerarse ejemplos de trabajos grupales colaborativos ya que cumplen con los requisitos expuestos por Van Der Linden et al. (2000) para el trabajo colaborativo. En el ABP el *objetivo común* es la solución del problema planteado y la adquisición de mayor comprensión de la asignatura desde la cual se está analizando el problema a través del AAD. A su vez, los estudiantes intentan llegar a un entendimiento común sobre los aspectos discutidos en el grupo, lo cual no implica que todos deben estar totalmente de acuerdo, de hecho pueden discutir las diferentes interpretaciones de la situación, es decir que *necesitan llegar a acuerdos a través de la interacción*. Los estudiantes *son mutuamente dependientes* en el sentido de que dependen unos de otros del estudio individual que cada uno realiza, de su compromiso para con la tarea y de su actitud. Finalmente en muchos grupos de ABP, cada uno de los estudiantes va realizando de manera rotativa tareas diferentes “dirigir la conversación” o “escribir las conclusiones”, lo cual no significa dividirse las tareas en el sentido de que cada uno estudia una parte sino que realmente se encuentran las *responsabilidades compartidas*.

Hmelo-Silver (2004) resume que para algunos estudios el funcionamiento del grupo se ve afectado por la calidad del problema y el desempeño del tutor, pero no por el conocimiento previo. Si bien se observa que ocurre colaboración cuando

todos los estudiantes contribuyen con diferentes partes de la explicación, no hay evidencia todavía que sustente la hipótesis de que el ABP ayuda a los estudiantes a ser mejores colaboradores. Sí hay evidencia de que los estudiantes en el ABP trabajan para crear explicaciones colaborativas y sí hay evidencia de que el trabajo en grupos colaborativos acompañados por tutores es un factor clave para el aprendizaje y la motivación, pero no todos los grupos colaboran bien. Por lo tanto, se necesitan investigaciones para conocer si los ambientes de ABP ayudan a que los estudiantes sean mejores colaboradores.

Por otra parte, Taconis et al. (2001) en su revisión indican que el trabajo en grupo produce mejoras en el rendimiento sólo si se cuenta con consignas claras. De hecho, los trabajos en grupo sin una estructura específica tienen más bien un efecto negativo en el desarrollo de habilidades para resolver problemas.

Pease y Kuhn (2011) realizaron un estudio para examinar si el ABP ofrece los mismos beneficios si los estudiantes trabajan de forma individual o grupal. Seleccionaron 131 estudiantes de un curso de física en una licenciatura del área de las ciencias humanas de una universidad de Lima (Perú). Buscaron identificar los componentes esenciales del ABP, y para ello emplearon un método sustractivo analizando cuál de los componentes podía restarse sin comprometer la eficacia del método. Para analizar el impacto de la colaboración social aplicaron la estrategia de sustracción para dos de sus componentes, la cognición distribuida y la interacción social. Encontraron que ninguno de los dos aspectos resultó fundamental para la eficacia del método. Por el contrario, el beneficio del ABP pareciera atribuible a la definición de su núcleo, es decir al compromiso con los problemas. Estos resultados pondrían en evidencia que no existen aportes positivos a través de la colaboración social, sino más bien que para conocer el aporte efectivo de esta interacción se requieren mayores investigaciones y que por lo menos ni la distribución cognitiva ni la colaboración social serían los elementos que explican estos efectos positivos. Para las autoras, el hallazgo de que la colaboración social no es esencial para el ABP, tiene implicaciones prácticas. La aplicación de actividades de aprendizaje colaborativo suele ser un desafío en términos de gestión de la clase para el profesor, y no siempre es factible. Por lo

tanto, los resultados de este estudio indican que sería posible un formato de ABP más flexible, en el cual se combinen segmentos de trabajo individual con otros de trabajo grupal.

Mamede et al. (2006) realizan un metanálisis referido a cómo y por qué algunas variables interfieren y se relacionan entre sí para promover la construcción y la colaboración, el AAD y el aprendizaje contextualizado en las experiencias de ABP. Registran que la calidad de los problemas influye en el funcionamiento de los grupos y éste a su vez en el tiempo dedicado al estudio individual. Asimismo, se indica que dos componentes influyen en el aprendizaje: el trabajo en los grupos y la fase de preparación en la cual los estudiantes buscan información relevante para discutirla con el grupo. La discusión en grupos facilita la activación del conocimiento previo, la elaboración de la nueva información adquirida y por lo tanto una mayor retención del conocimiento. Al respecto los investigadores indican que en revisiones de artículos publicados en los últimos 18 años en revistas de educación en medicina se ha reforzado la contribución cognitiva del trabajo en grupos, indicando que permite la construcción de teoría, el cambio conceptual, la construcción colaborativa de conocimiento y la motivación.

Por otra parte estos autores también indican que la discusión del problema, como así también de aquello que cada estudiante investigó, provee oportunidades para explicar las propias ideas, enfrentarlas a otros puntos de vistas, enriquecer su comprensión sobre el problema y reestructurar su red de conocimiento. El trabajo en grupos es en efecto una estrategia clave para promover el aprendizaje colaborativo y constructivo. A su vez, influye en el estudio individual y en los resultados del proceso de aprendizaje.

Las interacciones posibilitan la elaboración y la co-construcción de conocimiento para el efectivo funcionamiento del grupo. La elaboración es un proceso que ocurre a nivel individual pero como resultado de las discusiones con otros. La co-construcción ocurre cuando dos o más estudiantes participan de una discusión para alcanzar una comprensión compartida del problema. Por otra parte, los estudiantes y los tutores reconocen como factores negativos para el

aprendizaje la ausencia de elaboración y co-construcción como también la discusión desorganizada o azarosa. Se produce el efecto “comportamiento ritual” en el cual los estudiantes realizan una aproximación superficial, participan aparentemente de las discusiones, pero en realidad no se involucran cognitivamente en las intervenciones que le permitirían una elaboración. Este comportamiento ocurre cuando los alumnos no estudian en profundidad y por lo tanto, las nuevas ideas se discuten superficialmente y sin conexión con las otras ideas, lo cual provoca un efecto negativo en el aprendizaje.

Finalmente, los autores indican que en relación a: cómo los tipos de problemas influyen en los procesos de aprendizajes grupales e individuales; cómo se vinculan las discusiones grupales en las experiencias de resolución de casos reales y cómo influyen las fuentes de información en el aprendizaje; la evidencia de la investigación se circunscribe a la comparación entre grupos de “tratamiento control” y “experimental con ABP” y se busca el efecto directo de determinadas variables en otras. Sin embargo, este tipo de estudio no considera que en realidad los grupos control y ABP son diferentes, los tutores pueden tener distinta preparación y por último, el proceso de aprendizaje propiamente dicho es complejo y no responde de manera directa a una sola variable. Por lo tanto, se requiere de investigaciones multivariadas y de nuevos diseños de investigación para aportar luz en estos aspectos.

5) Lograr una motivación intrínseca para aprender.

Hay poca investigación referida a cómo el ABP sustenta mejores oportunidades para la motivación intrínseca. Se ha observado que algunos estudiantes realmente se involucran en el ABP mientras que otros se resisten a cambiar su manera de aprender o no quieren trabajar de manera colaborativa. A su vez, puede que si los estudiantes solo toman un curso con ABP no alcancen para “aclimatarse” con esta nueva metodología de aprendizaje (Hmelo-Silver, 2004).

Por su parte, de acuerdo con Mamede et al. (2006), las discusiones juegan un papel importante en la motivación de los estudiantes para involucrarse en

procesos de aprendizaje, pero esta motivación a su vez depende del compromiso cognitivo con el cual se involucren. Al respecto, Dolmans y Schmidt (2006) realizaron un metanálisis de publicaciones a fin de establecer los efectos motivacionales del ABP, los cuales muestran que la discusión en grupo influye positivamente en la motivación intrínseca de los estudiantes. A su vez, cuando los estudiantes no se encuentran motivados en los grupos solo se generan discusiones superficiales, lo cual inhibe los aprendizajes buscados. Como se puede observar a través de esta reseña bibliográfica, se registra una cantidad considerable de artículos que brindan sugerencias sobre cómo optimizar el trabajo en grupo en el ABP. Sin embargo, aunque varios estudios muestran que puede tener efectos positivos, se necesita más investigación para conocer de manera profunda cuáles son los efectos emocionales del ABP.

Antes de finalizar esta síntesis de los aportes que distintos investigadores han realizado en relación al ABP, deseamos destacar que en el año 2006 la revista *Educational Psychologist* publicó un artículo de Kirschner et al. (2006) en el cual se discute cómo los enfoques de enseñanza que proporcionan una guía mínima, resultan deficientes e incluyen dentro de esta clasificación al ABP. Los autores argumentan que este tipo de enfoque va en contra de lo que se conoce acerca de las estructuras que constituyen la arquitectura cognitiva humana, como así también de la evidencia de los estudios empíricos que coinciden en señalar que la instrucción guiada es menos eficaz y menos eficiente que los métodos de enseñanza que ponen un fuerte énfasis en la orientación del proceso de aprendizaje de los estudiantes. Como respuesta a este artículo, al año siguiente la revista publicó dos trabajos (Schmidt et al., 2007 y Hmelo-Silver et al., 2007).

Para Hmelo-Silver et al. (2007), los argumentos de Kirschner et al. (2006) presentan al menos dos errores. El primero de ellos es un error de tipo pedagógico ya que incluyen al ABP dentro de los enfoques que proporcionan un guía mínima en el proceso de enseñanza aprendizaje, sin embargo el ABP se basa en andamiajes y guías para facilitar el aprendizaje de los estudiantes. Los ambientes de aprendizaje centrados en el ABP proporcionan andamiajes que facilitan que el aprendizaje sea más fácil para los estudiantes, ya que transforman aquellas tareas

complejas y difíciles en formas accesibles, manejables y ubicadas dentro de la zona de desarrollo próximo de los estudiantes. Por ejemplo una manera de estructurar la tarea es a través de las pizarras en blanco que se proponen en el ABP, las cuales permiten ordenar e identificar ideas, conceptos, hipótesis, planes de acción, etc. a través de estas tareas se disminuye la demanda cognitiva. A su vez, los tutores problematizan aspectos importantes del trabajo de los estudiantes con el fin de comprometerlo con los principales marcos teóricos disciplinares. En este proceso los andamios que se proporcionan pueden ser reorientaciones de tareas hacia los objetivos de aprendizaje, análisis de contraargumentos, preguntas claves que provoquen reflexión, etc. De esta manera, los estudiantes construyen o hacen explícito su propio modelo explicativo, articulan sus ideas e identifican los límites de su conocimiento. Por último, se destaca que estos andamios se distribuyen en el ambiente de aprendizaje, por medio de los materiales curriculares, los profesores o tutores, y de los propios alumnos.

Por su parte, Schmidt et al. (2007) aportan a la discusión indicando que a través del ABP se incrementa la interacción entre el conocimiento previo y la nueva información a ser aprendida, permite la elaboración de (auto) explicaciones durante las discusiones del grupo, estimula la integración de la nueva información en la base de conocimientos preexistentes sean estos profundos o apenas existentes, permitiendo así que la nueva información se incorpore a la estructura cognitiva de los estudiantes. Por lo tanto, al contrario de lo que plantean Kirschner et al. (2006), Schmidt et al. (2007) afirman que los fundamentos del ABP armonizan con los principios de la psicología cognitiva.

El segundo error que indican Hmelo-Silver et al. (2007), se refiere a la supuesta evidencia empírica que pone de manifiesto la ineficiencia del ABP. Se afirma que Kirschner et al. (2006) presenta una versión incompleta de los datos aportados por los metanálisis que citan, los cuales lejos de indicar una deficiencia del ABP señalan que éste fomenta el aprendizaje profundo y significativo. En este mismo sentido, también Schmidt et al. (2007) destacan que la evidencia empírica muestra cómo en el ABP se promueve una aplicación flexible y reflexiva del conocimiento, ya que no se proporciona “la información” que se debe aplicar para resolver el problema,

sino que ésta surge del análisis del trabajo de los estudiantes, lo cual les ayuda a aprender, a discernir qué información es la relevante y así se los prepara para aprendizajes futuros.

Este intercambio entre los investigadores permite identificar que el ABP cuenta con numerosas publicaciones que sostienen su eficacia como estrategia de enseñanza, y si bien algunos de sus objetivos requieren de nuevas investigaciones, realizando un balance podemos afirmar que hay suficiente evidencia empírica para constituirse en una aproximación interesante para la enseñanza.

2.2.2 La resolución de problemas en la didáctica de las ciencias

En esta tesis se trabajará desde el enfoque del ABP, sin embargo, nos parece importante presentar otras aproximaciones desarrolladas desde la didáctica de las ciencias para la resolución de problemas. De esta manera, intentaremos contextualizar al ABP en el marco de la enseñanza de las ciencias.

Como se ha indicado en páginas anteriores, la resolución de problemas tiene una larga historia y en la didáctica de las ciencias en particular también ha tenido un amplio desarrollo, lo cual se ilustra en el *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (Gabel, 1994 en Gil Pérez et al., 1999). A lo largo de esta publicación, que consta de un total de 19 capítulos, se han encontrado seis dedicados a la resolución de problemas. A continuación desarrollaremos algunas líneas de trabajo abordajes que ilustran el importante desarrollo de esta temática.

Leonard et al. (2002) propusieron “la resolución de problemas basada en el análisis” para conciliar dos tendencias: una en la cual algunos profesores se concentran sólo en la resolución de problemas, desatienden la comprensión, y otra en la cual se sacrifica la resolución de problemas en favor de la comprensión. Los autores indican que la resolución de problemas basada en el análisis provoca que los conceptos, más que las ecuaciones, se conviertan en el lenguaje que los estudiantes usan para aprender y para hacer física, y así pueden mejorar sus habilidades de razonamiento y desarrollar una comprensión más profunda de los conceptos y principios.

Otro tipo de abordaje es “la resolución de problemas por investigación” que proponen Gil Pérez et al. (1999). Los autores plantean que cuando un experto se enfrenta a un verdadero problema actúa como investigador, utilizando un pensamiento creativo hipotético deductivo. Por ello resulta importante enseñar a resolver problemas a través de los procesos de la ciencia. Siguiendo esta perspectiva, se registran varias evaluaciones de innovaciones en las cuales a través de pre y pos test se compara a un grupo (experimental) que trabaja con la resolución de problemas por investigación, con otro grupo (control) que desarrolla la misma temática de manera tradicional (con textos y exposiciones del docente). Al respecto, nombraremos aquí tres artículos que ejemplifican este tipo de aportes. El primero de ellos es el trabajo de Martínez Pons (2000), quien evaluó un desarrollo para cinemática a través del estudio de las posibles trayectorias para el lanzamiento efectivo de un tiro libre de baloncesto. Otra contribución es la realizada por Martínez Aznar e Ibáñez Orcajo (2006) con el objetivo de analizar la metodología que favorece un cambio en las actitudes sobre y hacia la ciencia con problemas de genética. De manera similar, Silva y Vasconcelos (2004) estudiaron el impacto en la motivación de los estudiantes al trabajar en geología con problemas de educación ambiental. Los tres artículos registran efectos positivos de la resolución de problemas por investigación como elemento motivador que ayuda a conectar los conceptos científicos con la vida cotidiana. Este elemento permite modificar actitudes y desarrollar habilidades para el trabajo cooperativo.

Considerando las fuentes psicológicas del aprendizaje se encuentran distintas tendencias. Una de ellas es la utilización de la teoría neopiagetiana de Pascual-Leone (Solaz-Portolés y Sanjosé-López, 2008) para desarrollar modelos de resolución de problemas (Tsaparlis y Aangelopoulos, 2000). Otra es la fundamentación del aprendizaje desde el marco teórico de los esquemas mentales (Sigüenza, 2000), a partir del cual se estudia cómo la resolución de problemas interactúa con los modelos mentales de los estudiantes.

Siguiendo el análisis de las investigaciones según su fuente psicológica, Gangoso (1999) indica que la resolución de problemas ha sido abordada desde las corrientes conductistas del aprendizaje, desde la psicología gestáltica y desde la

psicología cognitiva. En relación con la última corriente, Aznar y Orcajo (2005) plantean que es posible identificar dos líneas de investigación: la investigación sobre el estudio de las estrategias y métodos que utilizan “expertos” y “novatos” (Chi et al., 1981) en la resolución de problemas y la investigación sobre la construcción de conocimientos que realizan los estudiantes.

Los estudios centrados en diferenciar las características de los sujetos “expertos” o “novatos” cuando resuelven problemas se centran, en general, en conocer lo que no hace el novato. Gangoso et al. (2008) exponen que estos trabajos no aportan conocimiento para comprender por qué algunos estudiantes parecen aprender mientras resuelven problemas y otros no, así como tampoco permiten entender cuáles son los criterios que los sujetos usan para no aplicar el conocimiento relevante que luego demuestran tener. De manera superadora, los autores proponen un modelo de “Comprensión para la Resolución de Problemas en Física” sustentado en la estructura de la física como disciplina, en los avances en psicología cognitiva y en la estructura epistemológica del conocimiento físico. Dentro de este mismo campo e indagando sobre el saber de los estudiantes, Buteler et al. (2008) parten del concepto de recurso cognitivo y estudian los contextos en los cuales estos recursos son activados, como así también los procesos metacognitivos que tienen lugar a través de la resolución de problemas (Coleoni y Buteler 2008, 2009).

En resumen, se registra un vasto desarrollo de innovaciones e investigaciones para la resolución de problemas en la enseñanza de las ciencias. Una manera particular de abordar dicha tarea es enfatizando el papel activo de los aprendices en la construcción de conocimiento. En este contexto, los docentes participan como facilitadores del proceso de aprendizaje y actúan como guías a través de preguntas abiertas o cerradas que ayudan a los estudiantes a hacer visible su pensamiento y a involucrarlos en el proceso. Siguiendo esta perspectiva se ha desarrollado una gama de metodologías, las cuales se diferencian según el rol del problema y las funciones específicas del facilitador. Así, dentro de esta familia de metodologías, encontramos la Instrucción Anclada (Anchored Instruction), la Ciencia Basada en Proyectos o Aprendizaje Basado en Proyectos (Project-Based Learning), el

Aprendizaje Basado en la Investigación (Inquiry Learning). A continuación se exponen brevemente cuáles son las características esenciales de las otras metodologías que forman parte de esta familia y se mencionan cuáles son las similitudes y diferencias principales con el ABP.

La *Instrucción Anclada* fue creada en el Centro de Tecnología del Aprendizaje de la Universidad de Vanderbilt (CTG) por John Bransford, director del Grupo de Cognición y Tecnología de Vanderbilt (CGTV). En esta metodología, el problema es una historia que se presenta a los estudiantes como un reto por cumplir a través de un video. El problema tiene dos funciones. En primer lugar, proporciona una oportunidad para que los alumnos apliquen sus conocimientos a una situación relevante; y en segundo lugar, presenta un problema actual que requiere de una serie de 15 a 20 pasos para su resolución. En esta metodología se hace hincapié en la planificación y su objetivo es que los estudiantes desarrollen estrategias para resolver problemas (Hmelo-Silver 2004).

El *Aprendizaje Basado en Proyectos* tiene sus orígenes en la Universidad de Michigan con Lin y Fishman. También se identifican autores como Guzdial y Krajcik, y varios investigadores del Technological Education Research Center (TERC). En esta estrategia, los docentes otorgan a sus alumnos especificaciones de un producto final deseado (por ejemplo: construir un cohete, diseñar un sitio Web, etc.). El proceso de aprendizaje está orientado a seguir procedimientos correctos en esa creación y las actividades de aprendizaje están organizadas en función de cumplir con un objetivo compartido. Los docentes tienden a ser instructores o entrenadores, y no tutores como en el ABP. Ellos proporcionan asesoramiento, comentarios y sugerencias de expertos para colaborar en el logro del producto final. Cuando los docentes indican al alumno las metas y los resultados deseados para el problema, el rol del alumno como director de su proceso de aprendizaje se disminuye. Esto es así porque, cuando los resultados están claramente definidos, el alumno siente menos motivación o necesidad de establecer sus propios parámetros u objetivos por alcanzar y pierde la posibilidad de evaluar “posibles soluciones” (Savery, 2006).

El *aprendizaje basado en la investigación* es una metodología centrada en el estudiante y comparte las bases filosóficas del ABP. Se utiliza con frecuencia en la enseñanza de las ciencias y fomenta un enfoque práctico en el cual los estudiantes ejercen la metodología científica con problemas reales. Esta metodología comienza con una pregunta que da lugar a un proceso de investigación de soluciones y, consecuentemente, a la creación de conocimiento nuevo. Los estudiantes analizan la información recopilada, discuten descubrimientos, experiencias y reflexionan sobre los nuevos conocimientos generados. La principal diferencia con el ABP se encuentra en el rol del tutor. En el enfoque basado en la investigación, el tutor es facilitador del aprendizaje y proveedor de información; mientras que en el ABP el tutor apoya el proceso pero no proporciona la información relacionada con el problema ya que su gestión es responsabilidad de los alumnos (Savery, 2006).

Lo que definitivamente distingue al ABP de estas tres metodologías es el aprendizaje autodirigido (AAD), debido a que en el ABP se busca que los estudiantes sean los responsables de su propio aprendizaje. Este AAD requiere que, durante el proceso de resolución, los estudiantes reflexionen y piensen de manera crítica acerca de qué están aprendiendo.

Referentes teóricos

2.3 La biotecnología: su enseñanza y aprendizaje

2.3.1 El concepto de biotecnología

Aunque el término biotecnología data del año 1919, cuando un ingeniero agrónomo húngaro desarrolló un plan de cría de porcinos para sustituir sus prácticas tradicionales por una industria agropecuaria basada en el conocimiento científico, la biotecnología es mucho más antigua (Muñoz de Malajovich, 2006). 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). Estas prácticas se conciben como biotecnológicas ya que implican modificaciones de procesos biológicos por algún nivel tecnológico para satisfacer necesidades humanas que luego impactan 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 actualmente se incluyen en el concepto de *biotecnología tradicional*.

El descubrimiento de la doble hélice del ADN por parte del joven zoólogo James Watson y el físico Francis Crick en 1953, para muchos, ha significado el develamiento del “secreto de la vida” con las consecuentes oportunidades que esto brinda para la intervención del hombre en la naturaleza (Watson, 2003). A partir de ello, comienza “la revolución molecular”, la cual permitió que se tendieran puentes entre ramas de la Biología que antes mostraban escasa comprensión recíproca (Mayr, 2006). Asimismo, se acoplaron diversas tecnologías tales como la ingeniería, la electrónica, la informática, etc. Esta fusión de ciencias y tecnologías es lo que ha dado lugar a la *biotecnología moderna* (Aldao, 2007).

En busca de una definición global, se puede pensar que la biotecnología constituye una actividad que utiliza agentes biológicos para hacer productos útiles o resolver problemas y se basa en conocimientos multidisciplinarios (Muñoz de Malajovich, 2006). El Convenio sobre la Biodiversidad (1992) propone la siguiente definición “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”. Otra manera de definir a la biotecnología es a través de pensarla como un ejercicio interdisciplinario, es decir como el resultado de un trabajo colaborativo entre diferentes especialistas de áreas científicas y tecnológicas (Smith, 2004). En la historia de la biotecnología se pueden apreciar numerosos hechos que exponen la influencia del conocimiento científico sobre el diseño y la innovación tecnológica. Esta relación entre ciencia y tecnología constituyó más que una mera influencia, o transferencia indirecta de conocimientos al ingenio productivo, significó la combinación de ambas en el desarrollo de proyectos a fin de resolver cuestiones prácticas desde el nuevo conocimiento científico (Vaccarezza y Zabala, 2002). Por lo tanto, resulta muy difícil posicionar a la biotecnología como “ciencia” o como “tecnología”.

Si bien en las épocas clásicas parecía que ciencia y tecnología eran dos actividades distintas, en el siglo XX se han integrado ambos desarrollos. De hecho, desde hace más de 25 años Habermas (1986) puso en duda la esencia de la diferenciación entre ciencia y tecnología y propuso la noción de tecnociencia, a

través de la cual se comprende que ciencia y tecnología integran un solo haz indisoluble. 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). Por lo tanto, desde esta perspectiva, conceptualizamos a la biotecnología en esta tesis como una “tecnociencia en la cual se evidencia la breve distancia cognitiva y de reacción entre descubrimiento e innovación” (González Becerra, 1998).

Finalmente, para ilustrar la naturaleza de este concepto deseamos recuperar la analogía planteada por Smith (2004) entre la biotecnología y un árbol. 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.

2.3.2 La biotecnología y las controversias en las aulas

La biotecnología, desde su origen, ha buscado soluciones a problemas y demandas correspondientes a diversos sectores. Actualmente pueden identificarse numerosas áreas vinculadas a procesos biotecnológicos como en la salud, la industria química, la agricultura, el ambiente, la biodiversidad, biocombustibles. En cada una de las áreas nombradas 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, la utilización de células madres, la posibilidad de incidir sobre los genes de las generaciones futuras

(selección artificial), los bioensayos, etc. En la agricultura el cultivo de organismos genéticamente modificados provoca 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.

Otra característica de las tecnociencias y por extensión de la biotecnología, es que no poseen comunidades estables, lo cual les confiere una dinámica de controversias. De hecho, a diferencia de la ciencia tradicional, la tecnociencia está atravesada desde su fundación por controversias, que inicialmente se plantean como conflictos sociales de resistencia al desarrollo de determinadas aplicaciones, que luego derivan en discusiones públicas y ocasionalmente en consensos. En este contexto de complejidad se puede entender por controversia a “una movilización social de un conjunto amplio de microinstituciones que deliberan, evalúan y contrastan las posibilidades tecnológicas que introduce una innovación, los riesgos, los costos, quiénes van a pagar y las consecuencias indeseables” (Broncano, 2009). Estas controversias plantean discusiones en las cuales interactúan en conversación un colectivo diverso compuesto por grupos de expertos, organizaciones no gubernamentales, empresas, usuarios, etc. Una controversia termina cuando se llega a un equilibrio estable a través del consenso, y no necesariamente a la resolución de la misma, a veces puede que el equilibrio se alcance cuando el consenso sea “dejar la discusión”.

En estas controversias, se pone en juego una serie de aspectos imponderables que requieren evaluaciones de riesgos. Si esta tarea es compleja para las organizaciones gubernamentales que están conformadas por equipos de especialistas, cuanto más difícil resulta para el profesor de ciencias abordar estos debates en sus aulas (Levinson, 2001). Sin embargo, es claro que las controversias han impactado en los medios de comunicación. Desde la perspectiva de la alfabetización científico-tecnológica, si los ciudadanos no comprenden el impacto de la ciencia y la tecnología en diversos ámbitos de su vida, son susceptibles de ser

engañosos o incapaces de participar en los debates de la vida democrática. Por lo tanto, el desafío para la escuela es cómo presentar estas controversias para lograr empoderar a los ciudadanos en la toma de decisiones (Hodson, 2003).

Para exponer el impacto que puede tener el grado de conocimiento científico en las decisiones que se toman ante un dilema, retomamos aquí un ejemplo propuesto por Levinson (2001). El autor plantea que en las clases de genética usualmente se utiliza la enfermedad de la Fibrosis quística para comprender la herencia mendeliana ya que corresponde a un gen recesivo y por lo tanto, se puede predecir su herencia a través de árboles genealógicos. Contando con esta información sobre los procesos genéticos, los alumnos pueden decidir por ejemplo cómo aconsejar a personas que sean portadores de este gen recesivo. Sin embargo, si los alumnos cuentan con otra información la decisión sobre cómo aconsejar a estas personas puede cambiar en gran medida. Este cambio de postura se hace evidente cuando los estudiantes toman conocimiento de que existen diferentes variedades de Fibrosis quística, que la interacción entre el genotipo y el fenotipo no siempre es directa y que a veces personas con dicha información genética pueden no desarrollar la enfermedad, que el desarrollo de la enfermedad puede estar mediado por otros genes, y por último, que las terapias génicas pueden aliviar considerablemente los síntomas de esta enfermedad para el individuo pueda mantener una calidad de vida normal. Seguramente si cuentan con esta información y no solo con aquella derivada de la genética mendeliana, los alumnos tomarán decisiones diferentes. A su vez, su postura también se puede ver modificada si los estudiantes consideran que el riesgo de tener un bebé toma distinta dimensión en función de si los posibles padres cuentan con servicio de salud o no, y de las condiciones socioeconómicas familiares. Por lo tanto, en el diálogo de cuestiones científico tecnológicas, es necesario reconocer que se ponen en juego otros aspectos, que interactúan con sus propios sistemas de ideas (Jackson et al., 2005).

El ejemplo de la toma de postura ante la posibilidad de portar fibrosis quísticas y la decisión de procrear, pone en evidencia la necesidad de exponer a los estudiantes en la situación de tomar decisiones, pero fundamentalmente muestra

cómo las personas se colocan ante diferentes grados de empoderamiento según el conocimiento que posean y de las relaciones que sean capaces de establecer.

Una estrategia que ha sido identificada por diversos investigadores como clave para el abordaje de las controversias es “el debate” (Soley, 1996; Hand, y Levinson, 2012). Elam y Bertilsson (2003) plantean que el procedimiento mismo de articular un punto de vista en público, impone una cierta reflexividad sobre las opiniones individuales. Al presentar su punto de vista ante los demás, los individuos deben fundamentarlos mediante una articulación de buenas razones en el contexto público de sus co-deliberantes. Este proceso hace que la persona tenga que pensar qué podría considerarse como una buena razón para todos los que están involucrados en dicha situación. Es decir, que uno se ve obligado a pensar desde el punto de vista de los otros para lograr el consenso. Nadie puede convencer a un público sobre determinado aspecto sin ser capaz de explicar por qué aquello que es bueno, plausible, justo y conveniente para el locutor también puede ser considerado así desde el punto de vista de todos los involucrados.

Otro aspecto a considerar de los debates en el aula es que muchas veces en estas situaciones, se pone en juego el rol de autoridad que tiene el docente y se establecen los típicos diálogos en el cual el docente pregunta y el alumno responde en un interjuego que tiene más fines evaluativos que comprensivos. Si bien este control del diálogo por parte del docente puede dar lugar a que se escuchen todas las voces que son invitadas por el docente, voces que quizás no se escucharían, este tipo de dinámica no coloca al alumno en posición epistémica (Levinson, 2006).

Por otra parte, Jackson et al. (2005) plantean que los debates pueden tener al menos tres propósitos. Desde una perspectiva normativa, el objetivo sería crear una democracia cada vez mayor, es decir ampliar la gama y el número de personas con facultadas para hablar sobre temas de ciencia, y así mejorar la capacidad del público para influir en políticas locales y nacionales relacionadas con la ciencia. Un segundo propósito de los debates puede provenir de una visión instrumentalista, en la cual el objetivo sería generar mayor confianza en la ciencia, en sus sistemas de regulación y en sus instituciones. Por ejemplo, a través de consultas al público

para conocer cuáles son sus necesidades e intereses para tomarlas en cuenta, se puede reducir el conflicto entre la comunidad científica y el público. Finalmente, una postura distinta sería buscar que a través del diálogo se mejore la calidad de las decisiones políticas mediante la inclusión de una gama más amplia de conocimientos que permita desarrollar una ciencia que beneficie a la sociedad. Esto incluye el reconocimiento del valor que tienen los conocimientos no “académicos” especializados. Esta última postura es una forma sustantiva de plantear el diálogo, es decir un diálogo para lograr mejorar la calidad de vida de la sociedad.

Este último tipo de debate más abierto no significa aceptar otros puntos de vista de manera acrítica, por el contrario significa poner las propias ideas en interlocución con las de los otros (Levinson, 2006). Participar de este tipo de deliberación proporciona habilidades para la discusión y la persuasión, pero sobre todo permite que las personas dimensionen cuál es el poder de un buen argumento (Elam y Bertilsson, 2003). Asimismo, a través de estos debates se presenta la complejidad de las temáticas poniendo en juego tanto conocimientos científicos, como ideas, valores, actitudes y creencias (Jackson et al., 2005). Por otra parte, pueden promover que los estudiantes piensen de manera más profunda y evalúen críticamente la calidad y las fuentes de información (Soley, 1996).

Capítulo 3

Reflexiones metodológicas

El proceso de investigación de esta tesis se desarrolló desde una mirada que reconoce a las situaciones educativas en su complejidad múltiple e intangible. Por lo tanto, asumimos que éstas solo podrán ser estudiadas de manera holística o global, resultando imposible llevar a cabo un estudio de manera causal determinística. Es por ello que esta tesis busca revelar mecanismos y significados de manera interpretativa y se enmarca en un enfoque de tipo fenomenológico-hermenéutico (Fiorentini y Lorenzato, 2010). Desde esta aproximación teórica, se entiende a la construcción del conocimiento como una actividad social que ocurre en un contexto específico, y es en el entramado de estas particularidades que los sujetos interpretan las acciones y establecen significados. A su vez, se entiende que

el conocimiento en sí mismo es relativo. Así, no se pretende encontrar a través de la investigación una verdad única y generalizable, por el contrario se busca llegar a la captación de las relaciones internas y profundas, indagando en la intencionalidad de las acciones y en las percepciones de los sujetos (Colás Bravo y Buendía Eisman, 1994).

Si asumimos que toda investigación educativa requiere la existencia de una coherencia entre los procedimientos utilizados y la visión del conocimiento que se tenga, entonces aceptamos que se requiere de una resonancia entre la visión de educación, de aprendizaje y de investigación que posean los investigadores (Skovsmose y Borba, 2004). Las investigaciones de tipo fenomenológicas-hermenéuticas se caracterizan por expresar interés específico en la explicación de las ideas subyacentes, se proponen descifrar los propósitos implícitos en discursos, textos y comunicaciones. A continuación se expresan cuáles son las concepciones de objetos, objetivos, contexto, rol del investigador y presupuestos gnoseológicos que forman parte de nuestro enfoque.

Los fenómenos que pueden ser objeto de investigación son variados, y pueden tomar la forma de palabras, gestos, acciones, símbolos, textos, señales, artefactos, obras, discursos, etc. Estos fenómenos son susceptibles de ser comprendidos, es decir, es posible captar su significado, saber o desvelar sus sentidos. La comprensión supone una manera de conocer el significado que no se da inmediatamente, y por ello que se precisa de la interpretación. Esta comprensión exige procedimientos ordenados y rigurosos que suponen en su conjunto una metodología de investigación. Este tipo de investigaciones asume que los fenómenos solo pueden ser entendidos a partir del contexto al cual pertenecen, es decir no es posible comprender un fenómeno aislado, una palabra, un texto sin su contexto. Así, un elemento del sistema sólo puede estudiarse en función de aquel marco de referencia en el cual se integra, y recíprocamente, la totalidad es comprendida en función de los elementos que la integran. El investigador tiene el papel de intérprete, ya que a través de un proceso lógico busca encontrar significados y reflexiona acerca de su objeto de estudio. Por último, como presupuestos gnoseológicos (concepciones de objeto y sujeto, y sus relaciones en

el proceso de conocimiento), se asume que la subjetividad en los procesos de investigación origina sentidos y organiza la realidad, y por lo tanto, se apuesta al mantenimiento y la extensión de la intersubjetividad (Sánchez Gamboa, 2006).

Esta tesis se busca *caracterizar el desarrollo de un modelo didáctico que posicione a las TIC como herramientas mediadoras para la enseñanza de la biotecnología centrado en el aprendizaje basado en problemas*. En pos de cumplir con este objetivo general hemos desarrollado un modelo didáctico teórico cuya aproximación se discute y presenta en el Capítulo 4, y estructuramos un proceso de evaluación para el estudio de dicho modelo.

Un aspecto que resultó esencial para la construcción del modelo fue el análisis de las dimensiones teóricas que fundamentan esta tesis, y que se expusieron en el capítulo 2. A través de este proceso de estudio y reflexión, se establecieron nuestros referentes teóricos y se pudo cumplir el **objetivo 1) Formular un modelo didáctico que posicione a las TIC como herramientas mediadoras para promover procesos colaborativos en la enseñanza de la biotecnología y en el aprendizaje basado en problemas**.

Los elementos teóricos que pudieron establecerse a través de este análisis constituyeron las bases del modelo. Sin embargo, no presentamos a nuestro modelo como una estructura estática, por el contrario se lo propone como el producto “actual” de un proceso continuo y dinámico, en el cual interaccionan los fundamentos teóricos con los datos de las investigaciones llevadas a cabo desde el propio modelo. A partir de este interjuego teoría-práctica emergen nuevos componentes del modelo y se reestructuran otros. Por lo tanto, en la construcción de un modelo se establece una primera condición de equilibrio alcanzado a través de la coherencia entre sus fundamentos. Luego, ante la investigación, se pone en cuestionamiento el modelo y se establece una situación de desequilibrio, la cual permite incorporar nuevos elementos y modificar o eliminar otros. Finalmente se integran los aportes obtenidos de las investigaciones y se establece una nueva situación de equilibrio (Woods, 1987).

Como consecuencia del proceso antes descrito se logró elaborar el modelo que se presenta en esta tesis, cuyas dimensiones e indicadores derivan del interjuego entre los fundamentos teóricos discutidos en el capítulo 2 y los aportes de las investigaciones de “campo” que fuimos realizando y que se presentan en los capítulos 5, 6 y 7. Desde esta perspectiva, el modelo no se propone como determinístico ni de relaciones causales directas, sino que por el contrario, éste se presenta como emergente a la complejidad de la realidad estudiada.

Los propósitos de la evaluación se concentran en servir de guía para la toma de decisiones, proporcionar información y promover la comprensión de los fenómenos implicados en el contexto de un proyecto o programa educativo. Desde una perspectiva interpretativa, más que centrarse en conocer la calidad, lo que se busca es estudiar de manera profunda a un programa, reconociendo las múltiples variables que lo atraviesan.

En el marco de las metodologías utilizadas para llevar a cabo esta tesis, se observa una gran diversidad de diseños desarrollados. Cada uno de ellos presenta estructuras más o menos rígidas y posibilita o no su aplicación desde diferentes perspectivas teóricas (Arnal et al., 1992). En particular para esta tesis, hemos organizado un plan de evaluación en tres fases íntimamente relacionadas entre sí: *exploratoria, innovación y evaluación*. A continuación se presenta el detalle metodológico para cada una de las tres fases y cómo a través de las actividades realizadas se dio lugar al cumplimiento de cada uno de los objetivos de esta tesis.

3.1 Fase exploratoria

La fase exploratoria permitió la caracterización del contexto y el cumplimiento de los *objetivos 3 a 5* de la tesis a través de diferentes técnicas y métodos de recolección, análisis e interpretación de los resultados.

Se analizaron los currículos prescriptos propuestos por los Ministerios de Educación tanto a nivel nacional como aquellos desarrollados por la provincia de Córdoba. Este estudio se realizó en el primer período de la tesis, por lo tanto tuvo

lugar entre los años 2008 y 2009. En ese momento, las prescripciones curriculares vigentes a nivel nacional eran los Contenidos Básicos Comunes -CBC (1995) y los Núcleos de Aprendizaje Prioritarios- NAP para la Educación General Básica (2004) y los Contenidos Básicos Orientados –CBO para la Educación Polimodal (1997). Por su parte, en el contexto de la Provincia de Córdoba los documentos vigentes eran el Diseño Curricular del Ciclo Básico Unificado-CBU (1997) y el Diseño Curricular del Ciclo de Especialización-CE (1997).

La metodología utilizada para este estudio fue una modificación del análisis de contenido propuesto por Bardin (1986). A partir del cual se buscó identificar los contenidos, ejes y enfoques propuestos para el abordaje de la biotecnología en la escuela secundaria. Estas acciones permitieron responder el **objetivo 2) Analizar las prescripciones curriculares (Nacionales y Provinciales vigentes) en relación a la biotecnología a través del análisis de su contenido.**

Considerando el lugar de la biotecnología en las prescripciones curriculares, se analizó para el total de las escuelas públicas de la ciudad de Córdoba, cuántas y cuáles presentaban la Especialización en Ciencias Naturales y cuáles de ellas incluían una asignatura específica de biotecnología. Encontramos que en el año 2009, la Provincia de Córdoba contaba con 75 escuelas públicas con Especialidad en Ciencias Naturales, 23 de ellas se encontraban en la ciudad de Córdoba y de estas últimas, 4 presentaban en su currículum una materia específica de biotecnología. A partir de esta información se seleccionaron para este estudio a las 21 escuelas con especialidad en Ciencias Naturales de la ciudad de Córdoba (Anexo 1). En cada una de estas instituciones se encuestó a todos los docentes de Biología de 6º año o de la asignatura Biotecnología, y a los docentes de Biología de 3º año (dos por institución). En total participaron 28 docentes de la asignatura Biología de 3º año y 19 de 6º año, y 4 docentes de Biotecnología. Asimismo se encuestó a todos los alumnos de 6º año de la especialidad en ciencias naturales y a dos cursos (divisiones) de 3º año en cada institución, lo cual arrojó un total de 471 estudiantes de 6º Año y 836 estudiantes de 3º año.

Como instrumento de análisis se construyó una encuesta semiestructurada con 11 ítems para ser aplicada en los profesores (Anexo 2) y otra con 17 ítems para ser aplicada en los estudiantes (Anexo3). Para la construcción de ambos instrumentos se analizaron cuestionarios utilizados con fines similares y publicados en diferentes revistas científicas, y en función de las necesidades específicas de esta investigación se utilizaron algunas preguntas ya validadas por otros autores, se modificaron algunas y se crearon nuevas. Para su validación, se realizaron dos acciones complementarias. En primer lugar, se solicitó su revisión por parte de expertos, en este caso participaron dos especialistas en el contenido en biotecnología y dos investigadores en enseñanza de las ciencias. Esta revisión permitió re-estructurar algunas preguntas e incluir nuevos conceptos en el cuestionario. La segunda acción que realizamos fue una prueba de validación del instrumento con alumnos y docentes voluntarios tomadas del universo de estudio (escuelas secundarias de la ciudad de Córdoba), pero no pertenecientes a la población de estudio (escuelas de gestión pública con especialidad en ciencias naturales), para no invalidar a ninguno de los integrantes de esta población (Soriano, 1995). Participaron seis docentes voluntarios y 20 alumnos (10 de 3º año y 10 de 6º año). Tanto docentes como estudiantes indicaron sugerencias para mejorar la claridad de las preguntas y a partir de ellas, los instrumentos fueron corregidos y modificados hasta llegar a su versión final.

El cuestionario destinado a los docentes indagó acerca de *concepciones y actitudes hacia la biotecnología*; y abarcó diversos aspectos sobre su enseñanza: *qué contenidos de biotecnología se enseñan, qué estrategias de enseñanza utilizan, cómo trabajan procesos biotecnológicos que actualmente son objeto de debate en la sociedad, y qué materiales curriculares eligen para trabajar esta temática*. Por otro lado, el instrumento creado para los estudiantes se centró en *concepciones y actitudes hacia la biotecnología y medios de comunicación utilizados*.

Para el análisis, se categorizaron las respuestas abiertas a partir de las regularidades descubiertas y a través de un proceso de descontextualización y recontextualización de los datos, es decir, comparando cada segmento con los otros asignados a la misma categoría (Hammersley y Atkinson, 2007). Luego, tanto

las frecuencias de estas categorías que emergieron de los datos, como aquellas provenientes de las respuestas a las preguntas cerradas fueron analizadas a través del programa de análisis estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences). A su vez, también se utilizó este software para realizar en algunos casos test de independencia a través de χ^2 con un $\alpha=0,05$.

El conjunto de estas actividades de investigación y análisis, permitieron cumplir con los **objetivos 3) Identificar los contenidos y las estrategias que seleccionan los docentes para enseñar biotecnología en la escuela secundaria y 5) Distinguir los conocimientos y actitudes hacia la biotecnología que poseen docentes de Biología y alumnos de la escuela.**

A partir de la información aportada por los docentes se pudo conocer que los materiales curriculares empleados con mayor frecuencia para el abordaje de la biotecnología son los libros de texto y las páginas Web (pW). En una investigación previa estudiamos el contenido de los libros de biología utilizados en las aulas de secundaria (Occelli, 2011). Por lo tanto, en esta tesis se estudió en profundidad el contenido de las pW y los resultados obtenidos se compararon con los encontrados para los libros de texto. Esta información se utilizó para cumplir con el **objetivo 4) Analizar los materiales curriculares que utilizan actualmente los docentes, específicamente las páginas Web, a partir de los componentes que las caracterizan.**

En la selección de las pW utilizamos motores de búsqueda como Google (www.google.com.ar) o Yahoo (www.yahoo.com.ar) con las siguientes palabras claves: “biotecnología”, “procesos biotecnológicos”, “ingeniería genética”, “transgénicos”, “terapias génicas”, “producción de alimentos”. Estas búsquedas arrojaron numerosas pW, las cuales fueron seleccionadas en función de tres criterios: 1) que el idioma principal sea el español; 2) que las páginas hayan sido creadas con propósitos educativos y 3) que el tema central de la página sea conceptos biotecnológicos. No se consideraron como criterios de selección el público al cual estaba dirigida, así como tampoco la extensión o profundidad de las explicaciones. Como resultado se obtuvieron 19 pW (Anexo 4), las cuales fueron

analizadas entre los meses Marzo y Agosto de 2009, y es por ello que algunas de las páginas actualmente no corresponden a sitios activos.

En el estudio de las pW se utilizan criterios y procedimientos que permiten evaluar por un lado el discurso escrito y por otro, las características específicas de estas herramientas digitales. En particular, para el área de la enseñanza de las ciencias resulta necesario incorporar elementos que posibiliten un estudio específico del lenguaje científico y su contenido. Por otra parte, un texto es comprensible cuando las ideas se presentan de manera sistemática y con una organización compatible con determinada disciplina, conecta lógicamente las ideas, evita información distractiva y considera las posibles características y los saberes del lector (Meyer, 1994). Por lo tanto, para el análisis de estos materiales se utilizó una metodología descriptiva con técnicas cualitativas de análisis textual y contextual, combinado y reconstruyendo algunas categorías propuestas por otros autores (Nachmias y Tuvi, 2001; Valeiras y Meneses Villagrà, 2006). A partir de ello, se construyó un instrumento de análisis que permitió caracterizar las pW (Anexo 5).

Se tomaron en cuenta diferentes elementos que permitieran identificar la confiabilidad y validez de los contenidos de manera independiente a la especificidad del área conceptual. Así se consideraron aspectos como la inclusión del autor y su filiación o la presencia de links a sitios que avalan la pW o la financian. Asimismo, también se analizó la explicitación de parámetros de control de la calidad de la información utilizadas para la gestión de las pW tales como fecha de actualización, sistemas de evaluación, citas de fuentes de información o links, etc.

En primer lugar se buscó establecer la profundidad con la cual se desarrollan los contenidos de biotecnología, a partir de tres niveles de intensidad. Para ello se seleccionaron 25 conceptos como resultado de un interjuego entre los referentes teóricos disciplinares y los conceptos encontrados en las pW (Anexo 6). Se comparó la profundidad del desarrollo de cada uno de estos conceptos entre libros

de texto y pW a partir de tres niveles de intensidad que usamos para la categorización de libros de texto (Ocelli, 2011):

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

A su vez, debido a que el aprendizaje de conceptos biotecnológicos requiere comprender otros conceptos básicos de biología, también analizamos en los libros de textos aspectos conceptuales referidos a conocimientos de genética y biología celular. En particular identificamos como conceptos claves aquellos referidos a genes, cromosomas y división celular, Por lo tanto también estudiamos en estas pW cómo se desarrollaban estos tres conceptos.

Por otra parte, se consideraron las posibilidades que brinda el soporte electrónico, y en función de ello se estudió la estructura de navegación de las pW según el uso hipertextual que realicen las mismas, determinándose así los siguientes niveles:

- Lineal: no presenta hipervínculos.
- Ramificada: presenta hipervínculos conectados entre sí que permiten una visita desestructurada.
- Concéntrica: presenta hipervínculos, pero cada uno de ellos remite al texto principal.
- Jerárquica: presenta un listado temático con un orden de lo general a lo particular a partir del cual se puede iniciar la visita.

Las imágenes constituyen una de las formas semióticas que puede tomar el lenguaje de las ciencias (Lemke, 2002), y por ello resultan un elemento clave para analizar cómo se desarrolla la comunicación del conocimiento científico en las pW. En particular nos interesó estudiar las posibilidades que el soporte electrónico

brinda al lenguaje visual. Es por ello que se consideró la presencia de los siguientes aspectos:

- Esquemas
- Imágenes
- Animaciones
- Videos

Se buscó identificar con qué elementos se vincula a la biotecnología en las pW. Por ello estudiamos qué tipo de ideas predominaban en el proceso de construcción del conocimiento científico:

- Presentar a las ideas como verdades únicas o radicales.
- Plantear al conocimiento como objetivo.
- Mostrar al conocimiento como un producto humano atravesado por diversas posturas.
- Considerar el contexto en el cual se produce el conocimiento.

Las pW presentaron con frecuencia solo situaciones problemáticas, es por ello que el análisis en estos recursos se centró en la resolución de problemas. Se analizó la inclusión de datos y preguntas, la presencia de problemas resueltos a modo de ejemplos o la incorporación de una guía para el razonamiento que exige la resolución del problema y la devolución automática de las respuestas correctas o incorrectas.

Las actividades se encontraron, en general, al finalizar el desarrollo temático; sin embargo, dadas las posibilidades que brinda la “visita” hipertextual estas pueden realizarse en diferente orden. Por lo tanto, analizamos qué procedimientos se promueven a través de la “visita”. Otro aspecto considerado fue la inclusión de juegos educativos interactivos y su funcionalidad. Para ello, se analizó la presencia de actividades (posteriores al juego) que propiciaran una reflexión de los conceptos involucrados y del proceso de aprendizaje experimentado.

3.2 Fase Innovación

En función de la información encontrada a partir de las indagaciones del contexto. Se construyó una primera estructura del modelo didáctico, la cual fue evaluada por medio de tres expertos, uno en los contenidos disciplinares, otro en educación con TIC y un tercer experto en didáctica de las ciencias con formación en Biología. A partir de las observaciones que hicieron los expertos se modificó el diseño hasta llegar a una versión de “equilibrio”, es decir de coherencia e integración entre los componentes teóricos que sustentan al modelo y permiten cubrir un amplio espectro de situaciones (Woods, 1987). A partir de este modelo se diseñó una derivación didáctica concreta tomando la forma de un módulo de capacitación docente centrado en la problemática de las plantas transgénicas. La temática de este módulo emergió de las necesidades de capacitación expresada por los docentes encuestados. A partir de estas acciones se cumplió con el **objetivo 6) Diseñar, a partir del modelo didáctico construido, un módulo de capacitación docente para introducir los debates biotecnológicos en el aula.**

A continuación se procedió a evaluar la correspondencia entre el módulo de capacitación docente generado y las dimensiones propuestas por nuestro modelo, lo cual permitió responder al **objetivo 7) Analizar la correspondencia entre el diseño del módulo de capacitación docente y el modelo didáctico propuesto.**

Por último, se desarrolló el curso con un grupo de docentes y estudiantes participantes lo cual se corresponde con el **objetivo 8) Implementar el módulo de capacitación docente en biotecnología basado en el modelo desarrollado.**

3.3 Fase de evaluación

Esta fase se centró en el **objetivo 9) Evaluar la implementación del módulo a partir de las dimensiones consideradas en el modelo didáctico propuesto.** La metodología utilizada para cumplir con dicho objetivo fue principalmente de naturaleza cualitativa. Se buscó plantear situaciones de triangulación, entendidas como la utilización de varios y distintos procedimientos para la obtención de datos

(Borba y De Loiola Araújo, 2008), las cuales buscan la comprensión de lo ocurrido y no resultados correctos. Considerando estos aspectos, se aplicaron diferentes estrategias de recolección de información que permitieron obtener datos para el análisis de cada una de las dimensiones del modelo propuestas en el capítulo 4 de esta tesis. A continuación se detallan cada una las estrategias utilizadas durante el desarrollo y la finalización del módulo:

Encuesta inicial

En el momento de la inscripción, los estudiantes completaron una encuesta referida a sus datos personales, formación académica, ámbito de desempeño profesional y por último, experiencias anteriores en ambientes virtuales de aprendizaje mediados por TIC.

Entrevistas a los tutores

A lo largo de todo el proceso de desarrollo del curso, una vez a la semana se mantuvieron entrevistas abiertas con los tutores, lo cual permitió registrar sus opiniones y perspectivas en relación a la metodología propuesta y las decisiones docentes que iban tomando.

Encuestas de participación

Se aplicó a un grupo de estudiantes una encuesta abierta para conocer las condiciones tecnológicas con las cuales accedían al curso y si éstas podían estar condicionando o no su participación en el curso (Anexo 7). Seleccionamos esta forma de recolectar información, porque permite comprender la posición de los participantes, captar la complejidad de sus percepciones y experiencias individuales (Colás Bravo y Buendía Eisman, 1994).

Ensayos finales

Al finalizar el curso, se solicitó a todos los estudiantes que elaboraran un ensayo de metacognición en el cual debían escribir, es decir, narrar sus vivencias de aprendizaje. Este tipo de actividad permite un modo de reflexionar, relatar y representar la experiencia, produciendo nuevos sentidos. Entendiendo a ésta en el sentido que propone Larrosa (2002), es decir como un viaje en el cual uno sabe de

dónde parte pero no exactamente hacia dónde va, y es en este viaje que ocurre una experiencia formativa en la cual nos transformamos. Desde esta perspectiva, las narrativas son la expresión de lo que pensamos acerca de lo vivido o experimentado, expresan los sentimientos y las percepciones que capturamos sobre un hecho o con respecto a muchos de ellos (Fiorentini y Bueno Andrade Megig, 2010). A su vez, en el ejercicio de contarse para otros a partir de la escritura de narrativas, se produce conocimiento sobre sí mismo. Ayudan a crear una versión de la realidad y atribuirle sentidos, no para su verificación empírica sino más bien como instrumentos de pensamiento y de construcción de la realidad (Meneses Freitas y Fiorentini, 2007).

La consigna de la construcción del ensayo fue proporcionada al finalizar el curso; es por ello que esta escritura principalmente se centró en la visión final de cómo fue ese proceso componiendo documentos que sintetizaron lo vivido según sus propias voces, es decir que son memorias de aprendizaje. A los fines de la investigación, estos ensayos constituyen una fuente de datos más, que mediante la triangulación con otros datos –recabados a partir de entrevistas, foros, encuestas, evaluaciones, etc.- permitirán construir respuestas a los interrogantes planteados.

Entrevistas por roles

Utilizando como herramienta de comunicación el chat del aula de Moodle, durante el desarrollo del curso se realizaron entrevistas semiestructuradas a estudiantes para conocer qué y cómo estaban aprendiendo a través de la metodología de trabajo propuesta (Anexo 8).

Tipos de interacciones y frecuencias

Los estudiantes trabajaron en grupos de cuatro integrantes con roles definidos. Tomando como unidad de análisis a los grupos de estudiantes, se analizaron las comunicaciones de los foros a través de categorías que surgieron de un interjuego entre aquellas propuestas por Garrison et al. (2000) y las particularidades encontradas en los propios foros. Este mismo tipo de análisis de re-construcción entre la teoría y los datos que emergen del análisis, también se realizó en el estudio de las contribuciones observadas en las Wikis, para ello se utilizaron las categorías

propuestas por Gunawardena et al. (1997) y se las reformuló en función del tipo de aportes encontrados por nosotros. A su vez a partir de las reflexiones registradas en foros y Wikis se pudieron distinguir procesos de metacognición que tuvieron lugar de manera grupal.

El tratamiento de estos datos se realizó siguiendo las indicaciones de Estrela y Estrela (1998) quienes plantean la necesidad de codificar la información a partir de categorías de codificación. Se utilizó para ello el programa estadístico cualitativo QDA Miner el cual permite codificar la información y luego analizarla a partir de estadística descriptiva y comparativa. Por lo tanto, a partir de esta codificación analizamos por un lado la frecuencia de cada uno de los códigos y por otro su co-ocurrencia. En el estudio de co-ocurrencias QDA Miner utiliza un método de clasificación jerárquica enlace-promedio para crear conglomerados desde una matriz de similitud y aplica un coeficiente de Jaccard, el cual se calcula a partir de coincidencias y no coincidencias a través de la expresión $a/(a+b+c)$, cuyo significado es el siguiente: a representa casos en los que ambos elementos ocurren, mientras que b y c representa casos en los que se encuentra un elemento pero no el otro. El resultado de este análisis se presenta gráficamente a través de un dendrograma, en el cual el eje vertical se construye con los elementos, y el eje horizontal representa los conglomerados formados en cada paso del procedimiento de clasificación. La información representada indica que los códigos que tienden a aparecer juntos están combinados en una etapa temprana, mientras que aquellos que no aparecen juntos (que son independientes uno del otro), tienden a estar combinados al final del proceso de aglomeración (Cisneros Puebla, 2004).

Propuesta didáctica individual

Como actividad de integración individual los estudiantes elaboraron una propuesta didáctica para el abordaje de la problemática de las plantas transgénicas en el aula. A través de este trabajo se evaluó la capacidad de transferir los aprendizajes a una nueva situación y de integrar los diferentes aspectos abordados durante el módulo en una propuesta didáctica concreta.

Evaluación inicial y final

Los estudiantes completaron un cuestionario de carácter cerrado al inicio y al final del curso el cual estuvo dirigido a detectar su conocimiento de los principales conceptos implicados en la problemática de las plantas transgénicas (Anexo 9).

Trabajo final grupal

De manera grupal los estudiantes construyeron una presentación en Power Point en la cual sintetizaron la propuesta de solución al problema presentado. Esta actividad permitió conocer cómo integraron los aspectos conceptuales discutidos en una solución y a su vez, de qué manera se trabajó colaborativamente para llegar a esta producción grupal final.

La información recolectada a través de cada una de estas estrategias de recolección de datos se utilizó para realizar diferentes triangulaciones según las dimensiones del modelo. Así, mediante el cruzamiento y la comparación de la información se buscó encontrar claridad en el proceso de evaluación del modelo propuesto en esta tesis (Goetz y LeCompte, 1988). El uso de estas estrategias y los resultados obtenidos son expuestos de manera ampliada en el capítulo 7 de esta tesis.

Capítulo 4

Formulación del Modelo

La discusión de los referentes teóricos realizada en capítulo 2, nos permitió identificar aspectos teóricos fundamentales a partir de los cuales formulamos un modelo didáctico denominado “Modelo para el Aprendizaje de conceptos Biotecnológicos a través de colaboración Virtual” (MABV). Antes de presentar el modelo se desea exponer dos cuestiones, la primera de ellas se refiere a los desafíos que presenta la modelización de las situaciones didácticas. El diseño de un modelo requiere la definición de sus componentes y su fundamentación, ya que los procesos educativos se caracterizan por su complejidad. Por lo tanto, cualquier intento de delimitación de dimensiones aisladas resulta una situación artificial. Es por ello que nuestro modelo constituye una manera teórica de estructurar los

fundamentos de nuestra propuesta, que no pretende explicar los procesos de manera aislada. Cada uno de los componentes del modelo se encuentran en íntima interacción y en algunos casos la división solo responde a la necesidad de delimitar variables para comprender luego la totalidad del proceso. La segunda cuestión a considerar se vincula al término modelo ya que éste se utiliza con múltiples significados, y dicha situación puede llevar a confusiones semánticas. Por consiguiente, en este capítulo se comienza explicitando la concepción de modelo a la que se adhiere en esta tesis y una vez definido este término, se presentan las dimensiones y los componentes de nuestro modelo con lo que se concreta el **objetivo 1) Formular un modelo didáctico que posicione a las TIC como herramientas mediadoras para promover procesos colaborativos en la enseñanza de la biotecnología y en el aprendizaje basado en problemas.**

4.1 Concepto de modelo

En las prácticas científicas suelen utilizarse modelos como forma de representación para una variedad de sistemas; estas formas de representación pueden incluir diversos elementos lingüísticos, como términos, enunciados, proposiciones o ecuaciones. Como ejemplo, podemos citar el modelo de doble hélice del ADN construido por Watson y Crick, que tuvo fuerte impacto en el ámbito de las ciencias biológicas. Aunque este modelo se expresó también de manera concreta utilizando una maqueta, en esencia se trata de un modelo teórico (Giere, 2002). Como primera aproximación, un modelo puede interpretarse como objetos abstractos cuyas estructuras pueden ser similares a los aspectos de los objetos y procesos del mundo real. Esto significa que las relaciones entre el modelo y objetos o procesos de la realidad son de similitud y no de correspondencia, y se establecen a través de consideraciones teóricas. Estas consideraciones afirman que el modelo se parece al sistema en determinados aspectos y por lo tanto puede usarse para someter a prueba aspectos de la realidad (Giere, 2005).

Desde una perspectiva instrumentalista o pragmática de la filosofía de las ciencias, algunos autores afirman que las teorías y los modelos son herramientas, y que por lo tanto, no son intrínsecamente verdaderas sino que son sólo

instrumentos que no deben entenderse como aserciones literales. En particular, los modelos pueden definirse como “herramientas intelectuales que nos ayudan a entender los fenómenos y a construir partes y piezas de la tecnología experimental. Nos permiten intervenir en procesos y crear fenómenos nuevos y hasta entonces no imaginados” (Hacking, 1996). En base a esa conceptualización, se entiende por modelo científico a cualquier representación que permite pensar, hablar y actuar con rigor y profundidad sobre el sistema que se estudia, siempre que habiliten a describir, explicar, predecir e intervenir en los sistemas a partir de su utilización (Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich, 2009).

Los modelos científicos son creados por investigadores y constituyen un tipo especial de representación del mundo, que en un primer momento solo existe en la mente de las personas (Jiménez y Sanmartí, 1997). Como representaciones, los modelos no pretenden decir cómo son las cosas, sino que más bien se presentan como facilitadores de su comprensión, a través de presentar conexiones entre los fenómenos reales y las teorías que las explican por medio de estructuras simplificadoras (Hacking, 1996).

En cuanto a los modelos teóricos científicos, Adúriz-Bravo (2010) propone considerar cinco características:

- (a) Relación con el mundo: los modelos dan sentido al mundo sobre el que se aplica e incluyen enunciados teóricos.
- (b) Hechos interpretados por las teorías y un saber metodológico: es decir explicaciones e intervenciones que se pueden hacer con estas teorías.
- (c) Permiten bajar teorías a un nivel operativo: las teorías quedan mejor caracterizadas a partir de los modelos.
- (d) Mediadoras entre teoría y realidad: la correspondencia que existe entre las proposiciones y los fenómenos están intermediadas por modelos entendidos como representaciones abstractas.
- (e) Diversidad de posibilidades para expresar un modelo: el tipo de conocimiento que puede representarse no solo se restringe a contextos de tipo axiomático, sino que también pueden usarse numerosas formas de lenguaje, incluyendo los lenguajes natural y computacional.

En función de estas características el autor sintetiza los modelos teóricos como representaciones que utilizan recursos lingüísticos para definirse a través de principios, leyes, ecuaciones, gráficas, analogías, etc. y mantiene relaciones de similitud con los sistemas reales. A partir de estos modelos se establecen hipótesis teóricas que explican en qué aspectos y con cuáles grados de ajuste ocurre esta relación de similitud.

Por otra parte, si consideramos la complejidad de los sistemas reales, se observa que es casi imposible abordarlos en todos sus detalles; esta tarea se ve facilitada mediante la construcción de modelos que intentan representar solo algunos de sus componentes más fundamentales y sus interrelaciones. Por lo tanto, el modelo actúa como un facilitador para la comprensión del sistema original que se estudia, a partir del cual se pueden investigar sus propiedades.

En el ámbito de la enseñanza de las ciencias experimentales, el término “modelo didáctico” se ha utilizado con diversos significados. Con el fin de aclarar esta polisemia, Galagovsky y Adúriz-Bravo (2001) proponen utilizar el término “representación” para dar cuenta de los diversos recursos didácticos que se utilizan en las clases de ciencias y que en la bibliografía suelen nombrarse como “modelos didácticos”. Así, los autores identifican representaciones científicas, representaciones concretas, análogos concretos y modelos didácticos analógicos. Las representaciones científicas son imágenes visuales obtenidas a partir de la mediación de algún producto tecnológico y cuyo referente es algún concepto científico, por ejemplo: un electrocardiograma. Las representaciones concretas constituyen dibujos, objetos o proyecciones bi o tridimensional de una imagen visual asociada a un objeto, por ejemplo la maqueta de una célula, el dibujo de un átomo y sus orbitales. El referente es un concepto científico asociado a un artificio pictórico que en general implica una simplificación del concepto. Los análogos concretos son dispositivos didácticos que actúan como facilitadores del aprendizaje, y tienen referentes en la estructura cognitiva de los estudiantes y se relaciona de manera análoga con los conceptos científicos que se desean facilitar. Entre el análogo concreto y el concepto científico media un proceso de

transposición didáctica y en general son los docentes los que son capaces de establecer este tipo de relaciones analógicas, un ejemplo de ello puede ser la utilización del funcionamiento y la estructura de organización de una fábrica con el concepto de célula. Por último, los autores proponen los modelos didácticos analógicos, en cuyo concepto incluyen la utilización de análogos concretos a través de una secuencia didáctica específica para el aprendizaje de conceptos científicos. Estas dos últimas representaciones son las más comunes de ser nombradas como modelos didácticos, sin embargo no es éste el sentido que queremos otorgarle al término modelo en nuestra tesis.

Una manera diferente de interpretar a un “modelo didáctico” también proviene del ámbito de la didáctica de las ciencias, pero en este caso hace referencia al modelo teórico que fundamenta las prácticas educativas en cada uno de sus momentos. Desde esta perspectiva un modelo didáctico incluye fundamentos epistemológicos de la disciplina a enseñar, aspectos psicológicos en relación a cómo aprenden los estudiantes y sus características, así como también bases teóricas pedagógico didácticas en cuanto a para qué, qué, dónde, cuándo y cómo enseñar y evaluar. Por último, también se incorporan elementos de análisis del contexto particular en el cual tiene lugar la tarea educativa. Estas construcciones teóricas son personales, y cada docente es el artífice de su propia red conceptual en función de complejas relaciones que se establecen entre la teoría y la práctica concreta. Varios autores han estudiado las regularidades que se observan en estas construcciones y así se encuentran diversas categorías de modelos didácticos que fundamentan a las prácticas educativas. Una taxonomía muy conocida es la propuesta por Porlán et al. (1998) en la cual se diferencian cuatro posibles modelos didácticos personales: tradicional, tecnológico, espontaneísta y alternativo. En función de estos posibles modelos se ha desarrollado una fuerte línea de investigación centrada en conocer las relaciones entre los postulados teóricos y las prácticas educativas concretas (García Rivero y Porlán Ariza, 2004; Da-silva, et al., 2007 y Vázquez Bernal et al., 2007). Sin embargo, tampoco es éste el enfoque de investigación que deseamos utilizar en nuestra tesis.

Los modelos didácticos son modelos teóricos en el sentido de Giere, en los cuales la realidad que se busca modelizar es el aula y los problemas que allí se esbozan (Estany e Izquierdo Aymerich, 2001). Desde esta perspectiva se plantea para esta tesis como modelo didáctico a “una construcción teórico-formal que, basada en supuestos científicos e ideológicos, pretende interpretar la realidad escolar y dirigirla hacia unos determinados fines educativos” (Cañal y Porlán, 1987). Este conjunto de aspectos teóricos y metodológicos permiten orientar tanto la actuación en el aula como así también la investigación, con respecto a las múltiples variables que determinan el aprendizaje y la enseñanza.

4.2 Modelo para el Aprendizaje de conceptos Biotecnológicos a través de colaboración Virtual (MABV)

La incorporación de las TIC en procesos educativos ha derivado en el desarrollo de modelos de enseñanza. Fundamentalmente para la enseñanza de las ciencias, hay desarrollos que hacen hincapié en la indagación (Guzdial, 2000); en la Integración Andamiada del Conocimiento (Linn, 2002); centrados en la metacognición (Tsai, 2001); en ambientes de modelaje y simulación (Colella, 2000) o basados en el aprendizaje colaborativo (Scardamalia et al., 1994). Como antecedentes locales, tenemos trabajos previos de modelos que se describen en Valeiras y Meneses Villagrà (2005). En particular se desea desatacar el Modelo Constructivista para la Enseñanza de las Ciencias en Línea (MoCEL) propuesto por Valeiras (2006), ya que en función de este modelo se realizaron adaptaciones particulares para la temática de la biotecnología y se generó un nuevo modelo. Sus fundamentos se basan en los referentes discutido en el Capítulo 2, es decir en las particularidades del ABP mediado por TIC y centrado en contenidos biotecnológicos.

A partir de las dimensiones definidas en el modelo propuesto por Valeiras (2006) (contextual, epistemológica, pedagógico didáctica, multimedia, cognitiva y comunicacional), se realizaron modificaciones particulares en función del conocimiento biotecnológico y sus componentes didácticos específicos, los cuales también demandaron una selección de recursos y un sistema de comunicación

particular. Estas adaptaciones permitieron delinear el nuevo modelo MABV proponiendo cinco dimensiones: epistemológica, pedagógico didáctica y tecnológica, comunicacional, cognitiva y contextual. En la Figura 4.1 se presenta un diagrama en espiral que intenta expresar la interacción entre estas dimensiones y su carácter dinámico. A continuación profundizamos cada una de las dimensiones establecidas.

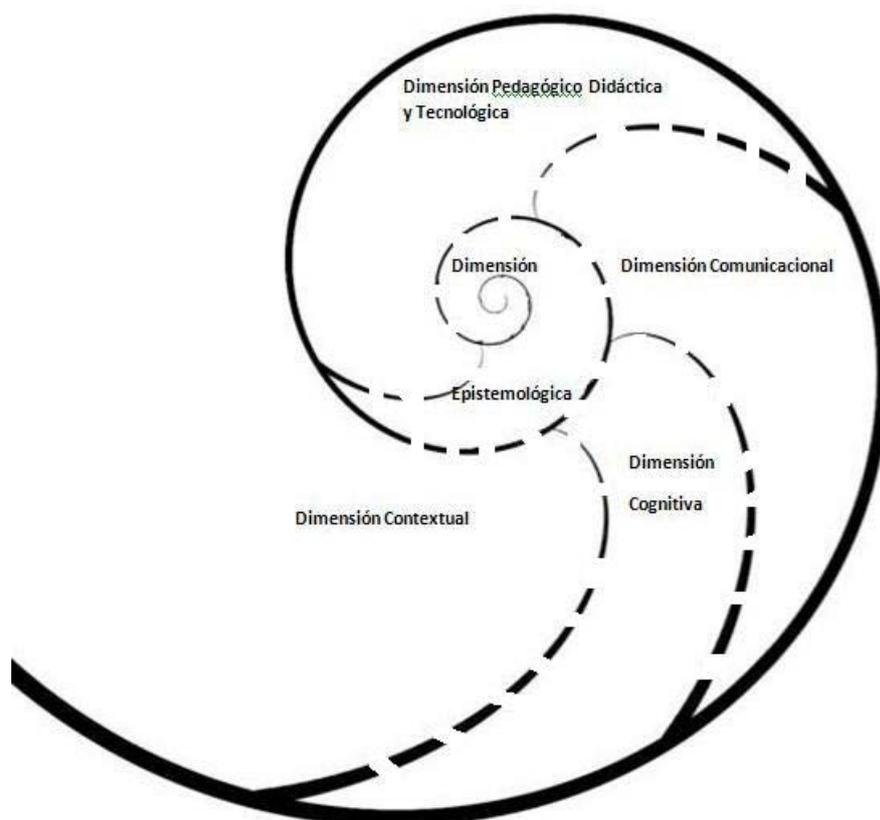


Figura 4.1: Representación gráfica de las dimensiones del modelo.

4.2.1 Dimensión Contextual

El diseño de cualquier intervención educativa requiere conocer las particularidades del contexto para el cual estará dirigido. En el caso de propuestas de capacitación docente resulta necesario en primer lugar, establecer cómo se aborda la temática tecnocientífica en el currículo según cada uno de los niveles concreción, es decir desde el currículo prescripto a nivel nacional hasta el currículo escolar. Esta información nos puede ayudar a determinar áreas emergentes en los currículos prescriptos y ausentes en el currículo escolar o la situación inversa, es

decir la incorporación de temáticas por parte de los docentes en sus aulas aunque estas no estén prescriptas. Ambas situaciones pueden ser indicadores de necesidades de capacitación docente, ya sea porque son demandadas por las comunidades educativas y por lo tanto deben incluirse aunque no se haya recibido capacitación específica en la formación docente inicial, o porque están prescriptas y se excluyen lo que puede deberse a dificultades conceptuales o pedagógico didácticas. Estas necesidades de capacitación inferidas pueden triangularse con aquella expresada por los propios docentes.

Otro componente que impacta en las decisiones docentes e incluso pueden llegar a dirigir su práctica educativa son los materiales curriculares (libros de texto, páginas Web, etc.). Algunos autores (Zabala, 1993; Neto y Francalanza, 2003) plantean que estos recursos suelen utilizarse en cada una de las etapas del desempeño docente (planificación, puesta en acción, evaluación y reflexión). Por lo tanto, la información que estos presentan puede llegar a tener gran influencia en los procesos educativos que se establecen en las aulas. Como consecuencia de ello, es que también se requiere conocer cómo se enseña la biotecnología en la escuela secundaria, cuáles son los materiales curriculares que utilizan los docentes y qué características poseen.

Es claro que en la toma de decisiones docentes se ponen en juego aspectos epistemológicos de la disciplina a enseñar, didácticos, pedagógicos y sociales (Gimeno Sacristán, 2005). Un aspecto a considerar son las concepciones y las actitudes de los docentes y de los alumnos hacia las temáticas tecnocientíficas. Ante temáticas de controversia que implican abordajes interdisciplinarios o que no presentan una respuesta única, se ponen en juego las propias percepciones de riesgos y beneficios que tienen los docentes y éstas en consecuencia, pueden condicionar sus propuestas didácticas.

Por último, una propuesta mediada por TIC necesita contextualizarse en función de la cultura tecnológica de los docentes. En síntesis, las condiciones del contexto que se necesitan indagar son:

- ☉ Diseños curriculares.
- ☉ Estrategia para enseñar temáticas polémicas.
- ☉ Uso de las TIC.
- ☉ Necesidad de capacitación.
- ☉ Calidad de los recursos.
- ☉ Ideas sobre biotecnología.

4.2.2 Dimensión epistemológica

La segunda dimensión incluye a las creencias e ideologías subyacentes a la naturaleza del conocimiento tecnocientífico y sus procesos de construcción. Este conocimiento se caracteriza como un continuo reversible entre los procesos de construcción de conocimientos y artefactos, así como sus aplicaciones sociales, simbólicas y materiales (Arrellano Hernández y Morales Navarro, 2005). En este sentido en nuestro modelo, se plantea una idea de ciencia como actividad social, contextualizada en el marco de las relaciones de ciencia tecnología sociedad y ambiente y de los intereses que atraviesa a cada uno de estos ámbitos (Matthews, 2009). Por lo tanto, también se postula una concepción de conocimiento provisorio que se caracteriza por encontrarse en continua revisión y cuyo progreso depende de un complejo proceso mediado por la comunidad científica.

Las particularidades de este tipo de conocimiento tecnocientífico presentan desafíos para la educación científica. Desde el marco referencial de la alfabetización científica se plantea la necesidad de vincular a los contenidos científicos y tecnológicos con los principales desafío del contexto social, político, económico, cultural y ambiental. A partir de ello, los aspectos que proponemos considerar son:

- ☉ Naturaleza del conocimiento biotecnológico.
 - Conocimiento tecnocientífico.
 - Construcción social.
 - Conocimiento provisorio.
 - Contexto de intereses.

🌀 Vinculaciones CTSA.

- Presencia de aspectos ambientales.
- Impacto de la biotecnología en la vida cotidiana.

4.2.3 Dimensión pedagógico didáctica y tecnológica

En esta dimensión se consideran tanto los fundamentos del ABP (Torp y Sage, 2002) como así también las particularidades que éste toma al encontrarse mediado por las TIC, que en nuestro caso se encuentran definidas desde el marco teórico CSCL (Stahl et al., 2006). Una primera condición de un modelo centrado en el ABP es la definición de una situación problemática significativa. Desde esta perspectiva, se requiere que los problemas sean complejos, abiertos, realistas, multidisciplinarios y resonantes con las experiencias de los estudiantes para permitir su motivación intrínseca (Hmelo-Silver, 2004). Este tipo de situaciones invitan a pensar y promueven la polifonía desde una perspectiva Bajtiana. Como no existe una respuesta o solución predeterminada a la cual se debe llegar, abren el campo a las ideas de los estudiantes y se promueve la presencia de diferentes voces, puntos de vistas o perspectivas (Wertsch, 1999). Por último, proporcionan retroalimentación metacognitiva, en el sentido que permite a los estudiantes evaluar el efecto de su conocimiento, razonamiento y estrategias de aprendizaje (Chin y Chia, 2006). En síntesis las características que debe cumplir la situación problemática son:

- 🌀 Centrar el problema en una situación abierta.
- 🌀 Integrar diferentes campos disciplinarios.
- 🌀 Colocar la situación en un marco de referencia de una situación real o de similitud al contexto particular de los estudiantes.

En el contexto de estas situaciones también es importante considerar qué características deben tener las actividades a resolver por parte de los estudiantes. Al respecto Taconis et al. (2001) destacan la necesidad de presentar consignas de trabajo claras para favorecer el desempeño de los estudiantes. Asimismo otro factor clave es la inclusión de actividades que promuevan procesos metacognitivos es decir que ayuden a los estudiantes a evaluar lo que saben, cómo lo saben y qué

necesitan saber y cómo actuar para ello. Por último, un aspecto que resulta esencial en las propuestas es el trabajo colaborativo. Según Van Der Linden et al. (2000), para establecer un contexto de colaboración se requiere que los integrantes del grupo tengan: 1) un objetivo en común, 2) responsabilidades compartidas, 3) son mutuamente dependientes y 4) necesitan llegar a acuerdos a través de la interacción. En función de estas ideas, se plantean las siguientes condiciones que deben tener las actividades propuestas en nuestro modelo:

- ④ Consigna claras.
- ④ Actividades que promuevan la metacognición.
- ④ Secuencia de actividades centradas en el trabajo colaborativo y en la interacción, basadas en la presencia de:
 - un objetivo en común,
 - responsabilidades compartidas,
 - que los miembros del grupo sean mutuamente dependientes
 - que se requiera llegar a acuerdos a través de la interacción.

En un contexto de resolución de problemas mediado por tecnologías es necesario efectivizar los recursos disponibles. En nuestro caso se busca potenciar las herramientas que presentan las aulas virtuales para generar espacios de aprendizaje constructivo (Martín-Blas y Serrano-Fernández, 2009). Por lo tanto, se requiere el diseño de:

- ④ Actividades de producción individual.
- ④ Actividades de producción grupal con recursos específicos en el aula virtual.

Un último componente de toda propuesta educativa es la evaluación, considerada como parte de todo el proceso educativo y por lo tanto como facilitadora del aprendizaje. Desde esta perspectiva, se busca una evaluación procesual que contemple cada una de los momentos. Asimismo, es importante considerar los procesos de autoevaluación y co-evaluación ya que éstos generan espacios para la reflexión y la metacognición. En síntesis, las condiciones para la evaluación son la presencia de instancias de:

- ☉ Evaluación diagnóstica, formativa y sumativa.
- ☉ Metacognición.
- ☉ Reflexión.
- ☉ Autoevaluación.

4.2.4 Dimensión Cognitiva

El objetivo principal del diseño de situaciones didácticas es promover el aprendizaje. Por lo tanto en la puesta en marcha de las propuestas se requiere buscar evidencia que permita conocer cómo tiene lugar el aprendizaje. Desde una perspectiva sociocultural del aprendizaje, éste tendrá lugar en instancias grupales de intercambio dialógico a nivel interpsicológico y luego a nivel individual intrapsicológico. Los procesos grupales serán considerados en nuestra propuesta dentro de la dimensión comunicacional, en la cual se considerará al grupo en su conjunto como elemento de análisis. La dimensión cognitiva se circunscribe a la etapa individual intrapsicológica.

La observación de los aportes individuales en un proceso de construcción colaborativa brinda información de la apropiación individual del conocimiento y permite comprender la naturaleza de dichos intercambios. Garrison et al (2000) proponen para el estudio de esta dimensión una serie de categorías dentro de lo que ellos llaman “presencia cognitiva”. A partir de ellas y de las modificaciones particulares que se requieren en el contexto del aprendizaje de conceptos tecnocientíficos fueron redefinidas para nuestro modelo.

En un primer nivel de aproximación al conocimiento es probable que los estudiantes se manejen desde su sistema de representación y por lo tanto aún no sean capaces de presentar argumentos sólidos. Las intervenciones características de este nivel son:

- ☉ Brindar información sin justificar con argumentos propios.
- ☉ Justificar desde el sentido común.
- ☉ Realizar sugerencias.

En la construcción de conocimientos se espera la interacción de conceptos específicos con herramientas de pensamiento de orden superior (Zohar, 2006), como así también la capacidad de expresar ideas científico tecnológica de manera fundamenta. Así se esperaría encontrar:

- ④ Utilizar conceptos relevantes.
- ④ Plantear nuevas preguntas.
- ④ Utilizar argumentos.
- ④ Incorporar datos empíricos.
- ④ Reflexionar acerca de la necesidad de poner a prueba la información.
- ④ Delimitar las condiciones en las cuales tales ideas serían válidas.
- ④ Cuestionar la validez de la información que se utiliza y de las fuentes de información que podrían servir de sustento a las argumentaciones.
- ④ Solicitar que el profesor exponga aspectos conceptuales.
- ④ Reflexionar acerca de los conflictos de interés que se encuentran involucrados en un proceso biotecnológico.

Finalmente un aspecto clave en el proceso de aprendizaje es la metacognición, ya que ésta es la que permite establecer las condiciones de plasticidad necesarias para reflexionar y avanzar en el conocimiento. El conocimiento metacognitivo comprende el autoconocimiento de los recursos cognitivos que se poseen, las demandas de la tarea y de las estrategias que podrían usarse. Asimismo también implica un conocimiento acerca de las estrategias que se pueden utilizar para cumplir con dicha tarea, la regulación del uso que se hace de ella y de su efectividad, como así también el progreso hacia la meta planteada y la evaluación de los resultados (Mateos, 2001). Desde esta perspectiva, en las intervenciones y producciones individuales se busca la presencia de:

- ④ Reconocer lo que se necesita saber.
- ④ Proponer estrategias de acción.
- ④ Cuestionar el propio proceso realizado.

- 📍 Realizar inferencias que muestran la capacidad para transferir los aprendizajes.

4.2.5 Dimensión comunicacional

La comunicación es un elemento clave en los procesos educativos, se busca construir un sistema comunicacional que dé lugar al aprendizaje colaborativo y estimule el pensamiento crítico, el desarrollo intelectual, científico, cultural y social de los estudiantes (Hmelo-Silver, 2004). En las aulas virtuales esta dimensión toma especial sentido desde el formato escrito. Así en general los mensajes se realizan de manera asincrónica, lo cual por un lado significa perder la espontaneidad características de los diálogos sincrónicos y por lo tanto resulta un desafío el establecimiento de relaciones y contextos de confianza para la cohesión del grupo. Por otro lado, las comunicaciones asincrónicas brindan la oportunidad de establecer diálogos reflexivos ya que cada mensaje puede ser leído y releído, analizado con otros elementos y recién ser contestado. A su vez cada aporte puede ser el producto de lectura y reflexión. Garrison et al. (2000) propone analizar el componente social a través de categorías que retomamos como componentes de esta dimensión:

En toda comunidad educativa se establecen comportamientos socio-emocionales, los cuales generan ambientes que favorecen el diálogo, la reflexión y el discurso crítico. Las muestras de afecto evidencian relaciones recíprocas de respeto y apoyo. Dentro de este tipo de comunicación hemos considerado para nuestro modelo:

- 📍 Comunicación afectiva
 - Expresar emociones.
 - Saludar.
 - Recurrir al humor.
 - Usar pronombres inclusivos que hagan referencia al grupo como unidad.
 - Celebrar éxitos conseguidos en conjunto.
 - Reconocer que es necesario el aporte de cada uno.
 - Brindar información, recursos o ideas.

Cuando en una comunidad de aprendizaje los participantes reconocen y aprecian los aportes de los otros, se promueve la participación y la interacción. Esto es lo que Garrison et al. (2000) denominan “comunicación abierta”, y consiste en generar respuestas constructivas a partir de los aportes de los demás. En este caso hemos reformulado algunas de las categorías propuestas por estos autores de la siguiente manera:

☉ Comunicación abierta:

- Citar mensajes de otros.
- Hacer preguntas directas.
- Expresar acuerdo con alguien.
- Ordenar /coordinar tareas.
- Expresar postura flexible.
- Expresar postura firme.

En las interacciones grupales analizadas en su conjunto es posible analizar procesos de interacción social que impactan a nivel interpsicológico. Así tomando como unidad de análisis al grupo (Stahl et al., 2006) se pueden observar diversos procesos dialógicos. Gunawardena et al. (1997) establecieron categorías para distintos tipos de comunicación establecidas en un grupo según el objetivo principal, estas categorías son tomadas por nosotros para analizar las interacciones grupales:

- ☉ Compartir/comparar.
- ☉ No acordar.
- ☉ Negociar/co-construir.
- ☉ Modificar la propuesta y presentar una síntesis.
- ☉ Afirmar/aplicar la nueva co-construcción de significados.

Al igual que en los procesos educativos presenciales, aquí la comunicación que establece el docente también resulta esencial para la construcción de un ambiente que promueva el aprendizaje. El rol docente se centra en la acción de facilitar y guiar el proceso y no en delimitar y direccionar las acciones. A través de las interacciones que promueve el docente, Garrison et al. (2000) plantean que puede analizarse tres aspectos: su metodología de trabajo, el sistema de comunicación

que se establece y aquellas acciones de enseñanza propiamente dicha. Estos aspectos son contemplados en esta dimensión:

- ☉ Metodología de trabajo.
 - Establecer pautas de trabajo (recordando calendario, solicitando entregas, etc).
 - Establecer normas de cortesía para la comunicación.
 - Aclarar dudas sobre las consignas.
- ☉ Facilita la discusión.
 - Promover el consenso.
 - Reconocer y refuerza las contribuciones de los estudiantes.
 - Promover el debate (con nuevas preguntas, con comentarios polémicos).
 - Moderar los diálogos (aclarando malentendidos, suavizando comentarios).
 - Destacar aquellos logros alcanzados
- ☉ Enseñanza directa.
 - Centrar el debate hacia el foco del problema.
 - Confirmar lo que se ha entendido a través de feedback explicativo.
 - Proporcionar nuevas ideas o fuentes de información a considerar.
 - Invitar a repensar y cuestionarse.
 - Resumir el debate destacando conceptos claves.

El siguiente cuadro presenta una síntesis de las dimensiones y componentes que integran al MABV:

Dimensión Contextual	Diseños curriculares.
	Estrategia para enseñar temáticas polémicas.
	Uso de las TIC.
	Necesidad de capacitación.
	Calidad de los recursos.
	Ideas sobre biotecnología.

Dimensión Epistemológica	Naturaleza del conocimiento Biotecnológico	Conocimiento tecnocientífico.
		Construcción social.
		Conocimiento provisorio.
		Contexto de intereses.
	Vinculaciones CTSA	Presencia de aspectos y ambientales.
		Impacto de la biotecnología en la vida cotidiana.

Dimensión Pedagógico Didáctica y Tecnológica	Característica del problema	Centrar el problema en una situación abierta.	
		Integrar diferentes campos disciplinarios.	
		Colocar la situación en un marco de referencia de una situación real o de similitud al contexto particular de los estudiantes.	
	Actividades propuestas	Consigna claras.	
		Actividades que promuevan la metacognición.	
		Secuencia de actividades centradas en el trabajo colaborativo y en la interacción, basadas en la presencia de:	un objetivo en común, responsabilidades compartidas, que los miembros del grupo sean mutuamente dependientes, que se requiera llegar a acuerdos a través de la interacción.
		Actividades de producción individual.	
		Actividades de producción grupal con recursos específicos en el aula virtual.	
	Evaluación	Evaluación diagnóstica, formativa y sumativa.	
		Metacognición.	
		Reflexión.	
		Autoevaluación.	

Dimensión Cognitiva	Compartir puntos de vista	Brindar información sin justificar con argumentos propios.
		Justificar desde el sentido común.
		Realizar sugerencias.
	Construcción de conocimientos	Utilizar conceptos relevantes.
		Plantear nuevas preguntas.
		Utilizar argumentos.
		Incorporar datos empíricos.
		Reflexionar acerca de la necesidad de poner a prueba la información.
		Delimitar las condiciones en las cuales tales ideas serían válidas.
		Cuestionar la validez de la información que se utiliza y de las fuentes de información que podrían servir de sustento a las argumentaciones.
		Solicitar que el profesor exponga aspectos conceptuales.
		Reflexionar acerca de los conflictos de interés que se encuentran involucrados en un proceso biotecnológico.
	Metacognición	Reconocer lo que se necesita saber.
		Proponer estrategias de acción.
		Cuestionar el propio proceso realizado.
Realizar inferencias que muestran la capacidad para transferir los aprendizajes.		

Dimensión Comunicativa	Comunicación Afectiva	Expresar emociones.	
		Saludar.	
		Recurrir al humor.	
		Usar pronombres inclusivos que hagan referencia al grupo como unidad.	
		Celebrar éxitos conseguidos en conjunto.	
		Reconocer que es necesario el aporte de cada uno.	
		Expresiones referidas a la tarea específica de cada uno.	
		Brindar información, recursos o ideas.	
	Comunicación abierta	Citar mensajes de otros.	
		Hacer preguntas directas.	
		Expresar acuerdo con alguien.	
		Ordenar / coordinar tareas.	
		Expresar postura flexible.	
		Expresar postura firme.	
	Comunicación grupal	Compartir / comparar.	
		No acordar.	
		Negociar/co-construir.	
		Modificar la propuesta y presentar una síntesis.	
		Afirmar/aplicar la nueva co-construcción de significados.	
	Presencia Docente	Metodología de trabajo	Establecer pautas de trabajo (recordando calendario, solicitando entrega, etc).
			Establecer normas de cortesía para la comunicación
			Aclarar dudas sobre las consignas
		Facilita la discusión	Promover el consenso
Reconocer y reforzar las contribuciones de los estudiantes			
Promover el debate (con nuevas preguntas, con comentarios polémicos)			
Moderar los diálogos (aclarando malentendidos, suavizando comentarios).			
Destacar aquellos logros alcanzados			
Enseñanza directa		Centrar el debate hacia el foco del problema	
		Confirma lo que se ha entendido a través de feedback explicativo	
		Proporcionar nuevas ideas o información a considerar	
		Invitar a repensar y cuestionarse	
	Resumir el debate destacando conceptos claves.		

Capítulo 5

El currículo y la biotecnología

En este capítulo se desarrolla la fase exploratoria de la tesis y se abordan diferentes aspectos que tienen que ver con la dimensión contextual del modelo. Se hace hincapié en la inclusión de la biotecnología en el currículo de la escuela secundaria. En primer lugar, se comienza con un análisis de la incorporación de aspectos biotecnológicos en las prescripciones curriculares nacionales y provinciales vigentes al momento del desarrollo de esta tesis. Luego se presentan los resultados de diversas indagaciones que nos permitieron conocer qué contenidos de biotecnología abordan en sus clases los docentes de Biología de 3º y 6º año, qué estrategias de enseñanza utilizan, qué materiales curriculares emplean para ello y cuáles son sus características. Por último, se incluye el estudio de concepciones y actitudes de profesores y estudiantes en relación a la biotecnología y sus aplicaciones.

5.1 La biotecnología en el currículo prescripto

La enseñanza de la biotecnología ha sido identificada en numerosos países como un factor básico en la formación ciudadana, necesario para dar respuesta a la demanda de una opinión pública formada en estos conocimientos (Lock, 1996). Como consecuencia de ocupar este lugar primordial, se han incorporado temáticas biotecnológicas desde hace más de quince años en los currículos oficiales de diversos países. France (2007) realizó una revisión del lugar que ocupa la biotecnología en el currículo de varios países angloparlantes. El autor destaca que la tendencia internacional es la inclusión de la biotecnología moderna (Aldao, 2007), en el currículo de los últimos años de la escuela secundaria y dentro de la asignatura de Biología. Este enfoque prioriza aquellos procesos biotecnológicos que implican la utilización de Ingeniería Genética.

En Argentina, la ubicación curricular de la biotecnología es poco clara. A partir de considerar esta situación, nos propusimos como parte de esta tesis **analizar las prescripciones curriculares (Nacionales y Provinciales vigentes) en relación a la biotecnología a través del análisis de su contenido (Objetivo 2).**

Intentar comprender el lugar de la biotecnología en el currículo requiere en primer lugar, 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. A partir de esta ley, se produjo una transferencia de la educación del ámbito nacional a las jurisdicciones provinciales; asimismo, se inició un proceso de transformación curricular. La escuela secundaria se estructuró en 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).

A nivel nacional se crearon los Contenidos Básicos Comunes -CBC (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”²¹ y luego los Contenidos Básicos Orientados –CBO para la Educación Polimodal (1997).

Los CBC para las Ciencias Naturales de la EGB 3 se organizaron a partir de seis bloques conceptuales con subtemas, y la biotecnología se incluyó en dos de estos bloques (Tabla 5.1). El bloque “La vida y sus propiedades”, comprende los contenidos “Importancia biotecnológica de diversas especies”, “Noción de clonación molecular” y “Generación de plantas y animales transgénicos” y en el bloque “Estructura y cambios de la materia” se disponen los contenidos “La industria farmacéutica. Tipos de medicamentos más importantes, analgésicos, antibióticos, corticoesteroides. Vitaminas, Vacunas.” y “Contaminación del agua: insecticidas y herbicidas”. A su vez, la biotecnología también se incorpora en la asignatura “Tecnología”. Los CBC para esta asignatura la incluyen en el bloque “Materiales, herramientas, máquinas, procesos e instrumentos” con los contenidos “Biotecnología. Ejemplos: clonación de plantas, aplicación de medios biológicos en la producción de medicamentos, alimentos, proceso que utilizan bacterias, hormonas vegetales, hongos, etc.” (Ocelli y Valeiras, 2010).

Tabla 5.1: Contenidos conceptuales biotecnológicos presentes en los CBC para el área de Ciencias Naturales en el diseño de la EGB 3 de la Nación (1995).

Bloque Temático	Eje	Contenidos biotecnológicos presentes
La vida y sus propiedades	Los organismos	Importancia biotecnológica de diversas especies.
	La vida, unidad, continuidad y cambio	Noción de clonación molecular. Generación de plantas y animales transgénicos
Estructura y cambios de la materia	Recursos naturales y ambientales	La industria farmacéutica. Tipos de medicamentos más importantes, analgésicos, antibióticos, corticoesteroides. Vitaminas. Vacunas. Contaminación del agua: insecticidas y herbicidas

Los CBO para la Educación Polimodal (1997) organizan la enseñanza de las Ciencias Naturales también a través de seis bloques temáticos. Si bien no se

²¹ Resolución 33/23 del Consejo Federal de Cultura y Educación. En: www.me.gov.ar/consejo/resoluciones/cf_resoluciones.html

presentan especificaciones particulares para cada disciplina ni para cada año escolar, los contenidos de biotecnología se encuentran asociados al bloque “La vida y sus propiedades”, con los contenidos “Técnicas de reproducción asistida”, “Manipulación de la información genética: implicancias bioéticas” y “Sistema inmunitario: vacunas y sueros” (Tabla 5.2). De manera que los contenidos biotecnológicos son incorporados como derivación de otros contenidos conceptuales de Biología o asociados a la manipulación genética.

Tabla 5.2: Contenidos conceptuales biotecnológicos presentes en los Contenidos Básicos Comunes para la Educación Polimodal de la Nación (1997).

Bloque Temático	Eje	Contenidos biotecnológicos presentes
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.

En especial nos interesa detallar las prescripciones curriculares de la Provincia de Córdoba, ya que forma parte del contexto en el cual se desarrolló esta tesis. Esta provincia generó un Diseño Curricular del CBU en el cual se detallan los contenidos propuestos para cada año. En particular, la asignatura de Biología se organiza a partir de tres ejes y la biotecnología se encontró solo en tercer año, asociada al eje “Los organismos: unidad, diversidad, continuidad y cambio” (Tabla 5.3).

Para el nivel polimodal se registra el Diseño Curricular del Ciclo de Especialización (1997), el cual contiene un capítulo para las Ciencias Naturales, con subapartados específicos para Biología, Física y Química. Este documento estructuró el currículo de Biología en tres ejes y la biotecnología se introduce en 5° año dentro del eje “El organismo humano y la salud” con los contenidos de “Inmunidad: Vacunas y sueros. Reproducción: Técnicas de reproducción asistida”; y en 6° año dentro del eje “La vida, unidad, continuidad y cambio”, con los contenidos de “Ingeniería Genética. Aplicaciones. Biotecnología. Los riesgos. Bioética” (Tabla 5.4). De esta manera, la tendencia nacional de incorporar contenidos biotecnológicos asociados a la manipulación genética, se mantiene en la prescripción curricular de la Provincia de Córdoba (Ocelli, 2011).

Tabla 5.3: Contenidos conceptuales biotecnológicos presentes en el Diseño Curricular del CBU de la Provincia de Córdoba (1997).

Año	Eje organizador	Contenidos biotecnológicos presentes
1	Los sistemas ecológicos en constante dinámica	-
	Los organismos: unidad, diversidad, continuidad y cambio	-
	El organismo humano desde una visión integral	-
2	Los sistemas ecológicos en constante dinámica	-
	Los organismos: unidad, diversidad, continuidad y cambio	-
	El organismo humano desde una visión integral	-
3	Los sistemas ecológicos en constante dinámica	-
	Los organismos: unidad, diversidad, continuidad y cambio	Algunas aplicaciones de la ingeniería genética: clonación, especies transgénicas, control de enfermedades, genética y ética.
	El organismo humano desde una visión integral	-

Tabla 5.4: Contenidos conceptuales biotecnológicos presentes en el Diseño Curricular del CE de la Provincia de Córdoba (1997).

Año	Eje organizador	Contenidos biotecnológicos presentes
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.

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/Media²². A partir de esta

²² Resolución 214/04 del Consejo Federal de Cultura y Educación. En: www.me.gov.ar/consejo/resoluciones/cf_resoluciones.html

resolución se desarrollaron NAP para el Nivel Inicial y para los tres niveles de la Educación General Básica, pero no se desarrollaron los correspondientes al nivel Polimodal. Para la EGB 3 la biotecnología se dispone en el noveno año dentro del eje “Relación con los seres vivos: diversidad, unidad, interrelaciones y cambios” con los contenidos “La identificación de relaciones entre los contenidos abordados y las temáticas científicas actuales que generan debates en la sociedad (clonación, alimentos transgénicos, huellas de ADN, etc)”.

En el año 2006 se inició un proceso de reforma y se sancionó 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 año 2009 (momento en el cual se comenzó el estudio de campo de esta tesis) no se habían publicado lineamientos curriculares para esta “nueva secundaria”. Por lo tanto, el currículo prescripto vigente en la Provincia de Córdoba para ese entonces eran los diseños curriculares para el CBU y para el CE (1997). Actualmente, en la provincia de Córdoba se cuenta con nuevos diseños para el CBU (ahora nombrado como Ciclo Básico) y para el CE (nombrado como Ciclo Orientado)²³.

A partir del análisis de las prescripciones curriculares, se puede observar que tanto en los lineamientos nacionales como en los provinciales la biotecnología toma un 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. A su vez, dado que se incorpora a través de la ingeniería genética, se encuentra enfocada hacia la biotecnología moderna siguiendo la tendencia internacional citada por France (2007). Sin embargo, la biotecnología constituye un área de conocimiento que involucra muchos conceptos biológicos mas allá de la Ingeniería Genética, de manera que bien podría incluirse como un contenido transversal para el currículo de la escuela secundaria, como un campo teórico disciplinar que integra y vincula conceptos científicos, tecnológicos, sociales y ambientales.

²³ <http://www.igualdadycalidadcba.gov.ar/SIPEC-CBA/publicaciones/EducacionSecundaria/Tomos2v.html>

En particular en la provincia de Córdoba, la biotecnología se encuentra específicamente incluida en 3º y 6º año, por lo que resultó necesario direccionar de manera específica nuestra investigación exploratoria para estos años de la escuela secundaria.

5.2 Contenidos y estrategias de enseñanza seleccionadas por los docentes para enseñar biotecnología

En el apartado anterior hemos indicado que la biotecnología se encuentra en las prescripciones curriculares, sin embargo, esta inclusión no es suficiente para que se desarrollen de manera efectiva estos contenidos en las aulas. Entre las prescripciones curriculares oficiales y el currículum 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 aspectos también impacta en la selección y secuenciación de estrategias de enseñanza, materiales curriculares, formas de evaluación, y en definitiva en el proceso completo de diseño, puesta en acción y evaluación de las intervenciones didácticas. Es por ello que para acercarnos a conocer cómo se enseña biotecnología en la escuela secundaria nos propusimos **identificar los contenidos y las estrategias que seleccionan los docentes para enseñar biotecnología en la escuela secundaria (Objetivo 3)**.

Para cumplir con este objetivo, se relevó la totalidad de escuelas públicas de nivel secundario con orientación en Ciencias Naturales de la ciudad de Córdoba (21 instituciones). Se encuestaron 21 docentes que se encontraban a cargo de la asignatura Biología o Biotecnología en 6º año (último año) y a 28 docentes que estaban a cargo de Biología en 3º año. Se utilizó como instrumento de indagación, un cuestionario semiestructurado (Anexo 2) en el cual se preguntaron diversos aspectos sobre la enseñanza de la Biotecnología que expondremos a continuación

5.2.1 Inclusión de la biotecnología en el desarrollo de su asignatura

El 71% de los docentes encuestados indicaron que priorizaban los contenidos de biotecnología por considerarlos de gran importancia para la alfabetización científica. Sin embargo, un 43 % reconoció que en general no alcanzaban a desarrollar los contenidos de biotecnología debido a que el programa de la asignatura es demasiado extenso.

Al analizar qué contenidos son trabajados por los docentes en el aula, observamos que del listado propuesto en el cuestionario, aquellos que son seleccionados por más del 50% de los docentes son: ingeniería genética, clonación y bioética. Esta selección corresponde a los docentes de 6º año, ya que para ninguno de los contenidos se observó que más del 50% de los docentes de 3º año lo seleccionaran (Figura 5.1). En segundo lugar, encontramos que el 40% de los docentes de 6º año seleccionan los contenidos: proyecto genoma humano, terapias génicas y elaboración de vacunas, y -por parte de los docentes de 3º año- el contenido de clonación.

A partir de estos resultados observamos que la mayoría de los docentes de sexto año 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 los docentes de sexto año prioricen este contenido, constituiría una decisión epistemológica acertada para la comprensión de la biotecnología.

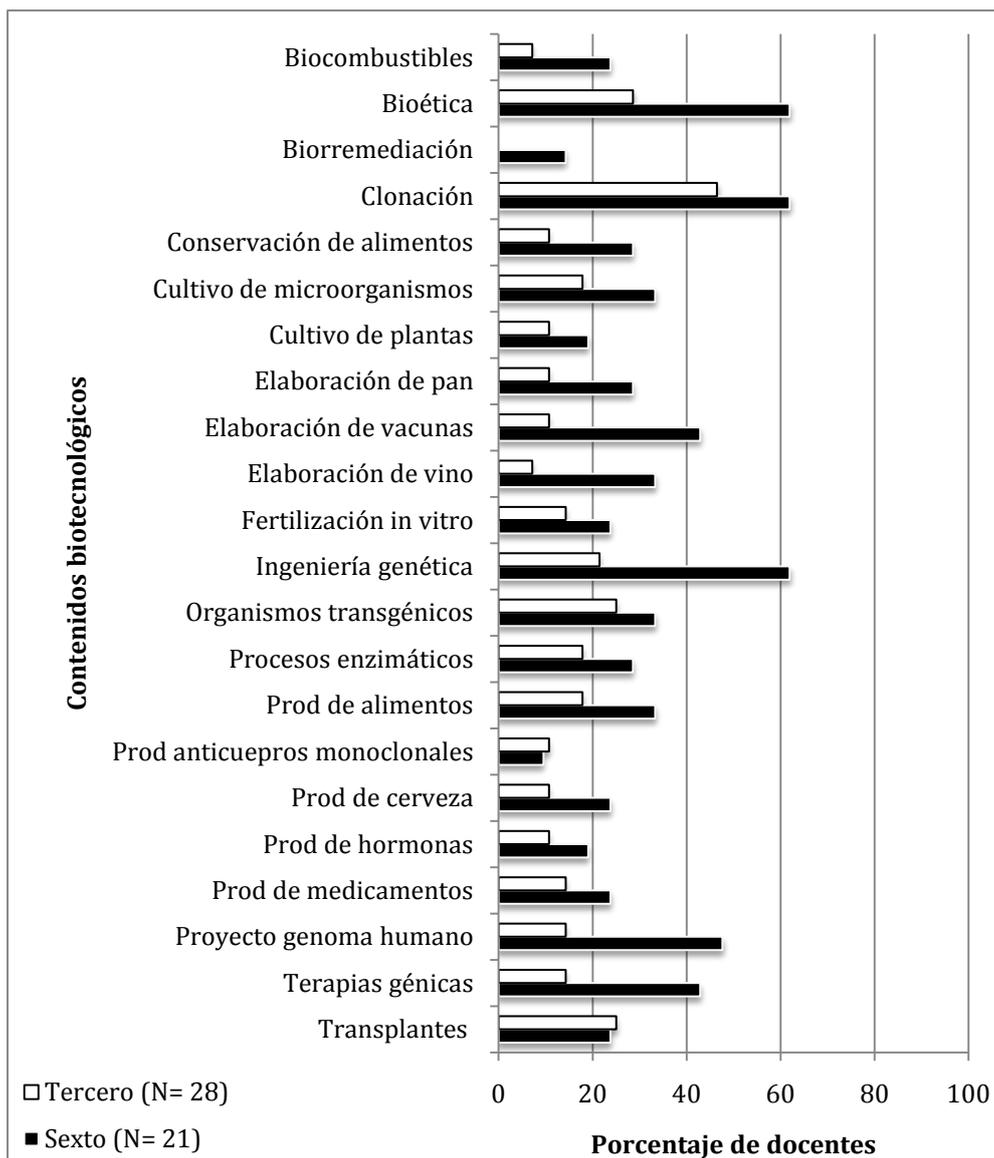


Figura 5.1: Selección de contenidos biotecnológicos por docentes de 3º y 6º año.

Al establecer comparaciones entre las prescripciones curriculares vigentes en la Provincia de Córdoba y las decisiones de selección de contenidos por parte de los docentes, se observan algunas peculiaridades que se desean destacar. Por un lado, si bien para 3º año se incluyen como contenidos a “Algunas aplicaciones de la ingeniería genética: clonación, especies transgénicas, control de enfermedades, genética y ética” (Tabla 5.3), encontramos que los contenidos de ingeniería genética solo son incluidos por el 21% de los docentes en ese año. Una situación similar ocurre con los organismos transgénicos y bioética, ya que aunque están incluidos en las prescripciones curriculares solo son desarrollados

respectivamente por el 25 % y 20 % de los docentes. Por último, como ya hemos indicado, se observa una mayor selección del contenido de clonación que también se encuentra indicado para este año.

Por otro lado, en el caso de los contenidos seleccionados por los docentes de 6º año, se observa una mayor correspondencia con las prescripciones curriculares. Así, se distingue que la elaboración de vacunas, ingeniería genética y bioética se encuentran en el currículo oficial y a su vez, son los contenidos más trabajados en las aulas. Sin embargo, llama la atención que las técnicas de reproducción asistida (como la fertilización in vitro) solo sea abordada por el 23% de los docentes de 6º año. Este contenido se encuentra en el currículo oficial y es incluido muy frecuentemente en los libros de texto, lo cual hace suponer que los docentes deberían trabajarlo con frecuencia en el aula; sin embargo no es lo que encontramos a partir de este estudio.

El 73% del total de docentes encuestados indicó que abordaba en clase aspectos bioéticos. Sin embargo, al preguntarles de manera específica sobre los contenidos que seleccionaban para trabajar en el aula, solo el 43% de los docentes incluyeron a este concepto. Esta aparente contradicción puede entenderse a partir de las respuestas de los docentes en cuanto a cómo plantean la temática en el aula. Una de las respuestas más recurrentes fue que si bien no estaban contempladas estas problemáticas biotecnológicas en el programa de su materia, se abordaban en el aula aquellas temáticas que surgían como inquietudes de los estudiantes. Por lo tanto, aunque algunos docentes no seleccionan bioética sí consideran que lo terminan abordando como respuesta a las motivaciones de los estudiantes. Algunas frases que dan cuenta de esta situación son las siguientes:

“Tratamos temas biotecnológicos de actualidad cuando surgen como inquietud” (Profesora de Ciencias Biológicas – 3º Año).

“Trabajamos temas biotecnológicos dependiendo de la curricula que nos toca, pero siempre uno hace comentarios sobre los temas” (Bioquímica – 3º Año).

“Hacemos referencia a biotecnología cuando hablamos de ADN, sus características y los valores de la sociedad, los tiempos están más destinados a biología celular” (Profesora de Ciencias Biológicas – 3º Año).

“La temática de la biotecnología en realidad cruza muchos temas que desarrollamos, si bien no me refiero a ella como un tema especial, siempre aprovecho para aclarar los logros que tiene nuestra ciencia” (Bioquímica – 3º Año).

Es claro que discutir aquellas posturas que de manera espontánea se presenten en el aula, resulta esencial para colocar a los estudiantes en una posición activa en la construcción del conocimiento. Sin embargo, el hecho de que los docentes entiendan que “abordan estas temáticas en el aula” solo para responder a las inquietudes de los estudiantes, constituye un aspecto didáctico importante a discutir. Si bien la planificación deliberada por parte del docente no es garantía para el aprendizaje, la decisión de dar lugar a los debates que ocurren espontáneamente en el aula, sin el aporte de otras voces más que la del docente y los propios alumnos, nos invita a reflexionar. Por un lado, puede interpretarse esta decisión como una postura “autoritaria del docente” ya que el docente estaría pensando que con su conocimiento alcanza para esclarecer las situaciones. Por otra parte, el hecho de no poner en juego el aporte de otras fuentes como libros, revistas, páginas Web, especialistas, etc., brinda una visión parcial del conocimiento. Finalmente, también puede ser indicador del grado de prioridad que los docentes le otorgan a estos contenidos, ya que si bien “se comenta” acerca de ellos en el aula puede que no sean tan importantes, desde el punto de vista de los docentes, como para dedicar tiempo específico a su abordaje.

En cuanto a qué *enfoque* utilizan los docentes para enseñar biotecnología, observamos que el 67 % de los profesores encuestados expresaron que el enfoque CTSA sería el más adecuado para trabajar estos contenidos. Asimismo, las docentes entrevistadas indicaron incluir de manera mayoritaria las aplicaciones de la biotecnología en la salud y el ambiente, lo cual también da cuenta de una tendencia hacia priorizar el enfoque CTSA. A su vez, estas docentes argumentaron que enseñaban biotecnología para que los estudiantes comprendan la información presente en los medios de comunicación, y puedan participar de debates públicos y

tomar decisiones. Asimismo, 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. Es importante considerar que la vinculación del currículo con aspectos CTSA resulta imprescindible en la formación de una ciudadanía responsable y en su preparación para la toma de decisiones (Solbes y Vilches, 2004). Es por ello que la utilización de este enfoque podría colaborar en la comprensión de las implicaciones sociales de la ciencia y la tecnología.

Finalmente, un aspecto importante a destacar es que el 71 % del total de los docentes expresaron necesitar capacitación para poder abordar temáticas biotecnológicas en el aula. Algunas expresiones que dan cuenta de este sentir son:

“Realmente necesitaría más capacitación sobre el tema” (Profesora en Ciencias Biológicas y Bióloga – 3º Año).

“Me gustaría que se dieran cursos sobre los temas de biotecnología” (Profesora en Ciencias Naturales - 3ºAño).

“La biotecnología es materia pendiente en la enseñanza actual pero debe primero existir capacitación del docente en el tema porque es de dominio muy amplio y se debería focalizar en temas claves para la educación” (Médica – 6º Año).

Este sentir puede ser una de las causas por las que algunos docentes no abordan a la biotecnología en sus aulas. Al respecto, deseamos destacar que el argumento más frecuente para no incluir a la biotecnología es que “no forma parte del programa de su materia”. Sin embargo, sí se encuentran en las prescripciones curriculares. Como ya hemos expresado, entre las prescripciones curriculares y el currículo escolar se pone en juego un complejo entramado de decisiones docentes. Desde esta perspectiva, por un lado se podría pensar que la no inclusión de la biotecnología por parte de los docentes responde a que ellos no la consideran tan importante. Sin embargo, encontramos que solo el 22 % de los docentes

expresaron que priorizaban a otros contenidos por sobre la biotecnología, por considerarlos más importantes. Por lo tanto, en este caso se podría explicar que la falta de conocimientos disciplinares y didácticos específicos constituye un argumento que tensiona y se posiciona para decidir la no inclusión de la biotecnología en el programa de la asignatura.

5.2.2 Estrategias utilizadas para enseñar biotecnología

Conocer qué contenidos se trabajan en el aula permite construir una visión acerca del abordaje de la biotecnología; sin embargo para profundizar dicha aproximación es menester saber qué estrategias de enseñanza se utilizan. Para ello se solicitó a los docentes encuestados que indicaran con qué frecuencia utilizaban una serie de estrategias de enseñanza que agrupamos según cuatro categorías:

- A) Estrategias tradicionales: centradas en actividades como dictado, exposición, lectura de textos y resolución de guías de estudio.
- B) Estrategias específicas de enseñanza de las ciencias: se incluyen actividades como trabajos prácticos de laboratorio, resolución de problemas, diseño y ejecución de experiencias de investigación.
- C) Integración de las TIC: abarca la resolución de actividades con recursos como Webquest, simulaciones o páginas Web.
- D) Estrategias de trabajo grupal: enfocadas en debates, resolución de actividades en grupos y juego de roles.

A continuación se presentan los resultados encontrados para cada una de éstas categorías. Una salvedad a realizar es que aproximadamente un 35 % de los docentes encuestados no respondió a esta pregunta. Por lo tanto, se presentan los porcentajes de docentes que expresaron utilizar “muy frecuentemente” o “frecuentemente” cada una de las estrategias.

A) Estrategias tradicionales

Las estrategias más utilizadas por los docentes de ambos años (3º y 6º), se encuentran dentro del grupo A: “Estrategias tradicionales”, superando en casi todos los casos el 50% de docentes que dicen trabajar con ellas en el aula (Figura 5.2). Dentro de este grupo, se destacan con las frecuencias más altas las estrategias de “lectura de material seleccionado previamente por el docente” y la “exposición dialogada”.

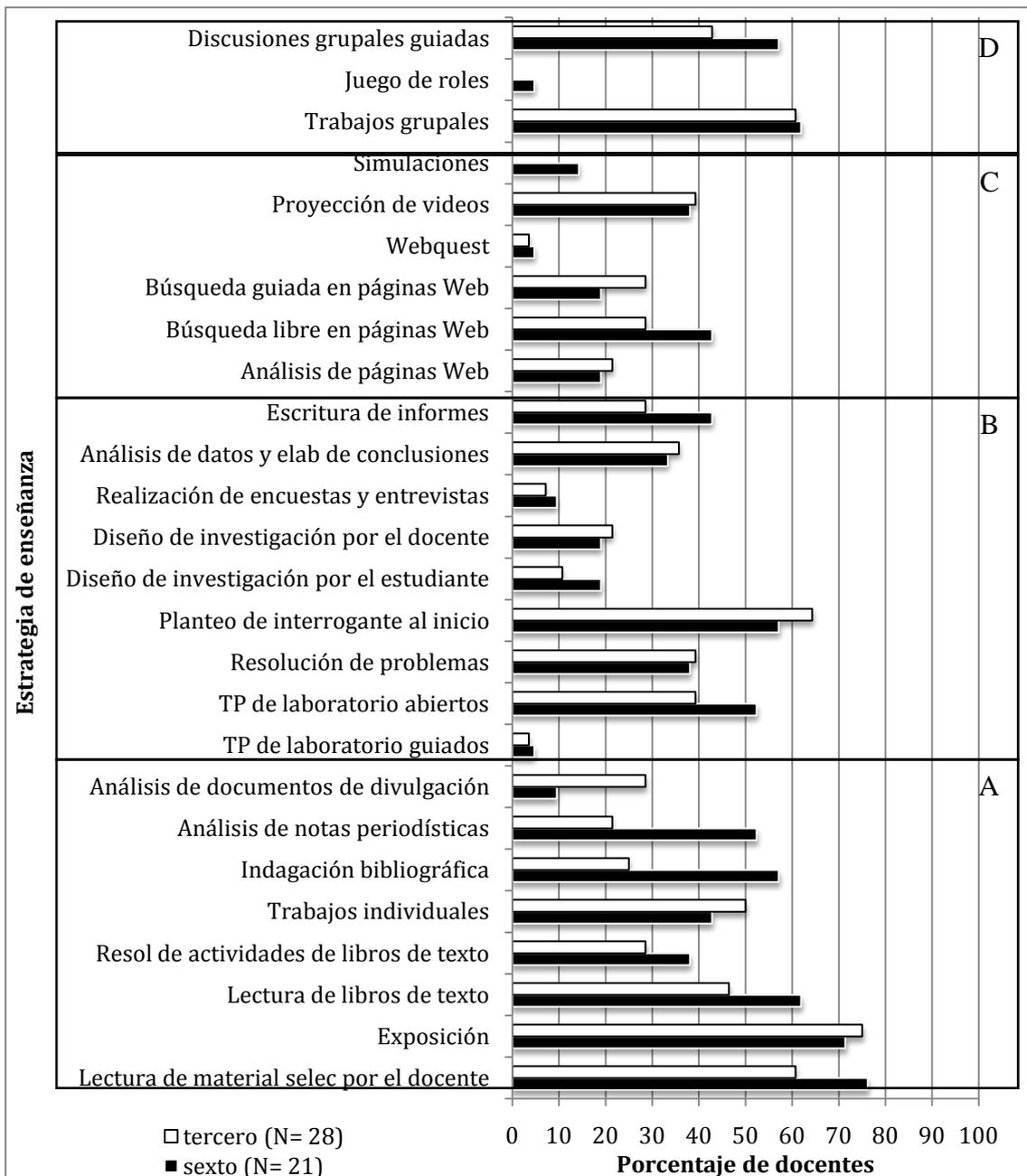


Figura 5.2: Estrategias didácticas utilizadas para enseñar biotecnología por parte de docentes de 3º y 6º año.

Estos resultados ponen en evidencia que la mayoría de los docentes utiliza estrategias tradicionales en la enseñanza de la biotecnología. Por lo tanto, encontramos que las “rutinas escolares” se reproducen también en la enseñanza de la biotecnología. Tal como plantea Giroux (1992), resulta esencial que los docentes cuestionen los significados que subyacen de las prácticas escolares. De hecho, no cuestionar la versión oficial, en este caso las estrategias de enseñanza, reafirma el discurso de objetividad y neutralidad del conocimiento el cual puede ser impartido por una voz autorizada. Esa “voz” tiene lugar en las prácticas docentes tradicionales por medio de la exposición o la lectura de textos previamente seleccionados; a través de estas formas discursivas se legitima configuraciones de pensamiento y se privilegian determinadas versiones particulares de ideología y representaciones de la vida cotidiana (Giroux, 1993). A su vez, a través de estas estrategias, se coloca al alumno en un rol receptivo y más bien pasivo del proceso de enseñanza – aprendizaje, y se deja poco espacio para el cuestionamiento y la construcción democrática del conocimiento. La situación descrita toma especial significado al considerar la naturaleza del contenido tecnocientífico de la biotecnología, el cual puede tener diferentes interpretaciones al ser analizado en marcos contextuales diversos. Por lo tanto, la presentación de la biotecnología desde una sola voz, aunque ésta intente ser “neutral”, es un abordaje parcial de la temática en la cual se oficializa una postura: la seleccionada por el docente.

B) Estrategias para la enseñanza de las ciencias

Dentro de este grupo, la única estrategia que fue utilizada por más del 50 % fue el “planteo de un interrogante al inicio del desarrollo de un tema” por parte de docentes de 3º y 6º año y en segundo lugar la realización de “Trabajos prácticos de laboratorio abierto” por docentes de 6º año (Figura 5.2). Al respecto, resulta llamativo que sea tan baja la proporción de docentes que realicen experiencias vinculadas a la actividad de investigación científica o la resolución de problemas. Un aspecto interesante a considerar es que estas estrategias son herramientas didácticas esenciales en la enseñanza de las ciencias. El diseño y ejecución de investigaciones, así como el tratamiento de los datos su interpretación y la extracción de conclusiones, constituyen una de las actividades más importantes

para la comprensión metodológica 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, como hemos argumentado en el capítulo 2, 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 de 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). Considerando estas potencialidades brindadas por la resolución de problemas, la baja proporción de docentes que la utilizan en sus aulas constituye un aspecto necesario a tener en cuenta en propuestas de capacitación docente.

C) Integración de las TIC

En cuanto a la integración de las TIC en la enseñanza de la biotecnología, observamos que si bien el 47 % de los docentes encuestados manifestó utilizar Internet (Figura 5.2), al profundizar sobre qué tipo de utilización proponen, encontramos que el 50 % planteaba de manera frecuente la búsqueda de información libre en páginas Web (pW) por parte de los estudiantes, mientras que sólo el 35 % realizaba una búsqueda guiada de la información en pW. Por otro lado, el 66 % de los docentes nunca analiza pW con sus estudiantes o lo hace con

muy poca frecuencia. Por lo tanto, la estrategia más habitual sería el pedido de “buscar información en Internet” de manera similar a solicitarles que visiten una biblioteca o que revisen la información disponible en casa. Este tipo de incorporación sólo estaría presentando a Internet como una fuente de información enciclopedista.

Otro aspecto que se indagó fueron algunas estrategias específicas para la enseñanza de las ciencias, como la resolución de problemas a través de Webquest o el trabajo con simulaciones. Al respecto encontramos que muy pocos docentes del total encuestado, incorporaban a este recurso en sus clases, solo un 7 % planteaba la resolución de Webquest y un 11 % utilizaba simulaciones. Considerando que tanto la resolución de problemas como la utilización de software resultan herramientas que claramente colaboran en el proceso de enseñanza de las ciencias (Castiglioni et al., 2000; Mayer, 2003), la omisión de su uso por parte de las docentes resulta un aspecto importante para analizar. En este sentido, se podría pensar que estas estrategias no sólo demandan conocimiento tecnológico sino también epistemológico y didáctico específico por parte de los docentes, lo cual se visualiza al considerar algunas estrategias específicas.

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 (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 explique por qué los docentes no utilizan estas estrategias en sus prácticas áulicas. Esta consideración es respaldada por los propios docentes, quienes en un 80 % manifestaron que necesitarían capacitación para integrar las TIC con la Biología. Por lo tanto, esta situación debería alentar al desarrollo de políticas de formación docente continua en estrategias de enseñanza específicas para las Ciencias Naturales vinculadas con las TIC (Ocelli et al., 2012).

D) Estrategias de trabajo grupal

En la Figura 5.2 se observa que los trabajos grupales son utilizados por más del 50 % de los docentes de 3º y 6º año. Por otra parte, las discusiones grupales guiadas también superan el 50 % de utilización en el caso de los profesores de 6º año y el 40 % en el caso de los profesores de 3º año. Esta amplia implementación de las discusiones grupales puede tener correlación con el impacto de diversos procesos biotecnológicos en la opinión pública. En un rápido análisis de algunos medios de comunicación como diarios, televisión o radio, se pueden encontrar noticias que presentan alguna temática biotecnológica de manera polémica. Por lo tanto, no sería sorprendente que los alumnos planteen en el aula inquietudes vinculadas a estas temáticas. Al respecto, de manera específica indagamos qué estrategias utilizaban para abordar algunos procesos biotecnológicos que han sido causa de grandes debates públicos como la obtención de transgénicos, la utilización de células madres y la clonación. Encontramos que el 53 % de los docentes abordaban estas temáticas en el aula, mientras que un 14 % expresó hacerlo a veces o excepcionalmente. El 22 % indicó que no abordaba estas temáticas y algunos de los argumentos esgrimidos fueron “no forma parte del programa de la asignatura”, “no me alcanza el tiempo para abordarlo” o “el nivel de conocimientos de los estudiantes no permite el trabajo de estos temas”. El 11 % restante no respondió a esta pregunta. Esta marginalización de las temáticas controvertidas también fue encontrada en Inglaterra en docentes que específicamente enseñan “ciudadanía” en la cual están incluidos estos tópicos de manera prescripta (Oulton et al., 2004). Los investigadores explican que en ese caso la falta de conocimiento acerca de dichas temáticas puede ser una de las causas de que los profesores no las prioricen en sus clases; quizás esto también pueda estar sucediendo en los docentes cordobeses indagados.

En cuanto a esta decisión de abordar temáticas en conflicto, resulta importante considerar lo que plantea Apple (1986) al respecto. El autor indica que a través del abordaje de temáticas conflictivas, se permite a los estudiantes que aprecien los imperativos ocultos e internos de las situaciones en las que se desarrolla su vida cotidiana, brindándole la posibilidad de que puedan crear modelos de acción

transformadora ante dichas situaciones. Por lo tanto, la sensación de los docentes antes estas temáticas puede ser la de abrir temas que difícilmente puedan “cerrar”, y allí justamente es donde radica el valor de su inclusión.

Como ya hemos expuesto al inicio de este capítulo, la biotecnología presenta numerosas temáticas que se plantean como controversias. Los objetivos de abordarlas en el aula puede ser que los estudiantes logren apreciar la diversidad de posturas y puntos de vista que se ponen en juego ante una determinada temática, que acepten miradas diferentes y que a través de la interlocución entre la propia postura y la de otros se incorporen nuevos conocimientos y fundamentos (Levinson, 2006). Sin embargo, no necesariamente se debe esperar que los alumnos lleguen a una conclusión, ya que muchas veces el valor está en el disenso y en las razones de su existencia y no en lograr un consenso. Desde un modelo pedagógico crítico, cuando se utilizan herramientas de deliberación para la exclusión de otras formas de expresión política se convierten en herramientas de la hegemonía, no de la racionalidad. Por lo tanto, buscar el consenso puede significar excluir otros puntos de vistas, y es por ello que desde una perspectiva democrática más pluralista, en vez de buscar un consenso por acuerdo unánime, se debería promover un consenso de carácter conflictivo y discutible, en el cual la disidencia es un valor y es importante brindar el espacio para que ésta se manifieste (Elam y Bertilsson, 2003).

En cuanto a cómo trabajan estas temáticas en el aula, encontramos que los docentes plantean debates, análisis de artículos periodísticos o de divulgación, lectura comprensiva de material bibliográfico (sin especificar mayor detalle), búsquedas de información en Internet, observación de videos o exposición del tema por parte del docente. Estas estrategias coinciden con las registradas en el estudio de Oulton et al. (2004); sin embargo, también se podrían incorporar otras mencionadas por estos investigadores como indagación de opiniones de otros estudiantes o ciudadanos, entrevistas a especialistas o visitas específicas a centros de producción de conocimiento.

En relación a qué elementos de análisis les ofrecen a los estudiantes y cómo se les enseña a identificar una fuente de información válida para que puedan tomar una postura personal, se encontraron dos posiciones contrarias. Por un lado, un grupo de docentes indicó que realizaban ellos mismos las búsquedas de información para asegurarse de brindar fuentes válidas. Algunas publicaciones detalladas por los docentes fueron “artículos científicos”, “publicaciones en el diario”, “documentales”, “textos seleccionados de revistas de divulgación científica” o “páginas Web”. Algunas expresiones que dan cuenta de ello son:

“Trato de brindarles la mayor cantidad de información que esté a mi alcance, buscando fuentes válidas, material informativo, que sirva para debatir los temas” (Bioquímica – 6º Año).

“Páginas Web a las que visité anteriormente con las cuales me informé y reconozco sus contenidos para evaluarlos y después orientar a los alumnos” (Profesora de Biología y Química – 3º Año)

Un grupo minoritario de docentes indicó algunos criterios con los cuales ayudan a sus estudiantes a identificar fuentes de información válidas. Algunos de ellos fueron “tener en cuenta el origen” o “tener en cuenta el contexto de producción de la información” y a su vez, en cuanto a qué analizar en relación a ello, indicaron “que sea de un sitio conocido”, “que los textos presenten los nombre de los autores”, “que las páginas Web pertenezcan a universidades” o “que pertenezca a una fuente científica”. Sin embargo, solo un 8% de los docentes indicaron cómo trabajan con estos criterios, y en general lo hacían a través del análisis de diferentes fuentes de información. Nos interesa aquí destacar un aspecto en relación a los criterios aportados por los docentes para evaluar la validez de la información. Bos (2000) propuso que el análisis de la credibilidad de la información se puede hacer al menos desde dos enfoques diferentes. Por un lado, se pueden utilizar criterios específicos del dominio del conocimiento y en este caso deberían provenir de la investigación científica. Un concepto que podría utilizarse dentro de este enfoque es la evidencia científica o la coherencia entre metodología y análisis de datos, etc. Por otro lado, se pueden implementar criterios independientes del dominio de conocimiento tales como la identificación de un autor y su afiliación, la identidad de una editorial, la detección de sesgos en las

fuentes consultadas, sesgos presentes en el texto, la fecha de su publicación o revisión, etc. El análisis de los criterios aportados por los docentes, pone en evidencia que éstos son independientes del dominio de conocimiento y no específicos de las ciencias. La ausencia de dichos criterios quizás muestra la necesidad de fortalecer aspectos epistemológicos en la formación docente inicial y continua.

Por otra parte, el abordaje de controversias en el aula justamente brindan la oportunidad para hacer un análisis crítico de la calidad de la información, ya que a través de este proceso los alumnos puedan comenzar a comprender cómo interactúan en una controversia las pruebas, los valores y visiones del mundo, y así hacer explícito lo que está en juego en dicha controversia (Levinson, 2006). Sin embargo, si estos aspectos no son abordados, se pierde el valor epistémico de debatir sobre controversias en el aula.

Por último, solicitamos a los docentes que describieran brevemente alguna estrategia que les haya resultado positiva para enseñar temáticas biotecnológicas. En esta oportunidad varios docentes repitieron las estrategias que hemos comentado antes, pero otros, brindaron nueva información. Así algunos realizan experiencias prácticas para vincular algunos procesos de la biotecnología tradicional (aprovechando los procesos de fermentación de los microorganismos) como la fermentación de masa para pan o pizza con levadura y la producción de yogurt. En este mismo sentido encontramos que la mitad de las docentes entrevistadas 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), lo cual 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.

Otras dos estrategias más específicas y que constituyen innovaciones muy valiosas producidas por los docentes fueron:

“Debatir sobre la necesidad de los alimentos transgénicos utilizando dos videos, El mundo según Monsanto y ¿Qué comeremos mañana?, luego fuimos armando un esquema conceptual que a su vez sirviera de línea histórica para analizar los distintos modelos de agricultura desde la prehistoria hasta hoy. Luego en grupos realizaron las siguientes actividades averiguar los cambios en la agricultura argentina, averiguar qué alimentos utilizan soja, averiguar los supuestos riesgos médicos de los OGM. Luego con la información recabada se realiza un debate listando los argumentos a favor y en contra tratando de reflexionar en la regulación del estado y en la información que manejan los consumidores” (Profesora en Ciencias Biológicas y Bióloga 3º - Año).

“Usamos un modelo en papel en que los alumnos deben llegar a la síntesis de insulina humana a partir del gen. Esto permite comprender la biosíntesis normal de la hormona y las diferencias que deben tenerse en cuenta para producir bacterias productoras de insulina humana” (Profesor en Ciencias Biológicas y Biólogo 6º - Año).

5.2.3 Materiales curriculares y fuentes de información utilizadas para enseñar biotecnología

Dado que el proceso educativo puede estar mediado por diversos materiales curriculares, entendidos como aquellos medios que pueden incorporarse en cualquiera de sus momentos: planificación, ejecución y/o evaluación, también nos interesó conocer *qué materiales curriculares seleccionaban los docentes para enseñar biotecnología.*

La mayoría de los docentes indicaron utilizar a los libros de texto para enseñar biotecnología; sin embargo, ninguno afirmó seguir a un libro en particular y en general citaban libros de diferentes editoriales. Otros recursos utilizados fueron materiales de divulgación científica tanto en papel como digitales (revistas, folletos, libros, cortos televisivos, etc.), artículos periodísticos y como ya hemos indicado anteriormente las pW.

5.3 Los materiales curriculares en la enseñanza de la biotecnología

Un 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, el enfoque para la enseñanza de la biotecnología podría depender en gran medida de la información que brindan los libros de texto.

Si bien dentro de los materiales curriculares los libros de texto constituyen uno de los recursos escritos más ampliamente utilizado en la enseñanza de las ciencias, con la expansión de Internet, alumnos y docentes acceden frecuentemente a diversas pW como fuentes de información (Lowy, 1999). Esta situación no es ajena a nuestro contexto, ya que como hemos descripto en el apartado 5.2 de este capítulo, los docentes indican que Internet constituye una fuente de acceso a la información frecuente para el trabajo de conceptos biotecnológicos.

Se han desarrollado centenares de pW educativas con objetivos y formatos diversos (Torres Barzabal, 2005). Por lo tanto, resulta importante conocer la información que aparece en las pW no solo para identificar aquello sobre lo que hay que tener cautelas, sino para considerarlas como parte del aula (Pro Bueno y Ezquerria, 2005). En función de ello, nos propusimos **analizar los materiales curriculares que utilizan actualmente los docentes, específicamente las páginas Web, a partir de los componentes que las caracterizan (Objetivo 4)**.

En un estudio previo pudimos caracterizar cuál es el abordaje de la biotecnología en los libros de texto de escuela secundaria que se utilizan con frecuencia en la ciudad de Córdoba (Occelli, 2011). Por lo tanto, aquí nos centraremos en presentar los resultados referidos al estudio del contenido de pW

y realizaremos algunas comparaciones entre estos resultados y aquellos que obtuvimos en el análisis de los libros de texto.

Se seleccionaron 19 pW a través de criterios de selección que fueron expuestos en la sección 3.1 de esta tesis. A continuación se presentan los resultados obtenidos para cada una de los aspectos analizados.

5.3.1 Autoría y actualización

En la mayoría de las pW se identifica la entidad o el responsable de la página. Aquellas páginas que pertenecían a alguna organización incluían un link hacia ella u otros medios como dirección postal, teléfono, etc. para verificar la legitimidad. Sin embargo, de las 19 pW analizadas, solo en ocho se explicitó la evaluación de la información publicada y siete señalaron los antecedentes del autor. Asimismo, la actualización de las pW fue difícil de corroborar ya que sólo seis pW incluyeron la fecha de actualización.

Como describimos en la sección 5.2 muchos docentes solicitan a sus estudiantes que busquen información en Internet, y como se observa en este análisis la mayoría de las pW presentan alguna manera de corroborar su legitimidad. Por consiguiente, sería conveniente enseñar a nuestros estudiantes a evaluar las pW que utilizan como fuentes de información según indicadores de calidad que pueden ser consensuados con ellos a partir de los utilizados en este estudio.

5.3.2 Conceptos y recursos

En este análisis, se consideraron tres aspectos: a) conceptos incluidos y nivel de profundidad con el cual son abordados, b) organización conceptual en función del soporte electrónico y c) recursos audiovisuales incorporados.

a) *Conceptos incluidos y nivel de profundidad con el cual son abordados*

En el análisis del abordaje de los contenidos trabajamos con el mismo listado de 25 conceptos de biotecnología que fue utilizado para el estudio de los libros de texto (Anexo 6). Este listado surgió de un interjuego entre los contenidos teóricos que implican el campo conceptual de la biotecnología y los incluidos en los libros de texto. En primer lugar, se analizó la presencia ausencia de estos conceptos y comparamos los porcentajes de inclusión entre libros de texto y pW (Figura 5.3).

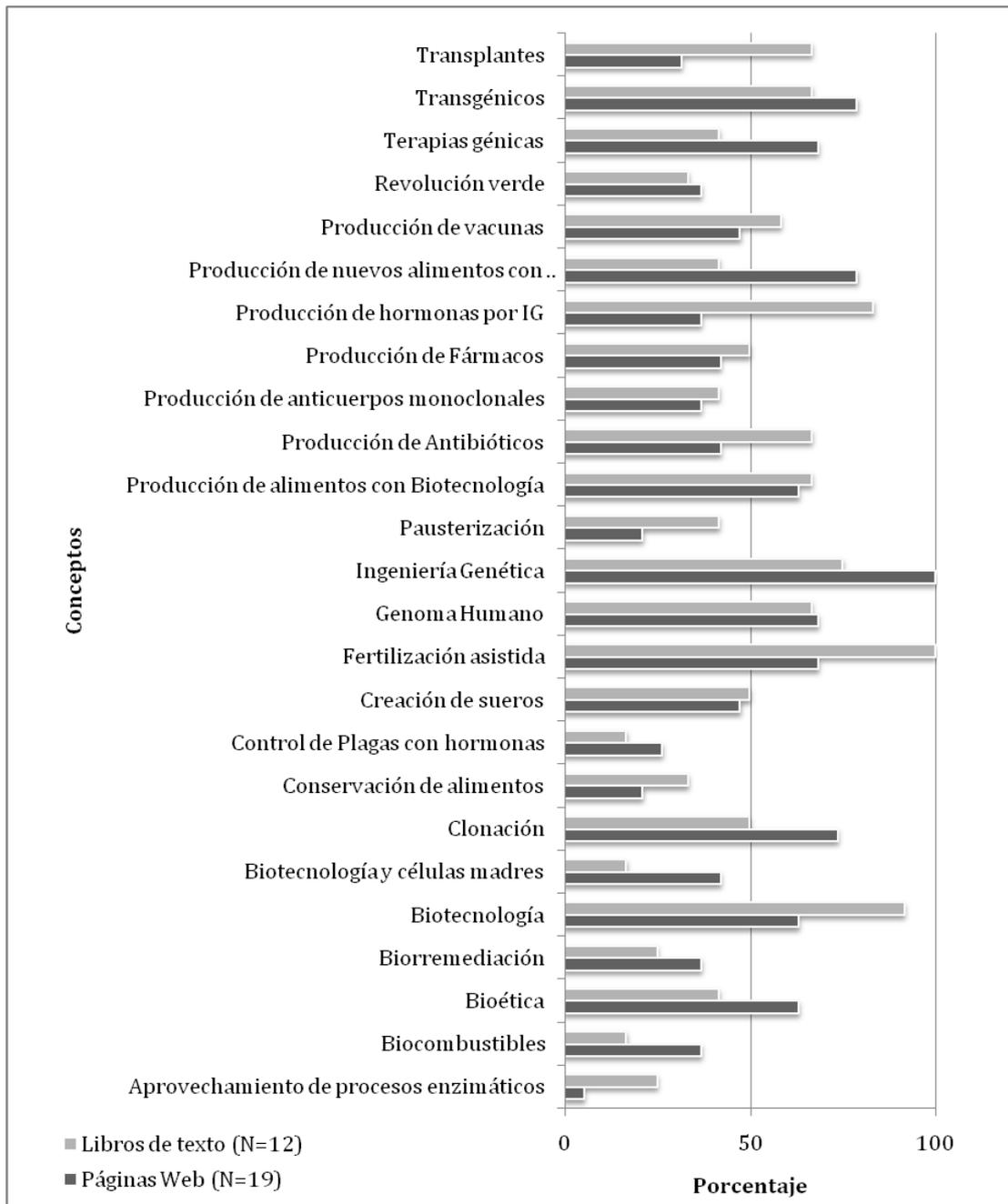


Figura 5.3: Desarrollo de conceptos en libros de texto y pW.

En función de los resultados, observamos que varios conceptos son incluidos con mayor frecuencia en las pW que en los libros de texto. Algunos de estos conceptos son: transgénicos, terapias génicas, producción de nuevos alimentos por medio de biotecnología, ingeniería genética, clonación, etc. A partir de estos resultados, se observa que los contenidos de biotecnología incluidos en las pW tendrían una tendencia de selección hacia la “biotecnología moderna”, es decir aquella que implica principalmente técnicas de ingeniería genética.

Para conocer en qué *nivel de profundidad* se presentan estos conceptos aplicamos una clasificación de tres niveles de intensidad para cada uno de los conceptos:

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

Este análisis también se realizó en el estudio de los libros de texto, lo que nos permite presentar aquí una comparación de los resultados encontrados con las pW (Anexo 10). Considerando el nivel de profundidad “c”, observamos que en las pW solo superaron el 40% de abordaje en este nivel, los siguientes contenidos: transgénicos, biotecnología y bioética. En cambio, en los libros de texto, los conceptos que fueron presentados con una frecuencia superior al 40% en un nivel “c” fueron: producción de anticuerpos monoclonales, pasterización, genoma humano, fertilización asistida, y biotecnología (Figura 5.4). Por consiguiente, al no coincidir los contenidos abordados con mayor profundidad en libros de texto y pW, se podría pensar que sería útil trabajar con ambos recursos como elementos complementarios en el abordaje de la biotecnología.

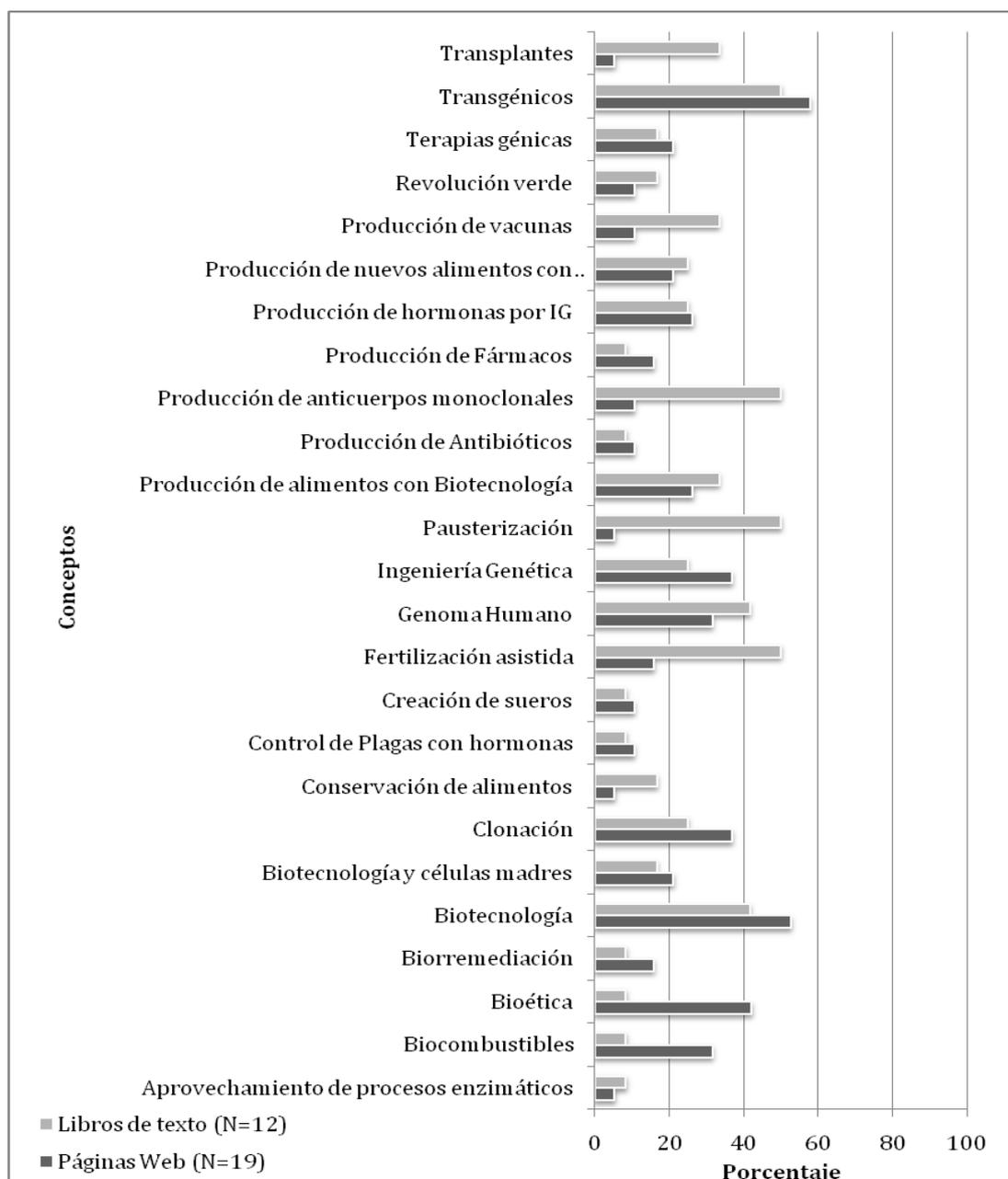


Figura 5.4: Contenidos abordados con el nivel de intensidad "c" en libros de texto y páginas Web.

En particular, un concepto que resulta clave para comprender los procesos biotecnológicos es la ingeniería genética. Al comparar la profundidad en la cual se aborda en pW y en libros de texto, se destaca que en las pW se desarrolla con mayor frecuencia de manera profunda (nivel de intensidad c). Sin embargo, esto no ocurre en todas las pW, por lo tanto el acompañamiento y guía del docente en este proceso de selección y análisis de la información resulta clave.

A partir de estos resultados, encontramos que el uso de las pW podría colaborar a superar las deficiencias encontradas en relación a la profundidad con la cual se desarrollan los contenidos en los libros de texto, 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), se propone que la utilización de la información accesible en las pW puede colaborar en que se trabajen en el aula conceptos actualizados.

Por otra parte, dado que para el aprendizaje de procesos biotecnológicos se requiere contar con conceptos de genética y biología celular, también analizamos en las pW el abordaje conceptual de tres temas: división celular, cromosomas y genes. Al respecto, encontramos que el tema *división celular* fue desarrollado en diez pW, y en ellas se encontró que si bien la mayoría hace referencia a la herencia y la variabilidad genética en estos procesos, sólo la mitad destacó la diversidad de organismos en los cuales tiene lugar la división celular y sólo tres pW hicieron referencia a diferentes tipos de células. En cuanto a los *cromosomas*, este tema fue desarrollado en 15 pW y si bien todas hacen referencia al cariotipo humano sólo nueve incluyen cariotipos de otras especies, y cinco ejemplifican la información que porta cada cromosoma. Por último, observamos que el tema de *genes* fue desarrollado por todas las pW analizadas, doce hicieron referencia a genes humanos, seis desarrollaron genes de enfermedades y sólo dos, genes normales. Es destacable que sólo dos pW presentaron un desarrollo de genes de otros organismos.

Estos resultados muestran que en general las pW sólo ejemplifican a la especie humana y predominantemente los genes de enfermedades. Este enfoque impide que los lectores comprendan que estos procesos se establecen en la herencia de los caracteres de todos los organismos de reproducción sexual y en todos los genes, normales o no. Por lo tanto, resulta importante que los docentes tomen en consideración este aspecto en la planificación de sus intervenciones didácticas con estos recursos. Por otra parte, el tema de meiosis es desarrollado sólo en el contexto de las gametas animales, lo cual impide que los alumnos comprendan que

este es un proceso común en todos los organismos de reproducción sexual. Así mismo esta perspectiva no posibilita que los lectores conecten a la meiosis con los procesos involucrados en la herencia de caracteres y la variabilidad, lo cual es de particular importancia a la hora de pensar cómo enseñar conceptos biotecnológicos que impliquen por ejemplo, aspectos de ingeniería genética.

b) Organización conceptual en función del soporte electrónico

En cuanto a la organización de los contenidos en función del soporte electrónico, analizamos la estructura de navegación de las pW según el uso hipertextual que realicen las mismas en función de cuatro niveles:

Lineal: no presenta hipervínculos.

Ramificada: presenta hipervínculos conectados entre sí que permiten una visita desestructurada.

Concéntrica: presenta hipervínculos, pero cada uno de ellos remite al texto principal.

Jerárquica: presenta un listado temático con un orden de lo general a lo particular a partir del cual se puede iniciar la visita.

A partir de este análisis encontramos que 11 pW presentaron un mapa de navegación y sólo dos de ellas un mapa conceptual general. La mayoría (12 pW) presentaron una estructura ramificada, es decir con presencia de hipervínculos conectados entre sí que permiten una visita según los intereses de los estudiantes. Por lo tanto, la visita a estas pW podría servir para que los estudiantes exploren la temática en función de su estructura cognitiva o red semántica de conocimientos.

c) Recursos audiovisuales incorporados.

Por último, estudiamos las posibilidades que brinda el soporte electrónico al lenguaje visual. El análisis de los elementos visuales presentes en las pW, indica que en la mayoría predomina el texto escrito sobre el lenguaje visual. A su vez, las animaciones y los videos solo se presentan en cinco páginas o menos, y la forma

gráfica más frecuente son los esquemas tal como mapas conceptuales, diagramas, etc. (Figura 5.5). Por lo tanto, las pW no estarían aprovechando las posibilidades que tiene el soporte electrónico para presentar al contenido en estos otros lenguajes. Un aspecto interesante a destacar es que las animaciones y videos incluidos no presentaron errores conceptuales, de manera que serían recursos disponibles y recomendables para el uso de los docentes en la enseñanza de la biotecnología, ya que pueden ayudar a comprender conceptos abstractos o complejos.

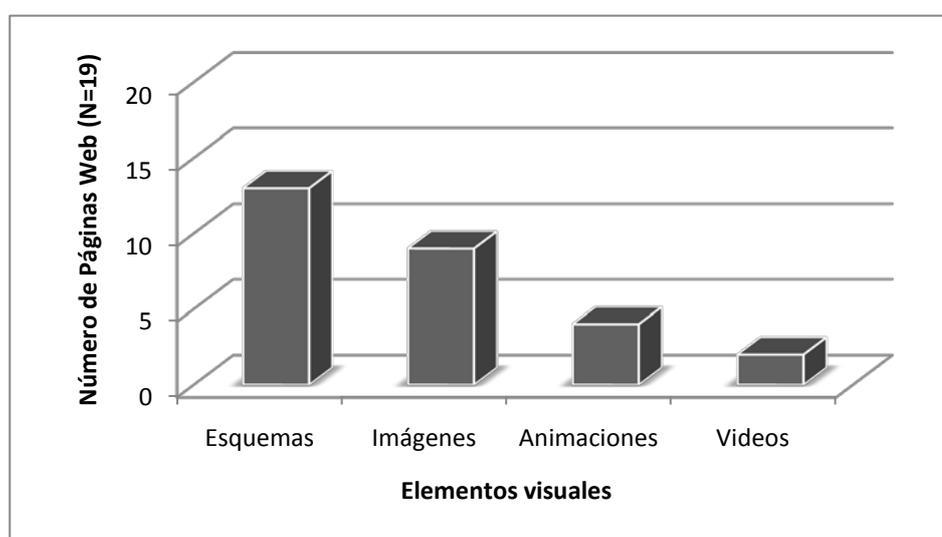


Figura 5.5. : Inclusión de elementos visuales en páginas Web.

5.3.3 Construcción del conocimiento científico

En este análisis se consideraron diferentes aspectos referidos a la construcción del conocimiento científico utilizando para ello cuatro niveles diferentes (Tabla 5.5). A partir de este análisis, se observó que aproximadamente la mitad de las pW incluyen una visión de conocimiento como un producto humano atravesado por diversas posturas y a su vez, que éste se produce en un contexto social, político y económico particular.

Tabla 5.5: Aspectos epistemológicos de las páginas Web.

Niveles	Número de Páginas	
	Si	No
a) Se presenta a las ideas como verdades únicas o radicales.	8	11
b) Se plantea al conocimiento como objetivo	6	13
c) Se muestra al conocimiento como un producto humano atravesado por diversas posturas.	9	10
d) Se considera el contexto en el cual se produce el conocimiento	11	8

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. Si bien no todas las páginas Web incluyeron estos factores contextuales varias de ellas sí lo hicieron. Por otra parte, relacionando estos aspectos con los elementos contextuales que presentan los libros de texto, ya sabemos por investigaciones previas (Occelli, 2011) que estos materiales presentan pocos elementos contextuales en el abordaje de contenidos biotecnológicos. Por lo tanto, ante esta ausencia de diversas posturas en los libros de texto, un aspecto interesante para incorporar en las prácticas educativas sería la utilización de las páginas Web para complementar la información presentada en los libros.

5.3.4 Actividades y procesos cognitivos

En relación a las actividades presentes en las páginas Web, como ya hemos adelantado en el capítulo 3 (apartado 3.1), presentaron con frecuencia solo situaciones problemáticas; es por ello que centramos el análisis en la resolución de problemas. Para ello, consideramos la inclusión de datos y preguntas, la presencia de problemas resueltos a modo de ejemplos o la incorporación de una guía para el razonamiento que exige la resolución del problema y la devolución automática de las respuestas correctas o incorrectas. De manera complementaria, en función de las posibilidades hipertextuales que plantean las TIC, analizamos qué procedimientos se promueven a través de la “visita” y la inclusión de juegos educativos interactivos. Para estos últimos examinamos la presencia de actividades (posteriores al juego) que propiciaran una reflexión de los conceptos involucrados y del proceso de aprendizaje experimentado.

A partir de estos análisis, encontramos que sólo cinco pW incluyeron datos y preguntas explícitas en las situaciones problemáticas propuestas. A su vez, tres pW incorporaron problemas resueltos a modo de ejemplos o una guía para el razonamiento que exige la resolución del problema y solo una pW incluye devolución automática de las respuestas correctas o incorrectas. Por lo tanto, si bien estas actividades pueden ser interesantes, requieren de la selección por parte del docente y de su tratamiento en situaciones didácticas áulicas.

A partir del estudio de los procedimientos que favorecen las actividades propuestas se observó que en general, las actividades incluidas en las pW apuntaron hacia la interpretación, la búsqueda y la organización de la información (Figura 5.5). Es interesante destacar que en los libros de textos se observó un alto porcentaje de actividades que solicitan la búsqueda de información, y no desarrollan los conceptos claves para su resolución, lo cual pone en evidencia que los libros plantean actividades que no pueden resolverse con la información presente en el texto (Occelli, 2011). Por lo tanto, la consulta de pW es incentivada por los mismos libros de texto. La propuesta de buscar información, también se evidencia en las pW, sin embargo, en el contexto virtual el direccionar a otras

páginas a través de links específicos resulta un aspecto muy positivo ya que potencia la pluralidad de opiniones.

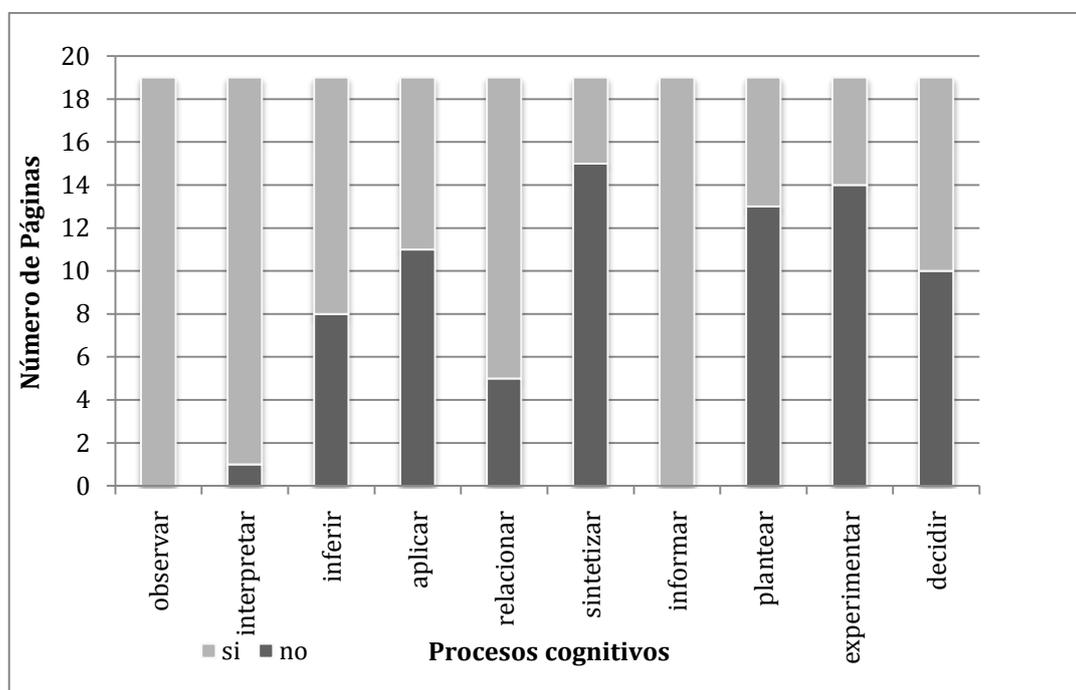


Figura 5.5.: Procesos cognitivos promovidos a través de las actividades propuestas en las páginas Web.

Por último, analizamos de manera específica la inclusión de juegos educativos interactivos y su funcionalidad en las páginas Web. A diferencia de lo que se podría esperar para este formato electrónico, no se presentaron ningún tipo de juego didáctico en las páginas Web incluidas en este estudio.

5.4 Concepciones y actitudes de docentes hacia la biotecnología

En este apartado abordaremos cuáles son las *concepciones* y las *actitudes* de los docentes hacia la biotecnología y su relación con las decisiones didácticas de selección de contenidos o estrategias de enseñanza.

Las concepciones de los docentes sobre biotecnología se encontraron diversificadas en tres posturas principales. En primer lugar, encontramos un grupo que principalmente la comprenden como una tecnología, en segundo lugar están aquellos que la comprenden como tecnociencia desde una concepción vinculada a la ingeniería genética, y en tercer lugar como una tecnociencia vinculada a

procesos de modificación tradicional de los seres vivos (Tabla 5. 6). Por lo tanto, no se puede afirmar que en los docentes de biología exista una tendencia general referida a las concepciones de biotecnología.

Tabla 5.6: Porcentaje de docentes que expresaron diferentes concepciones en relación a biotecnología.

Concepto de biotecnología	Porcentaje (N= 49)
Tecnología que se aprovecha de procesos de los seres vivos para obtener beneficios a partir de ello	33,3 %
Tecnociencia que modifica genéticamente a los seres vivos para obtener provecho con ello	27,1 %
Tecnociencia que modifica a los seres vivos o a su metabolismo para obtener provecho de ellos	20,8 %
Ciencia que estudia cómo modificar genéticamente a los seres vivos.	8,3 %
Ciencia que estudia procesos biológico	2,2 %
No contesta	8,3 %

Con el objetivo de estudiar las posibles relaciones entre las concepciones de biotecnología de los docentes y la selección de contenidos que realizan para sus asignaturas, se estudió la asociación estadística (χ^2 , $\alpha=0.05$; g.l.=1) entre estas respuestas. Así, examinamos si la expresión de una concepción vinculada a la ingeniería genética estaba asociada a la selección de dichos contenidos para enseñar en el aula, o si la expresión una concepción actual de biotecnología que incluya a los procesos de modificación tradicional, se vinculaba a la selección de conceptos como elaboración de cerveza, pan, vino, etc. (Tabla 5.7).

A partir de los resultados obtenidos, observamos que en todos los casos estas respuestas resultaron distribuirse de manera independiente. Por lo tanto, no se puede asegurar que la concepción de biotecnología del docente sea un factor condicionante en la selección de los contenidos que realizan.

Tabla 5.7: Relación entre la concepción de biotecnología de los docentes y los contenidos que seleccionan para su asignatura

Contenidos seleccionados		Test de independencia	Relación observada con la concepción de biotecnología
Biotecnología tradicional	Producción de cerveza	$\chi^2= 2,584$ $p= 0,275$	Independencia
	Cultivo de plantas	$\chi^2= 1,911$ $p= 0,385$	Independencia
	Elaboración de pan	$\chi^2= 1,189$ $p= 0,552$	Independencia
	Elaboración de vino	$\chi^2= 3,313$ $p= 0,191$	Independencia
	Conservación de alimentos	$\chi^2= 1,189$ $p= 0,552$	Independencia
Biotecnología moderna	Ingeniería Genética	$\chi^2= 0,715$ $p= 0,699$	Independencia
	Proyecto Genoma Humano	$\chi^2= 4,608$ $p= 0,1$	Independencia
	Producción de anticuerpos monoclonales	$\chi^2= 0,764$ $p= 0,682$	Independencia
	Clonación	$\chi^2= 5,943$ $p= 0,51$	Independencia
	Transgénicos	$\chi^2= 0,421$ $p= 0,81$	Independencia
	Terapias génicas	$\chi^2= 3,787$ $p= 0,151$	Independencia

Por otra parte, en relación a las *actitudes* de los docentes hacia la biotecnología, se encontró que la opinión general (55 %) se centró en que “si bien existen ventajas y desventajas, sus aplicaciones son beneficiosas”. Mientras que el 24,5 % de presentó una postura intermedia entre los beneficios y posibles perjuicios y un 18,4 % indicó que principalmente era beneficiosa para la vida de las personas.

En cuanto a las aplicaciones biotecnológicas específicas, se observó de manera coincidente con lo registrado por otros autores (Atienza y Lujan, 1997; Díaz Martínez y López Peláez, 2007), que la mayoría de los docentes encuentra más aceptable la modificación genética de plantas y microorganismos, que en animales o humanos (Figura 5.7). Como se muestra en el siguiente apartado (5.6), esta posición coincide con las actitudes expresadas por los estudiantes de la escuela secundaria. En cuanto a las plantas, los docentes solo manifestaron baja aceptación de la modificación de plantas “para el cultivo en suelos salinos”. Posiblemente esta

negativa se encuentre relacionada a ideas de conservación ambiental de los sistemas ecológicos. Este resultado coincide con lo registrado por Mohapatra et al. (2010) en docentes de la India.

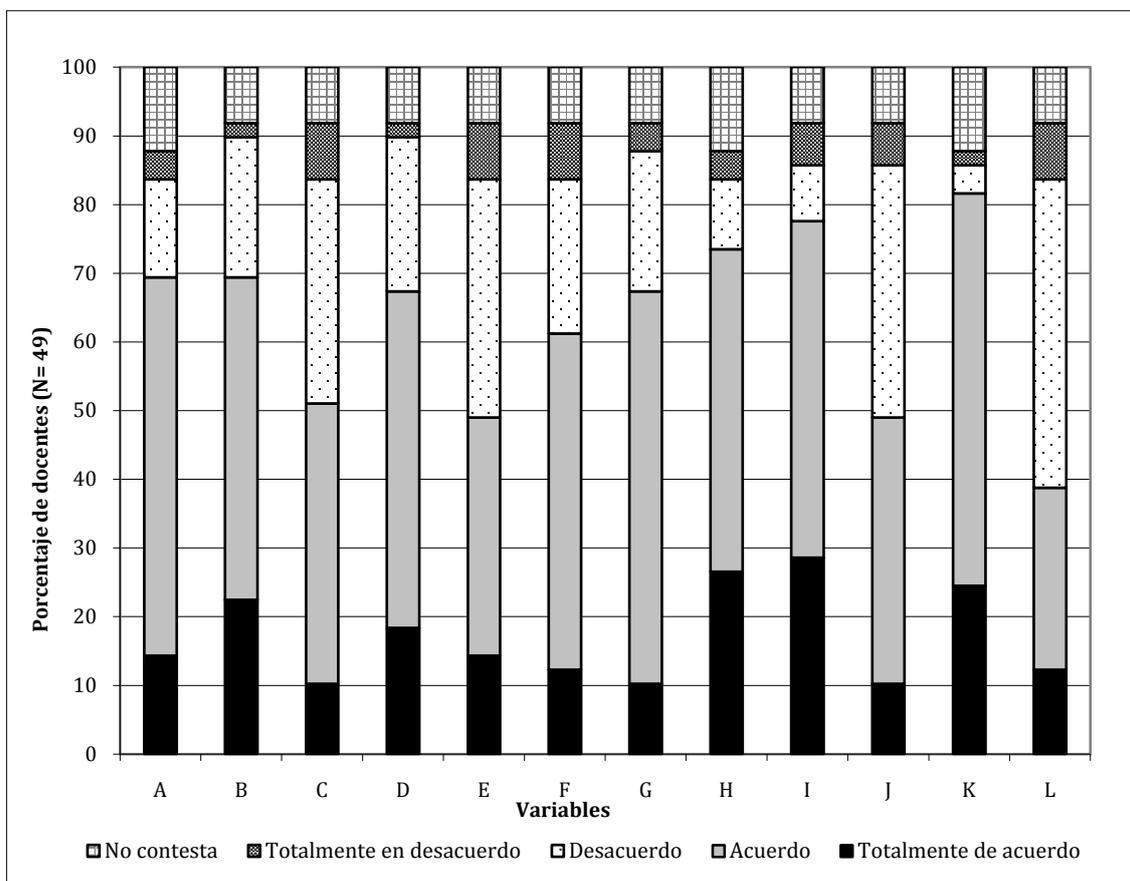


Figura 5.7: Grado de acuerdo ante aplicaciones biotecnológicas. A: En microorganismos para producir medicamentos; B: En bacterias para mejorar alimentos; C: En células humanas para terapias génicas; D: En plantas para mejorar su valor nutricional; E: En plantas para su cultivo en suelos salinos; F: Clonación de plantas; G: En vacas para producir medicamentos; H: En plantas para resistencia a insectos; I: En frutas para mejorar su sabor; J: En animales para mejorar la calidad de su carne o leche; K: En plantas para demorar su maduración; L: Clonación de animales.

Hasta aquí hemos desarrollado el contexto en el cual se aborda a la biotecnología a partir de las prescripciones curriculares, los materiales y las concepciones y actitudes de los docentes. En la próxima sección intentaremos encontrar respuesta a algunos interrogantes básicos acerca del impacto que tiene el abordaje de la biotecnología en los estudiantes.

5.5 Concepciones y actitudes de estudiantes hacia la biotecnología

Para el estudio de las concepciones y actitudes hacia la biotecnología de los estudiantes de escuela secundaria, utilizamos un cuestionario semiestructurado (Anexo 3) que fue aplicado a 836 estudiantes de 3º año y 471 estudiantes de 6º año. A través de este instrumento indagamos cómo perciben haber estudiado biotecnología en la escuela los estudiantes, qué concepciones, qué actividades vinculan con la biotecnología, qué riesgos perciben de estos procesos y aplicaciones, cuáles son sus actitudes en relación a estas innovaciones tecnológicas y cómo seleccionan medios de comunicación para informarse acerca de estas temáticas. Los resultados que se presentan a continuación se ordenaron de acuerdo a los interrogantes antes mencionados.

Un aspecto general observado que deseamos aclarar es que los estudiantes de tercer año presentaron un mayor porcentaje de respuesta sin responder que en el grupo de los estudiantes de sexto año. Es por ello que en algunos aspectos solo se analizan las respuestas expresadas por los estudiantes de sexto año.

5.5.1 Estudio de biotecnología en la escuela

Un primer aspecto a destacar es que el 63 % de los alumnos de tercer año expresaron no haber estudiado biotecnología en la escuela y un 25 % no respondió a esta pregunta. Mientras que el 50 % de los alumnos sexto año expresaron que sí estudiaron biotecnología en la escuela. Dentro de este último grupo identificaron en general materias de la especialidad, y en algunas instituciones la materia específica de biotecnología (Figura 5.8).

El alto porcentaje de estudiantes de tercer año que indicaron no haber estudiado biotecnología en la escuela, posiblemente respondieron con esta negativa en función de no haber tenido una asignatura que se llame de esta forma o una unidad específica. Proponemos esta explicación debido a dos factores. Por un lado varios estudiantes respondieron de manera explícita que no habían estudiado biotecnología porque esta asignatura la tenían recién en sexto año. Por otro lado,

los alumnos de tercer año sí lograron establecer vinculación entre la biotecnología y algunas actividades específicas, como se detalle en la sección 5.5.3.

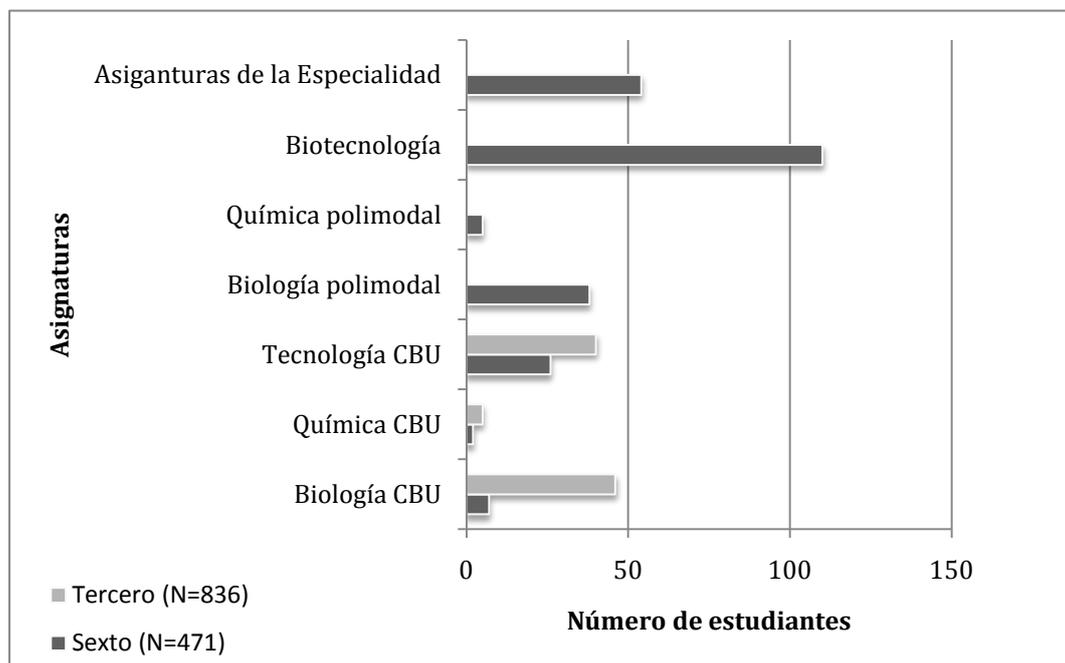


Figura 5.8: Asignaturas en las cuales los alumnos de sexto y tercer año identifican haber estudiado biotecnología.

En cuanto al tipo de actividades que recordaban haber realizado los alumnos de sexto año, se observa que la lectura es una de las actividades más frecuentes, luego los trabajos prácticos, la elaboración de productos (yogurth, pan, cerveza, etc.) y la resolución de problemas (Figura 5.9). Esta información coincide con la expresada por los docentes en cuanto a qué estrategias de enseñanza utilizan, los cuales en su mayoría indicaron en primer lugar desarrollar estrategias de tipo tradicional y en segundo lugar nombraron aquellas vinculadas específicamente a la enseñanza de las ciencias (sección 5.2.2).

Estas respuestas referidas a la asignatura en la cual perciben haber estudiado biotecnología y las actividades desarrolladas en el aula, indican que la biotecnología es desarrollada como contenido en general en el contexto de la especialidad en Ciencias Naturales y en menor proporción en las asignaturas de Biología y Tecnología. Con respecto a qué tipos de actividades se plantean se observa que los alumnos identifican tanto estrategias tradicionales como otras vinculadas específicamente a la biotecnología.

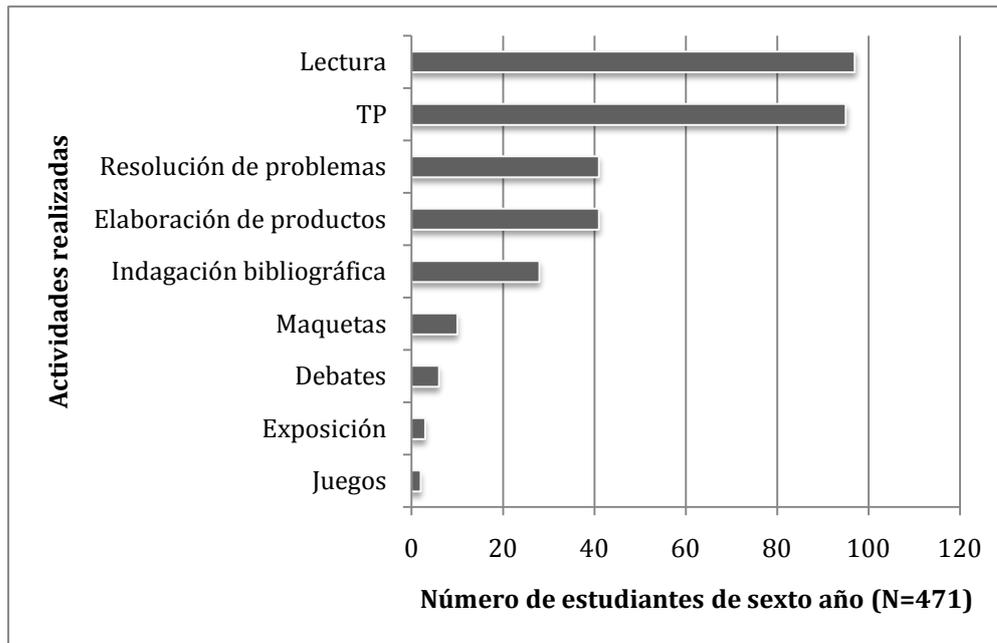


Figura 5.9: Actividades realizadas por los estudiantes de sexto año para estudiar biotecnología

5.5.2 Concepciones de biotecnología

En cuanto a qué entienden los estudiantes por biotecnología, realizamos una pregunta abierta, y en función de las diferentes respuestas obtenidas se construyeron las siguientes seis categorías y sus indicadores, los cuales se detallan a continuación:

Definición Tradicional: considera actividades tales como la domesticación de animales, transformación y aprovechamiento de las propiedades curativas de algunas plantas, producción de alimentos utilizando los procesos fermentativos microbianos, etc.

Definición a través de Ingeniería Genética: solo incluye los procesos referidos a la Ingeniería Genética sin considerar los vinculados a los procesos tradicionales de modificación, ni su carácter multidisciplinario.

Definición a través de la multidisciplinariedad: incluye tanto los procesos tradicionales como los modernos, de manera que se la considera como una

actividad basada en conocimientos multidisciplinarios que utiliza agentes biológicos para hacer productos útiles o resolver problemas.

Definición a través de la etimología de la palabra: utiliza la etimología de la palabra para expresar que se refiere a una vinculación entre biología y tecnología.

Definición que expresa errores conceptuales

No contesta

En cuanto a la frecuencia de estas categorías, encontramos que muy pocos alumnos lograron expresar una respuesta que muestre comprensión del término (Figura 5.10). Los tres primeros tipos de respuestas ponen en juego conocimientos vinculados a la biotecnología; por el contrario las respuestas restantes indican la ausencia de éstos. Cabe destacar el alto porcentaje (73 %) de alumnos de tercer año que no contestaron esta pregunta, lo cual posiblemente se vincula a la necesidad de elaborar una respuesta, ya que en preguntas cerradas no encontramos un porcentaje tan alto de estudiantes que no la contesten.

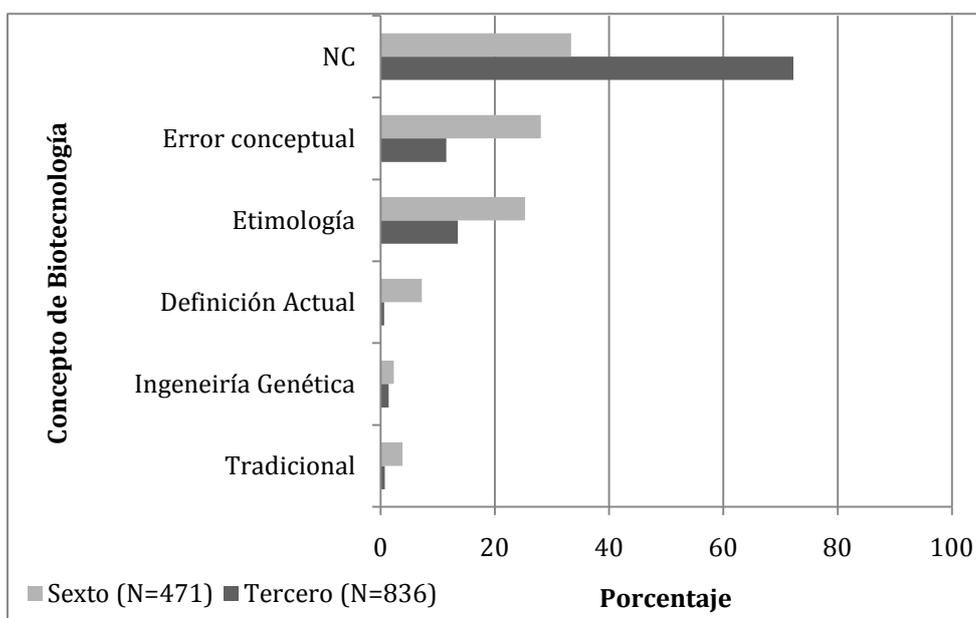


Figura 5.8: Conceptos de biotecnología aportado por los estudiantes de tercero y sexto año de la escuela secundaria.

Estos resultados coinciden con lo encontrado por nosotros en un estudio preliminar realizado con estudiantes de quinto año de la escuela secundaria, quienes en su mayoría tuvieron dificultades para definir a este término (Ocelli et al., 2011). Asimismo, esta tendencia también coincide con lo registrado por Aznar (2000), quien en su revisión bibliográfica indica que tanto adultos como estudiantes pueden reconocer el término, pero no demuestran comprenderlo en toda su amplitud.

Un aspecto que nos interesó poner en evidencia fue la posible relación entre reconocer el estudio de biotecnología en la escuela y el concepto que de ella se expresa. Para esto realizamos un análisis de la independencia de estas respuestas a través de un test de χ^2 , el cual arrojó un valor de 26,926 (g.l.= 1) y $p=0,000$. Este resultado indica que ambas respuestas no se distribuyen de manera independiente. Al estudiar la relación entre las frecuencias observadas y las esperadas, se distingue que sí habría una relación positiva entre lograr una definición para biotecnología y haber estudiado este tema en la escuela. Por lo tanto, la enseñanza específica de estos contenidos estaría facilitando que los alumnos comprendan a este término.

5.5.3 Concepciones sobre actividades biotecnológicas

Por otra parte, estudiamos cómo relacionan los alumnos de sexto año a las diferentes actividades biotecnológicas con el término biotecnología. Encontramos que aunque la mayoría de los estudiantes no lograron definir a este término, sí pudieron identificar varias áreas temáticas muy o medianamente relacionadas a la biotecnología (Figura 5.11).

Las actividades más vinculadas por los estudiantes fueron aquellas que requieren de ingeniería genética, como la elaboración de vacunas, la clonación o la producción de anticuerpos monoclonales. Por otro lado, las actividades que resultaron menos relacionadas por los estudiantes fueron aquellas vinculadas a la biotecnología tradicional como la elaboración del pan, el vino o la cerveza y la

conservación o producción de alimentos. Asimismo, también fueron menos los estudiantes que vincularon a la biotecnología con la bioética.

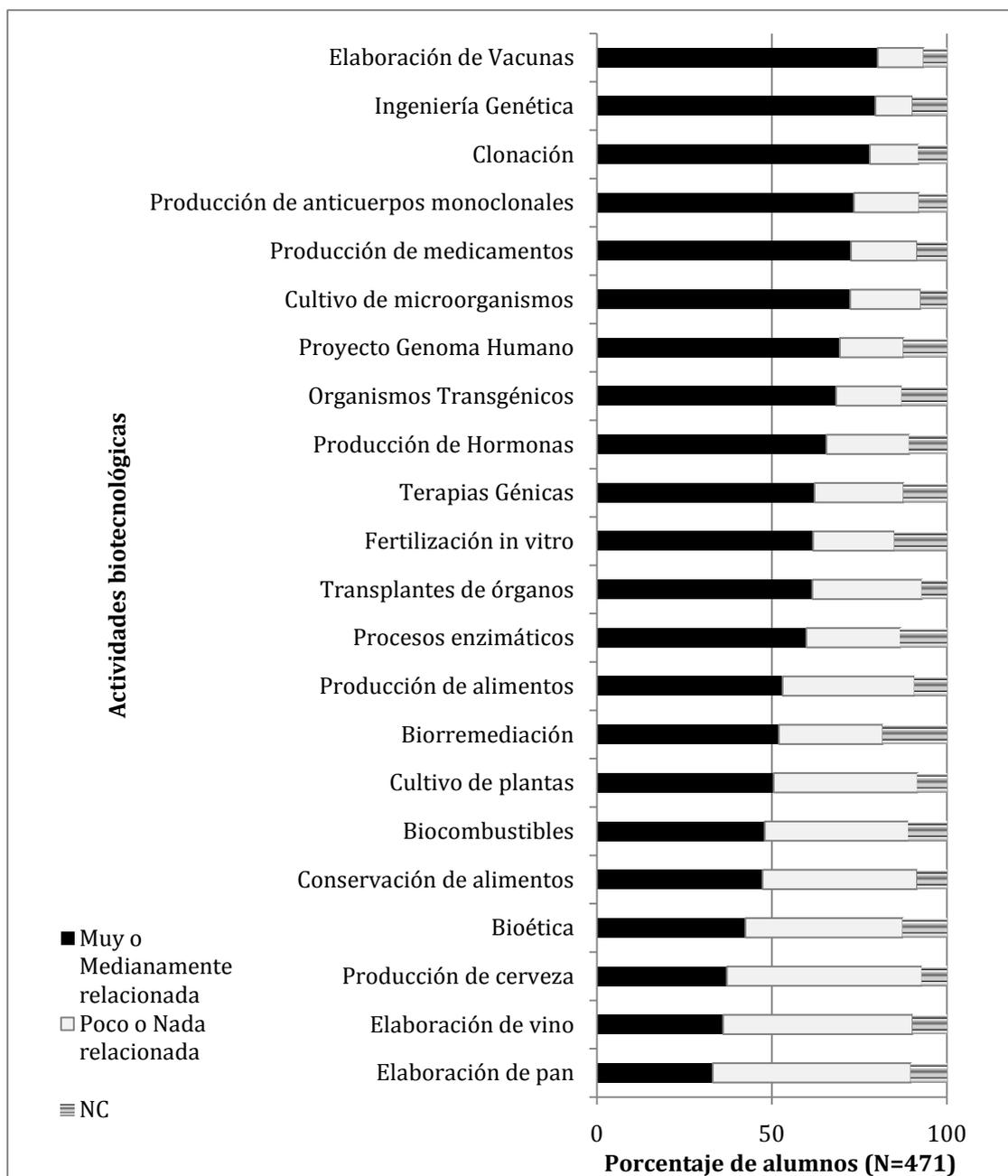


Figura 5.11: Relación percibida por los estudiantes de sexto año entre diferentes actividades y la biotecnología.

Al comparar las respuestas entre los estudiantes de tercero y sexto año, observamos una tendencia similar. Sin embargo, en general, el porcentaje de alumnos que establecen mucha o mediana relación con la biotecnología es igual o menor que los alumnos de sexto año (Figura 5.12). El hecho de que los estudiantes no establezcan relaciones con los procesos de tipo tradicionales, como son la

producción de alimentos a partir de la fermentación microbiana y otros alimentos clásicos incluidos en su dieta, constituye un resultado que nos lleva a pensar en posibles explicaciones ya que sería esperable que estos procesos biotecnológicos que son tan comunes fueran fácilmente reconocidos.

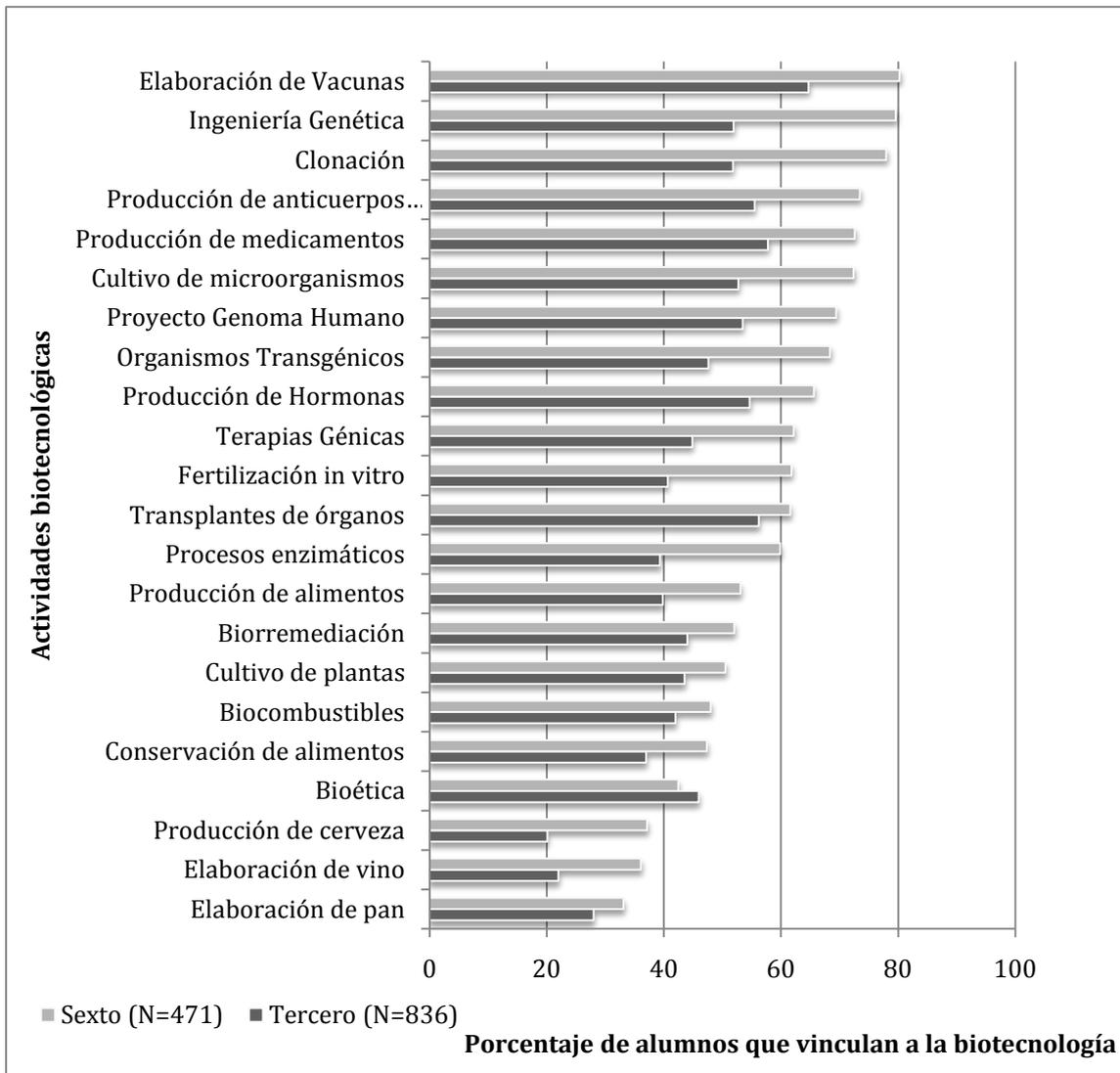


Figura 5.12: Comparación entre alumnos de tercero y sexto año que establecen relación entre diferentes actividades y la biotecnología.

Una causa de este resultado podría ser que éstos no son los procesos biotecnológicos tratados con mayor frecuencia en los medios de comunicación. También puede estar relacionado con el hecho de que en general en las escuelas sólo se abordan procesos y aplicaciones biotecnológicas en el marco del desarrollo de ingeniería genética.

Por otra parte, estos resultados coinciden con lo encontrado por nosotros en un estudio preliminar (Ocelli et al, 2011). La hipótesis que utilizamos en dicho trabajo para explicar estos resultados fue que los estudiantes podrían tener una visión negativa de los microorganismos asociada con patologías más que con asuntos beneficiosos para el hombre (Simonneaux, 2000). Si fuera esta la perspectiva de los estudiantes sería lógico que les resulte extraña la idea de que puedan utilizarse los microorganismos en procesos de elaboración de alimentos como el pan o el yogurt.

Para conocer la validez de esta explicación, en esta tesis estudiamos de manera específica la concepción de los estudiantes en relación a los microorganismos, y planteamos para ello cuatro niveles diferentes:

- A) Son beneficiosos para el hombre y el ecosistema
- B) Causan enfermedades o problemas al ecosistema
- C) Algunos causan enfermedades y otros pueden ser beneficiosas para el hombre y el ecosistema
- NC) No contesta

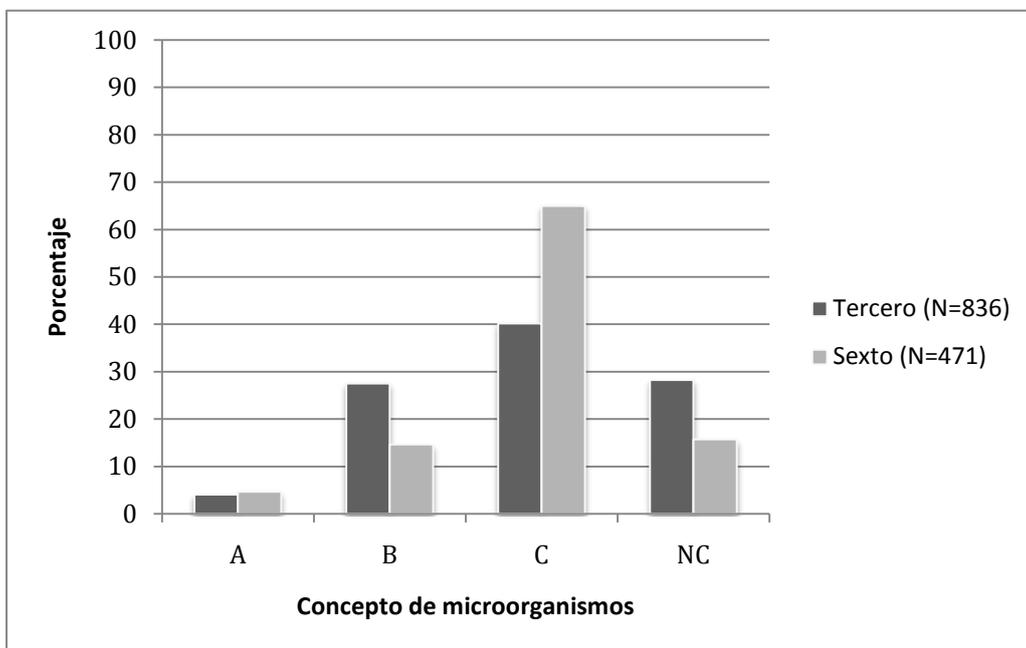


Figura 5.13: Concepciones de los microorganismos. A) Son beneficiosos para el hombre y el ecosistema; B) Causan enfermedades o problemas al ecosistema; C) Algunos causan enfermedades y otros pueden ser beneficiosas para el hombre y el ecosistema; NC) No contesta

A partir de los resultados obtenidos, no pudimos fortalecer esta explicación, ya que el 65 % de los alumnos de sexto año pudo identificar que existen diversos tipos de microorganismos, algunos que pueden causar enfermedades y otros que pueden ser beneficiosos para el hombre y el ecosistema (Figura 5.13). En los alumnos de tercer año, este valor disminuye significativamente (40 %) y aumenta en este grupo el porcentaje que los percibe de manera solo negativa (28 %).

A su vez, al preguntarles si habían comido alguna vez un alimento producido a través del metabolismo de bacterias, el 48 % de los alumnos de sexto año indicó que sí y brindaron diferentes ejemplos (Figura 5.14). Solo el 16 % de los alumnos de tercer año respondieron de manera positiva. Cabe aclarar que los estudiantes identifican de manera indistinta a productos derivados del metabolismo de bacterias u hongos como la levadura.

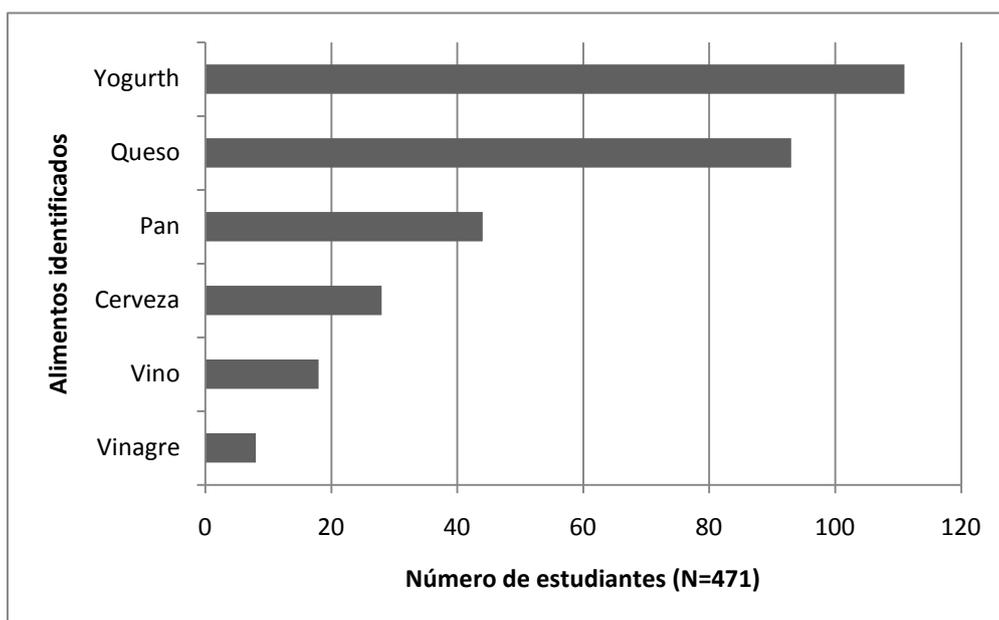


Figura 5.14. Identificación de alimentos como productos del metabolismo de bacterias por parte de los estudiantes de sexto año.

Estos resultados indican que cerca de la mitad de los estudiantes de sexto año podrían comprender el proceso de elaboración de alguno de estos alimentos, lo cual contrasta con la poca relación que estos estudiantes establecieron con la biotecnología. Esto puede deberse a la poca vinculación establecida entre el término biotecnología y los procesos tradicionales, y no a la falta de conocimiento

de dichos procesos biotecnológicos. Por lo tanto, nuevamente toma fortaleza la hipótesis de que estos resultados pueden explicarse por la vinculación frecuente entre ingeniería genética y biotecnología en los medios de comunicación y en la propia escuela por encima de los procesos tradicionales vinculados a estas prácticas biotecnológicas.

5.5.4 Concepciones referidas a genética general y molecular

Otra parte del objetivo de esta tesis nos llevó a indagar qué suficiencia conceptual percibían los estudiantes ante determinados conceptos vinculados a la biotecnología, utilizando para ello dos categorías A): Sentirse capaces de dar una explicación sobre; B) No poder decir qué significa. Esta pregunta resultó ser la más respondida por todos los estudiantes, incluso en algunos casos fue la única que algunos alumnos contestaron.

Se puede observar que los alumnos de sexto año creen tener conocimientos suficientes para explicar el significado de los conceptos referidos a genética (Figura 5.15). Sin embargo, ante los conceptos vinculados a ingeniería genética o a técnicas específicas, los alumnos indicaron no saber qué significan. Estos resultados llaman la atención ya que los docentes expresaron en su mayoría que incluían contenidos de ingeniería genética (sección 5.2.1).

Una posible explicación para esta distancia entre los contenidos abordados por los docentes y el conocimiento expresado por los estudiantes, puede vincularse a las estrategias de enseñanza implementadas en el abordaje de estos conceptos. Los docentes en su mayoría reconocían utilizar estrategias tradicionales (como lectura y exposición dialogada), y quizás no sean estas las estrategias más adecuadas para abordar contenidos complejos como los vinculados a los procesos de ingeniería genética.

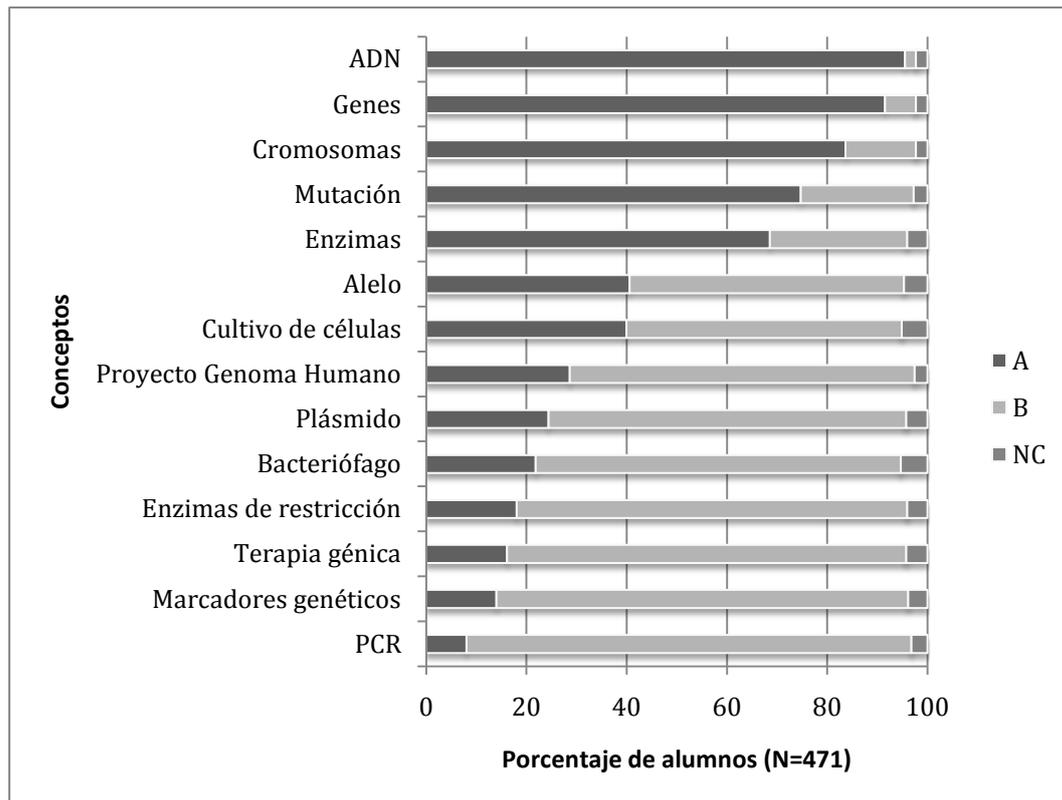


Figura 5.15: Conocimiento expresado por los estudiantes de sexto año ante cada uno de los conceptos presentados. A) Sentirse capaces de dar una explicación sobre; B) No poder decir qué significa; NC) No contesta.

Para tercer año se observa prácticamente la misma tendencia, aumentando el porcentaje de alumnos que sienten no poder decir qué significan la mayoría de los conceptos (Figura 5.16). Estos resultados contrastan con los registrados por Lewis y Wood-Robinson (2000) quienes utilizaron un formato de pregunta muy similar en estudiantes de secundaria de Inglaterra, pero encontraron que la mayoría de los estudiantes expresaban sentir que no podrían decir qué significaban los conceptos referidos a genética.

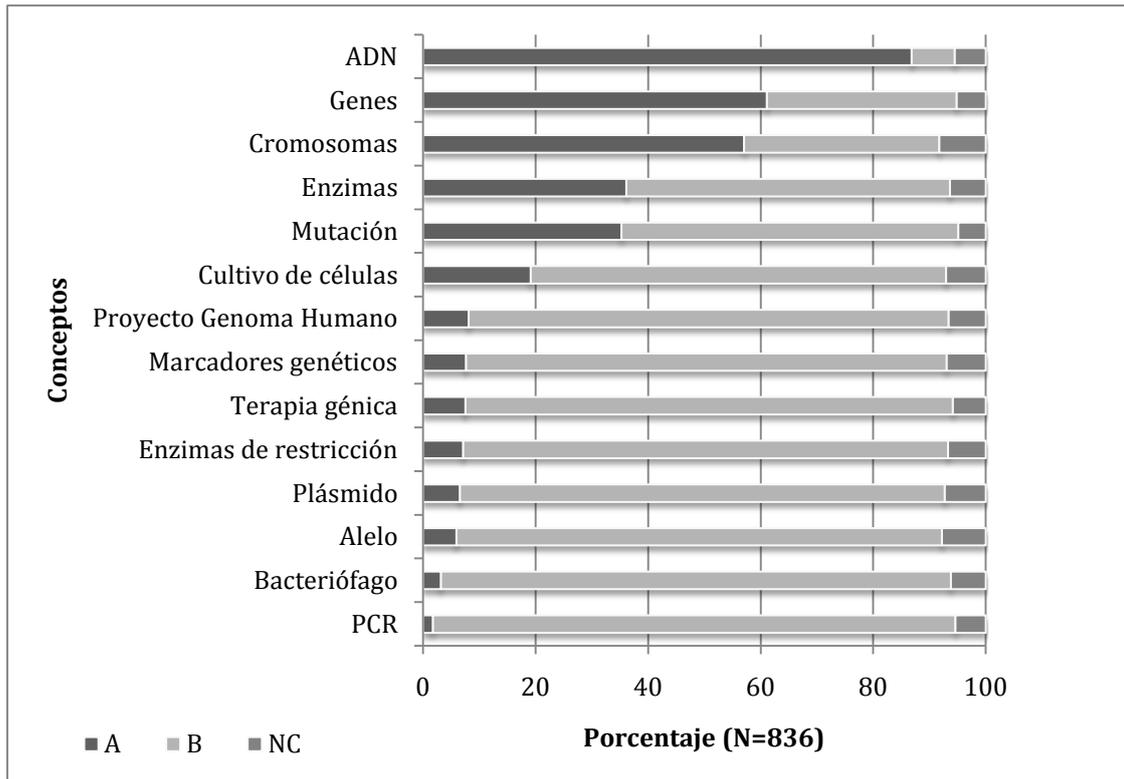


Figura 5.16: Conocimiento expresado por los estudiantes de tercer año ante cada uno de los conceptos presentados. A: Sentirse capaces de dar una explicación sobre; B) No poder decir qué significa; NC) No contesta.

Al comparar las respuestas de los alumnos de tercero y sexto año, observamos una diferencia interesante en el término “alelo”, ya que disminuye en tercer año el porcentaje de alumnos que conocen este término. Esto quizás responda a que en tercer año es probable que aún no hayan estudiado los contenidos de genética mendeliana. Si bien sí expresan conocimientos básicos de genética, es probable que éstos devengan del estudio de la composición celular que corresponde a conceptos abordados probablemente en segundo y tercer año de la escuela secundaria. El estudio de Genética Mendeliana está previsto en el currículo de tercer año, pero es probable que éstos contenidos sean los últimos en abordarse en el año lectivo.

Es claro que esta percepción de comprensión expresada por los estudiantes requiere un estudio de indagación específico para poder afirmar que realmente los estudiantes son capaces de explicar estos conceptos o no. Sin embargo, nos interesa realizar aquí una reflexión en cuanto a lo positivo que significa para el

aprendizaje de la biología, la posible comprensión de estos conceptos genéticos, por ser estructurantes de la Biología, que además de ayudar a comprender procesos biotecnológicos, también son claves para entender otros conceptos como biodiversidad, evolución, dinámica de población, bioética, etc. (Diez de Tancredi y Caballero, 2004). Asimismo, comprender conceptos como genes y cromosomas en el marco de procesos como meiosis y mitosis ayuda a entender cómo tienen lugar los procesos vinculados a la herencia de caracteres en los seres vivos, lo cual es una temática compleja y requiere de un abordaje específico para su aprendizaje (Banet y Ayuso, 2003).

5.5.5. Concepciones sobre los transgénicos

El 92% de los alumnos de tercer año no respondieron las preguntas referidas a este concepto, y una posible explicación para ello es que los alumnos no conocen este término o no saben qué significa. Por lo tanto, a continuación presentaremos y discutiremos solo los resultados vinculados a las respuestas brindadas por los estudiantes de sexto año. Al respecto, solo el 26% de los estudiantes logró identificar que los transgénicos son organismos genéticamente modificados y un 18% expresó que el proceso de elaboración de un organismo transgénico requiere la modificación genética (Figura 5.17).

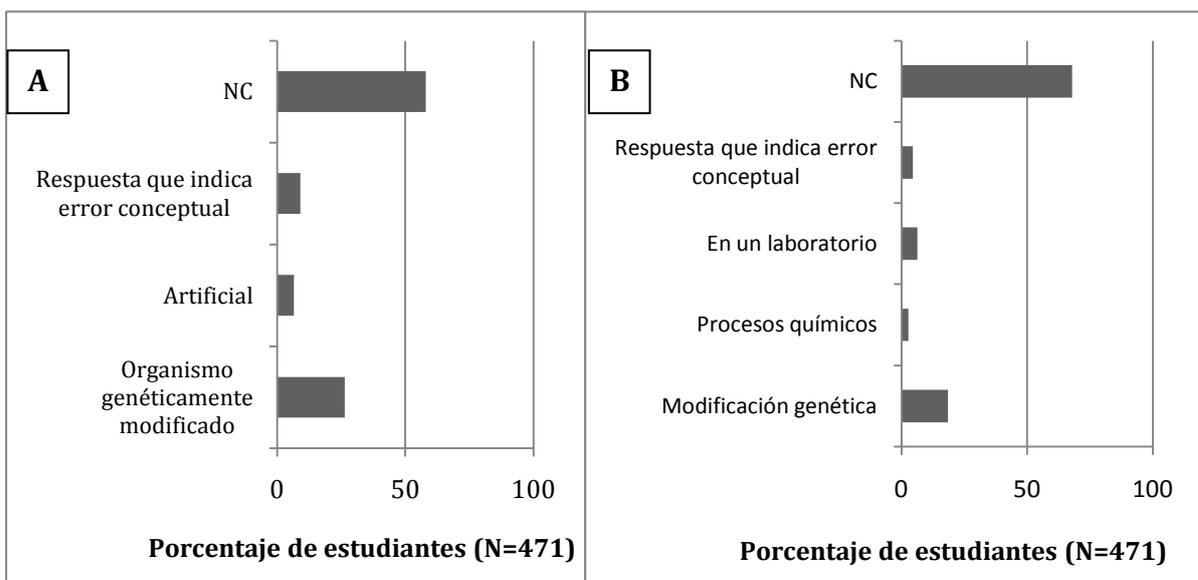


Figura 5.17. A) Concepto de transgénico. B) Concepto del proceso de producción de un organismo transgénico.

Este bajo porcentaje de estudiantes que comprenden qué es un transgénico y cómo se elabora contrasta con los resultados registrados por Mohapatra et al. (2010) en la India. Si bien estos investigadores notaron que los estudiantes de escuela secundaria presentaban errores conceptuales en relación a las aplicaciones de ingeniería genética, la mayoría sí comprendía en términos generales el concepto de transgénico y el procedimiento necesario para su elaboración.

Es interesante destacar que algunos alumnos expresaron entender que los transgénicos eran productos “artificiales” que requerían procesos “de laboratorio”. A partir de estas respuestas se puede pensar que los alumnos colocan a los procesos de laboratorio como sinónimo de intervenciones científicas complejas. Esta asociación trasluce una concepción de biotecnología que coincide con la percepción pública de la ciencia, entendida “como algo mágico que resuelve los problemas con palabras incomprensibles” (Pro Bueno y Ezquerro Martínez, 2005) o como un mundo de tecnologías poco conectado con la realidad diaria y el contexto del ciudadano común (Merino, 1998).

Por otra parte, indagamos acerca de la percepción que tienen los estudiantes en cuanto a la posibilidad de haber utilizado algún organismo transgénico o producto derivado de un transgénico. Encontramos que pocos estudiantes brindaron una respuesta afirmativa (Figura 5.18). Un elemento característico identificado con mayor frecuencia por los estudiantes fue la soja, y luego de manera general verduras y frutas, y dentro de este grupo algunos especificaron organismos como el maíz o el tomate.

Estos hallazgos coinciden con los encontrados por Pedrancini et al. (2008) en Brasil, quienes destacan que los alimentos transgénicos más reconocidos por los estudiantes son aquellos más frecuentemente mencionadas en los medios de comunicación masivos. Asimismo, tampoco sorprende que en particular, la soja sea el componente más identificado, ya que Argentina es el tercer productor mundial de soja transgénica y evidentemente se “habla” de ello en diferentes ámbitos y medios de comunicación.

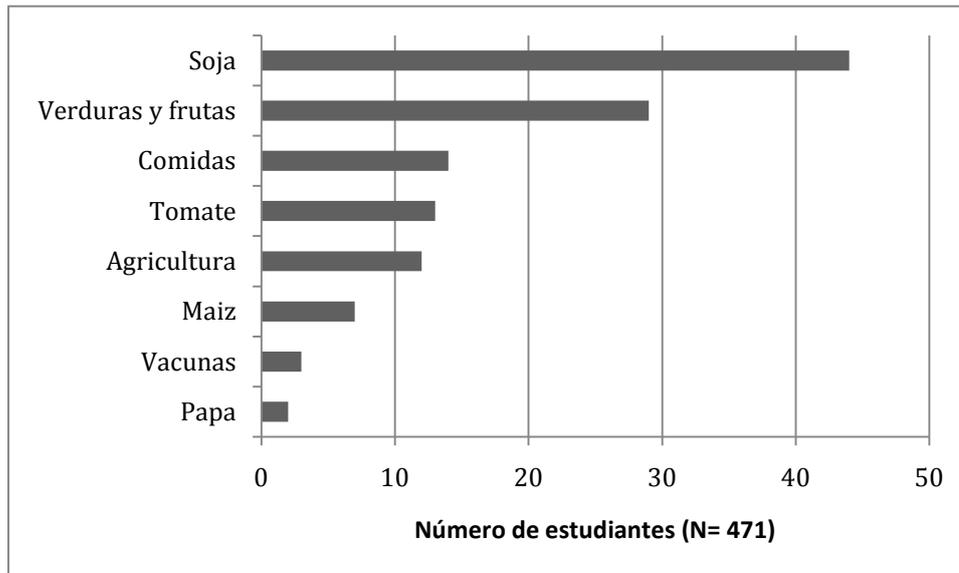


Figura 5.18. Ejemplos de organismos transgénicos o productos derivados identificados por los estudiantes. (Comidas: hace referencia a productos alimenticios que implican manufactura, como alimentos enlatados, comida “chatarra”, etc.)

5.5.6 Transferencia de conocimientos

Otro aspecto que buscamos evaluar fueron las capacidades para utilizar conocimientos biotecnológicos y aplicarlo a situaciones específicas que vinculan problemáticas sociales, y tomamos para ello el concepto de competencias en biotecnología (Scott et al., 2006; Kauertz et al., 2012). Utilizamos como categorías de interpretación una modificación de los niveles de competencias establecidos en el estudio PISA (2009):

Nivel 1-2: tiene un limitado grado de conocimiento científico que le permite aplicarlo en algunas situaciones habituales. Es capaz de utilizar razonamientos directos y hacer interpretaciones literales de los resultados de la investigación científica y de la resolución de problemas tecnológicos.

Nivel 3-4: puede realizar inferencias sobre el papel de la ciencia o la tecnología en determinados fenómenos. Selecciona e integra las explicaciones provenientes de diferentes disciplinas de la ciencia y la tecnología, relacionándolas directamente con las situaciones de la vida cotidiana.

Nivel 5-6: identifica, explica y aplica el conocimiento científico y el conocimiento acerca de la ciencia en una variedad de situaciones. Puede relacionar diferentes fuentes de información y usar la evidencia como prueba para justificar sus decisiones. Demuestra comprensión y razonamiento científico avanzados y se muestra dispuesto a usarlos en situaciones científicas y tecnológicas.

Para evaluar estas competencias se planteó una situación problemática contextualizada que vinculó conceptos y procedimientos del quehacer científico con conocimientos de la enfermedad del dengue, por ser ésta una problemática de salud endémica para algunas zonas de Argentina con alto impacto social (Anexo 3 – Pregunta 10):

- 1) Concepto de secuenciación de ADN -corresponde con un *nivel 1 – 2* de competencia científica (PISA, 2009).
- 2) Concepto de vacuna -corresponde con un *nivel 3 – 4* de competencia científica (PISA, 2009).
- 3) Desarrollo de un diseño experimental -corresponde con un *nivel 5 – 6* de competencia científica (PISA, 2009).

A partir de los resultados obtenidos, encontramos que solo un 23 % de los alumnos de sexto año mostró conocer el concepto de secuenciación de ADN, y la mayoría de los alumnos de sexto (57 %) y de tercero (92 %) no lograron dar una respuesta al respecto. Este resultado puede deberse a que el proceso de secuenciación de ADN no es desarrollado con frecuencia en la escuela secundaria (Steele y Aubusson, 2004). De manera que, los estudiantes no poseen un nivel adecuado de competencias científicas para esta temática.

A su vez, el concepto de vacuna fue entendido solo por el 20,2 % de los estudiantes de sexto año y 9 % de tercero. La mayoría proporcionó respuestas que dieron cuenta de confusiones conceptuales. Por ejemplo, el 39,3 % de los estudiantes de sexto y 32 % de tercero expresaron que “las vacunas constituyen un conjunto de anticuerpos contra la enfermedad viral”. Si bien este concepto es

desarrollado en los años inferiores de la escuela secundaria, parecería que no se alcanza a profundizar lo suficiente en su abordaje, ya que permanecen concepciones equivocadas en los estudiantes.

Las capacidades relacionadas con los procesos científicos resultaron ser las menos desarrolladas. En particular, cuando se solicitó a los estudiantes que realizaran el diseño de una experiencia científica, observamos que menos del 1 % de los estudiantes de ambos años pudieron resolver el diseño de un experimento incluyendo el manejo de variables, una situación testigo y la comparación de los datos. Las siguientes respuestas son ejemplos de este tipo de resolución:

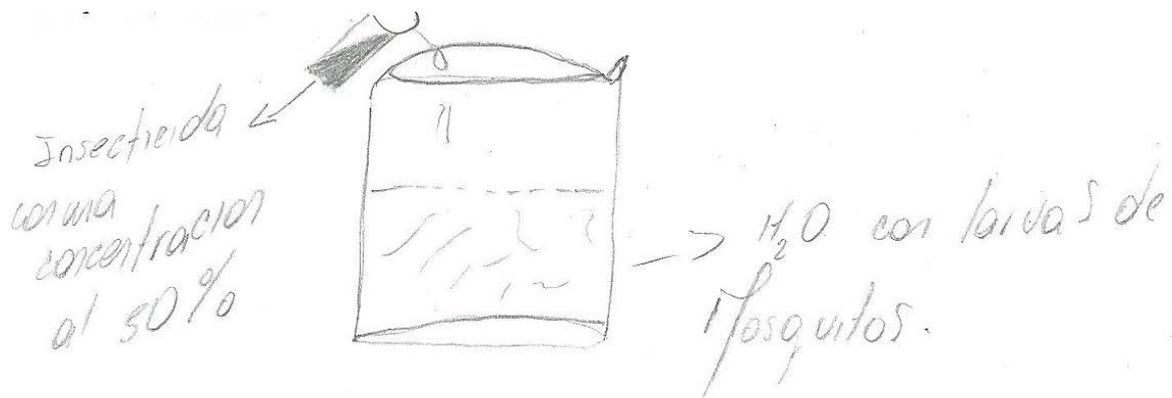
lo que yo haría es, tener 3 recipientes con agua con larvas de mosquitos, al recipiente ① le pondría insecticida con una concentración del 50%, al recipiente ② insecticida con concentración del 10%; y al recipiente ③, nada. Luego comprobaría los resultados.

En laboratorio pondría en 2 recipientes iguales, igual cantidad de agua y de larvas, dejando también larvas en un recipiente en condiciones normales, es decir con agua (igual nivel que en los otros).

en 2 recipientes agrego en cada uno 1 insecticida diferente y luego de determinado tiempo hago un recuento de larvas y comparo con el recipiente de larvas al que no agrego insecticida (muestra testigo)

De esos datos digo que insecticida es más efectivo.

Por otro lado, el 21,4 % logró diseñar un experimento controlando variables y previendo un proceso de comparación de los resultados, pero sin incluir una situación testigo o control. Las siguientes respuestas son ejemplos de este tipo de resolución:



Probaria si con el insecticida al 10% logó eliminar los larvas y luego si no fue así probarlo con el insecticida concentrado al 50%.

Desp. probaria poniendo del insecticida en el agua y con un par de organismos vivos, para ver si este insecticida afecta a otros seres vivos.

Estos estudiantes evidencian un razonamiento mono-conceptual, es decir un tipo de razonamiento desde el cual se interpreta que la solución al problema depende de una sola variable. Esta forma de razonar ha sido registrada como una causa de las dificultades más comunes observadas para resolver actividades experimentales (De Cudmani et al., 2000).

Es importante destacar que más del 55 % de los estudiantes de sexto año y 65 % de tercero no contestaron esta pregunta. Este alto porcentaje de estudiantes que no lograron resolver la actividad nos invita a reflexionar, y un primer aspecto a considerar es la validez del planteo de la situación problemática. Al respecto, es interesante destacar que este ítem sí fue resuelto de manera exitosa en la prueba de validación del instrumento, y por otro lado, algunos de los estudiantes de esta muestra también lograron resolverlo, tanto en tercero como sexto año. Por lo tanto, no consideramos que la ausencia de respuestas se deba a problemas en su formulación, lo cual permite abrir otras perspectivas de análisis para explicarlo. La

primera de ellas es que los estudiantes cordobeses presentan marcadas dificultades en competencias científicas referidas a los procedimientos metodológicos propios de las ciencias, lo cual coincide con los resultados del informe PISA (2006).

En busca de algunas explicaciones a esta situación nos parece interesante analizar las características de las propuestas didácticas que los docentes indicaron realizar en sus aulas. Al respecto, la alta frecuencia de estrategias tradicionales propuestas por los docentes, nos hace pensar que posiblemente el tipo de acercamiento al “hacer científico” que se realiza en las aulas, está vinculado a situaciones de trabajos prácticos que si bien pueden facilitar la comprensión de hechos científicos, proporcionan una imagen de ciencia acumulativa, acabada y principalmente explicativa. Las actividades que requieren de un mayor compromiso cognitivo y que exponen a los estudiantes ante situaciones de diseño experimental, no son las que se observan con frecuencia en las aulas de ciencia (Grau, 1994). Sin embargo, también se encuentran posiciones desde el otro extremo, desde las cuales los docentes creen que las actividades experimentales constituyen la solución para los problemas de aprendizaje en ciencia. Desde esta perspectiva, se plantean numerosas actividades experimentales, pero sin acompañarlas de una adecuada reflexión que permita comprender los procesos de construcción del conocimiento científico (Praia et al., 2002). Por lo tanto, ya sea que los docentes eviten la realización de diseños experimentales o las realicen con suma frecuencia, la clave parecería estar en cómo estas actividades dan lugar a la reflexión para permitir el desarrollo de las capacidades científicas vinculadas al “hacer ciencia”.

5.5.7 Actitudes de los estudiantes hacia la biotecnología

La actitud general expresada por los estudiantes de sexto año (67 %) en cuanto a la biotecnología se centró en que “si bien existen ventajas y desventajas, sus aplicaciones son beneficiosas”. Mientras que solo el 31 % de los estudiantes presentó esta reserva y otro 31 % indicó que principalmente era beneficiosa para la vida de las personas. En cuanto a aplicaciones específicas, se observó que si bien

al igual que lo registrado por otros autores (Atienza y Lujan, 1997; Chen, y Raffan,, 1999; Dawson y Schibeci, 2003; Díaz Martínez y López Peláez, 2007), la mayoría de los estudiantes de ambos años encuentra más aceptable la modificación genética de plantas y microorganismos, que en animales o humanos; esta aceptación se condiciona a los objetivos que se persiguen. En este sentido, se destaca la aceptación de la modificación de células humanas para terapias génicas, y por otro lado el desacuerdo ante la modificación de plantas para que su maduración sea más lenta y entonces su duración sea mayor, o la modificación de frutas para mejorar su sabor (Figura 5.19).

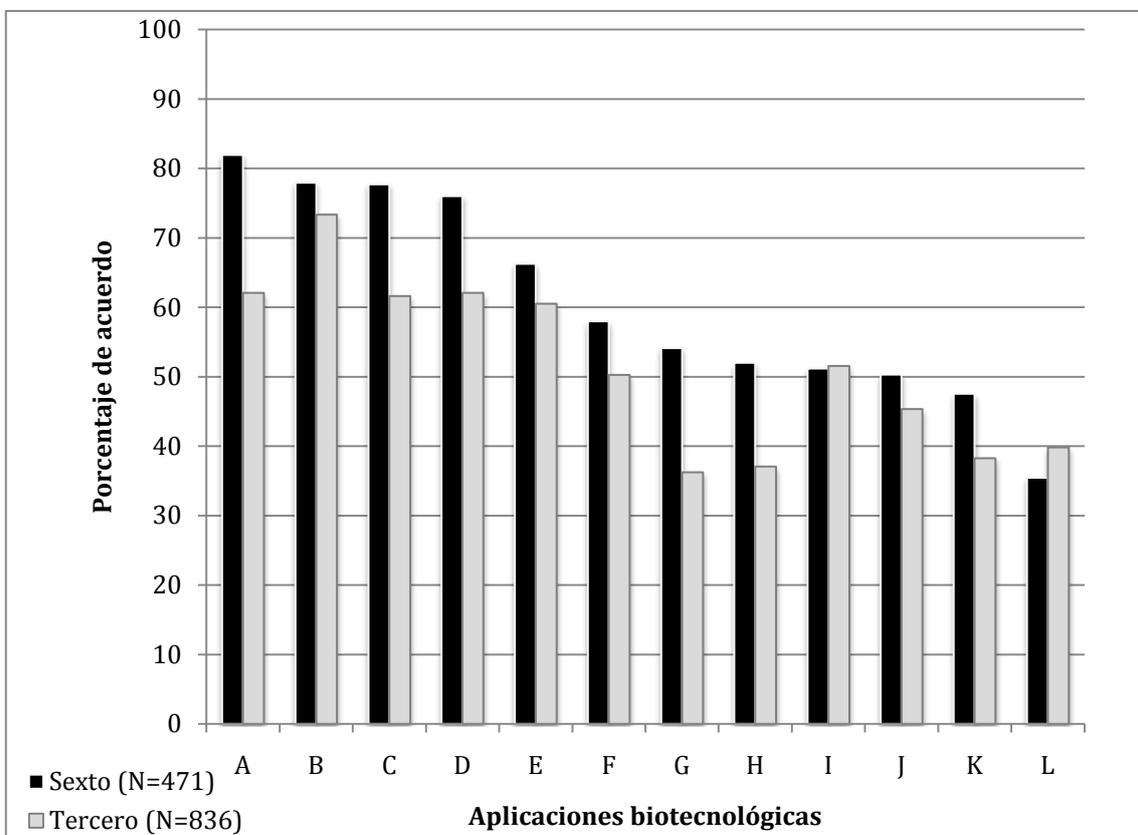


Figura 5.19: Grado de acuerdo ante aplicaciones biotecnológicas. A: En microorganismos para producir medicamentos; B: En bacterias para mejorar alimentos; C: En células humanas para terapias génicas D: En plantas para mejorar su valor nutricional; E: En plantas para su cultivo en suelos salinos F: Clonación de plantas; G: En vacas para producir medicamentos H: En plantas para resistencia a insectos; I: En frutas para mejorar su sabor; J: En animales para mejorar la calidad de su carne o leche; K: En plantas para demorar su maduración; L: Clonación de animales.

Prokop et al (2007) realizaron un estudio de las actitudes hacia la biotecnología de estudiantes universitarios en Eslovaquia y encontraron una correlación entre el

nivel de conocimiento y las actitudes positivas hacia la biotecnología. A fin de comparar estos resultados con los nuestros, seleccionamos el concepto de “enzima de restricción” ya que resulta clave para comprender cualquier proceso de ingeniería genética, y estudiamos su relación con las actitudes hacia las aplicaciones biotecnológicas a través de test de χ^2 Pearson (Tabla 5.8).

Tabla 5.8: Relación entre el concepto de “enzima de restricción” y acuerdos con determinadas aplicaciones biotecnológicas.

	% Acuerdo	Test de independencia	Relación observada
Modificar los genes de plantas para que puedan cultivarse en suelos salinos	63	$\chi^2= 13,723$ $p=0,000$	Asociación positiva entre acuerdo y conocimiento
Modificar los genes de bacterias para el mejoramiento de alimentos	75	$\chi^2= 4,368$ $p=0,042$	Independencia
Modificar genes de frutas para mejorar su sabor	51	$\chi^2= 0,645$ $p=0,429$	Independencia
Modificar genes de plantas para incrementar su valor nutricional	67	$\chi^2= 7,493$ $p=0,006$	Independencia
Modificar genes de tomates para hacer que su maduración sea más lenta y entonces su duración sea mayor	42	$\chi^2= 0,399$ $p=0,533$	Independencia
Insertar genes de microorganismos en maíz para proveerle resistencia a insectos.	42	$\chi^2= 6,714$ $p=0,012$	Independencia
Clonar plantas que presenten características de interés.	53	$\chi^2= 0,303$ $p=0,598$	Independencia
Aplicar ingeniería genética en vacas para producir medicamentos de uso humano	43	$\chi^2= 9,265$ $p=0,003$	Asociación positiva entre acuerdo y conocimiento
Modificar genes de células humanas para el tratamiento de enfermedades genéticas (terapias génicas)	67	$\chi^2= 9,452$ $p=0,002$	Asociación positiva entre acuerdo y conocimiento
Manipular genes de animales para mejorar la calidad de su carne o leche	47	$\chi^2= 0,676$ $p=0,428$	Independencia
Aplicar ingeniería genética en microorganismos para producir medicamentos	69	$\chi^2= 5,781$ $p=0,017$	Independencia
Clonar animales que presenten características de interés.	38	$\chi^2= 0,409$ $p=0,527$	Independencia

Los resultados obtenidos indican que esta asociación solo se observó para tres de los aspectos indagados, y coincide en que dos de ellos se refieren a la aplicación de biotecnología para la obtención de productos vinculados a la salud humana. Por lo tanto, se podría decir que en la valoración realizada por los estudiantes se observa una tendencia a aceptar aquellas aplicaciones biotecnológicas que pueden beneficiar al hombre en su salud, pero rechazan a las que se aplican en los alimentos, lo cual a su vez se encuentra vinculado con el grado de conocimiento de ingeniería genética. Esta reserva de los estudiantes ante la modificación de los alimentos es similar a la registrada para otros países (Gunter et al., 1998; Klop y Severiens, 2007), lo que nos lleva a pensar que la enseñanza de la biotecnología requiere que los docentes diseñemos intervenciones didácticas que brinden oportunidad a los estudiantes de evaluar las aplicaciones biotecnológicas en contextos específicos, de manera que se pongan en juego diversos aspectos científicos, tecnológicos, sociales o ambientales. Pensar en una alfabetización científico tecnológica exige un diseño didáctico y curricular que considere problemáticas concretas y que ponga a los estudiantes durante su proceso de formación en situaciones que le exijan tomar postura y poner en juego sus actitudes (Cabo et al., 2006).

5.5.7.1 Manipulación de células madres

Otra postura que se estudió estuvo vinculada a la utilización o manipulación de células embrionarias (también llamadas células madres) para el desarrollo de terapias génicas. En el caso de los alumnos de tercer año un 59 % no respondió esta pregunta y el 22 % estuvo de acuerdo. Si bien pocos esgrimieron argumentos para tomar esta postura, la mayoría de las justificaciones expresadas mostraron que los alumnos confundían a las terapias génicas con las técnicas de reproducción asistida.

Esta confusión también fue registrada por quienes estudiaron las concepciones de estudiantes de escuela secundaria acerca de las células madres y la clonación (Concannon et al., 2010). Estos autores realizaron una intervención didáctica específica sobre esta temática y encontraron que aún así en algunos estudiantes

persistió esta concepción errónea. Por lo tanto, estas ideas requieren ser abordadas en clase de manera específica y, como plantean estos investigadores, los estudiantes necesitan tener oportunidades para explorar cuáles son sus ideas ante determinados aspectos sociocientíficos que pueden resultar polémicos, contrastar dichas posturas con conocimientos científicos y re evaluarlas a la luz de éstos.

En cuanto a los alumnos de sexto año, encontramos que el 44 % estuvo de acuerdo y la mayoría de las justificaciones aportadas indicaron que lo aceptaban porque la finalidad era adecuada, es decir que a partir de su manipulación se podrían curar o tratar enfermedades genéticas. Sin embargo, otros indicaron las condiciones en las cuales aceptaría dicha manipulación, por ejemplo:

“Estaría de acuerdo si la terapia génica es utilizada para dar una mejor calidad de vida, de lo contrario no” (Estudiante de 6º Año Escuela T, 19 años).

“Estoy de acuerdo que se hagan terapias génicas para mejorar o corregir problemas del individuo pero no para crear a un modelo cambiando el color de los ojos, la piel etc.” (Estudiante de 6º Año Escuela Q, 17 años).

Por último, otros estudiantes indicaron que necesitarían mayor información para poder tomar postura, por ejemplo:

“Creo que puede ser una buena posibilidad pero tampoco quiero ni puedo justificar mucho ya que en el cole no nos han dado este tema. [...] Es un gran tema de debate ya que llega al campo de la ética y de lo que por naturaleza sucede. Por eso, sería mucho mejor capacitarnos y que nos capaciten como debe ser para poder hablar y debatir correctamente” (Estudiante de 6º Año Escuela B, 17 años).

Aquellos estudiantes de sexto año que indicaron no estar de acuerdo con la manipulación de estas células expresaron tres tipos de argumentos. Algunos, al igual que un grupo de los estudiantes analizados por Sadler y Flower (2006) en Estados Unidos, indicaron que no sería moral, pero sin expresar fundamentos par

dicho posicionamiento. Es decir que establecieron argumentos del orden religioso o moral sin vincularlo con conceptos científicos. Otros estudiantes expresaron que es mejor mantener las cosas “naturales” porque toda tecnología trae riesgos y éstos pueden no ser actualmente conocidos. Este tipo de respuesta también fue registrada por un estudio de opinión pública en España, la cual estuvo vinculada principalmente a los jóvenes quienes en su mayoría expresaron temor hacia aquello que no es natural y pueda ser aplicado en el ser humano (Díaz Martínez y López Peláez, 2007). Por último, un grupo menor expresó confusión con las técnicas de fertilización asistida al igual que lo observado en los alumnos de tercer año, y desde estas técnicas plantearon su postura negativa.

En función de estas diferentes posturas (rechazo, aceptación, precaución, necesidad de control, ect.), consideramos importante destacar que tal como lo plantean varios autores (Oulton et al., 2004; Cabo et al., 2006; Klop y Severiens, 2007), las actitudes resultan de complejas relaciones multidimensionales en las cuales interactúa conocimiento, sentimientos, valores morales, cosmovisiones etc., por lo tanto, resultaría erróneo realizar inferencias directas. Sin embargo, también acordamos con estos autores en el valor de conocer las concepciones de los estudiantes para diseñar experiencias didácticas áulicas que incluyan a estas controversias tecnocientíficas. Por último, tal como plantean Elam y Bertilsson (2003) desde una pedagogía pluralista, el disenso y la diversidad de posturas tienen valor por sí mismo, y por otro lado, las actitudes en general son muy estables en las personas. Por lo tanto, el objetivo de las intervenciones didácticas debería ser aportar conocimiento para que ellos puedan reflexionar críticamente acerca de sus actitudes y construir fundamentos para ellas y no necesariamente modificarlas (Tanja et al., 2010). Al respecto, Olsher y Dreyfus (1999) evaluaron el impacto de analizar situaciones problemáticas en el desarrollo de habilidades de argumentación para temáticas biotecnológicas, y encontraron que los alumnos luego de experimentar dichos análisis demostraban capacidades para argumentar con sustento sus puntos de vista. Quizás la incorporación de estas actividades en el abordaje de contenidos biotecnológicos puede colaborar en el desarrollo de habilidades de argumentación.

5.5.8 Evaluación de fuentes de información

Un último aspecto que indagamos fue cómo evaluaban los estudiantes qué fuente de información utilizar ante temáticas biotecnológicas polémicas para utilizarlas en su toma de postura. Encontramos que la mayoría de los estudiantes analizan si la opinión se basa en resultados de investigaciones o si se presenta cómo se analizaron los datos para llegar a esa conclusión (Figura 5.20). Estos resultados estarían indicando que los estudiantes buscan opiniones basadas en fuentes científicas que les permitan conocer su validez a la hora de tomar posturas, es decir que las valoran en función de la validez de las argumentaciones científicas.

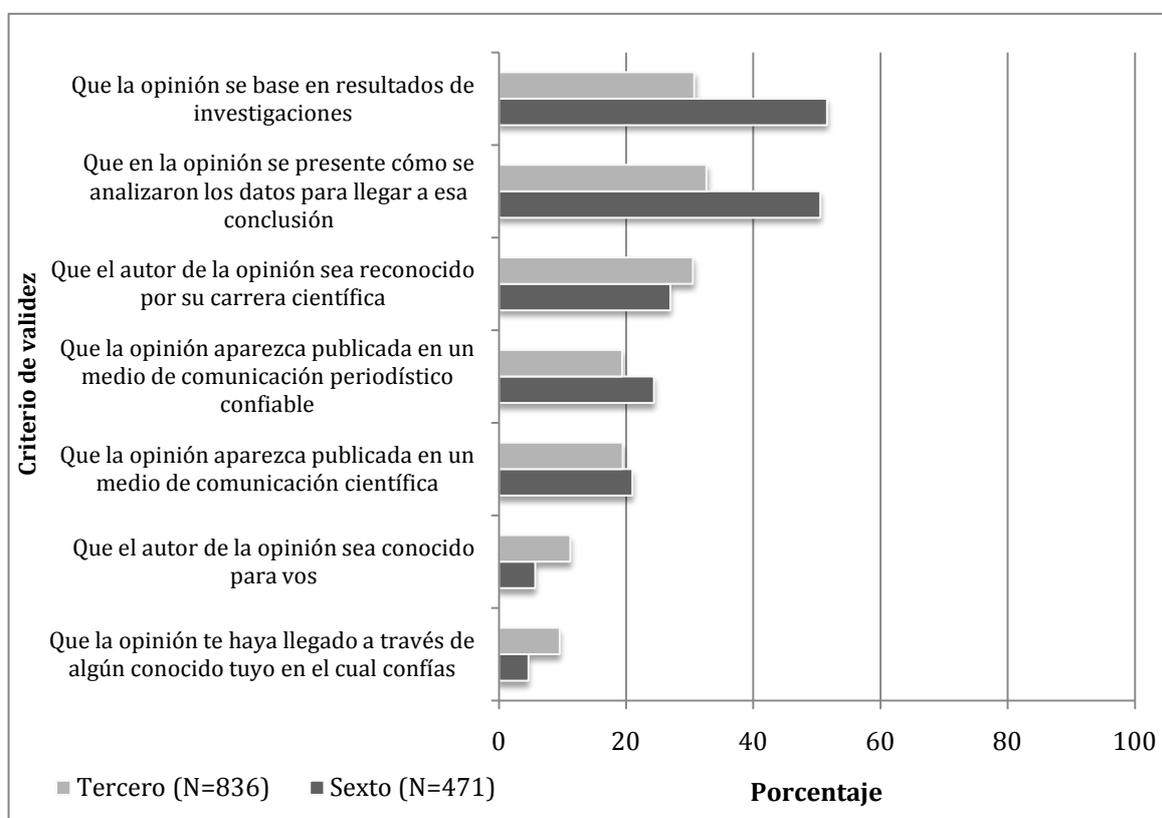


Figura 5.20. Criterios para evaluar fuentes de información vinculadas a biotecnología utilizados por alumnos de sexto y tercer año.

Es interesante destacar los aportes de Sadler (2004), quien a partir de una revisión teórica muestra que si bien los estudiantes, en general, reconocen la necesidad de evaluar estos aspectos, pocos estudiantes cuentan con las habilidades y estrategias necesarias para llevar a cabo dicha evaluación. Asimismo, al comparar los criterios que los docentes expresan aportar a los estudiantes,

encontramos que éstos no se centraron en criterios específicos del dominio de conocimiento (Bos, 2000), que serían los valorados por los estudiantes. Por lo tanto, sería necesario estudiar cómo aplican estos criterios ante diferentes fuentes de información que presenten conceptos referidos a biotecnología, para conocer las capacidades de los estudiantes al respecto.

Para finalizar, en función de cada uno de los análisis realizados pudimos establecer que las prescripciones curriculares para la escuela secundaria proponen el abordaje de conceptos biotecnológicos en las asignaturas de Biología y Tecnología de tercer año, y de manera más profunda en Biología de sexto año. Asimismo, pudimos identificar algunas problemáticas que ofrece la enseñanza de la biotecnología en la escuela secundaria. Un aspecto que focalizó nuestra atención fue que más del 70% del total de los docentes expresaron necesitar capacitación para poder abordar temáticas biotecnológicas en el aula. A su vez, encontramos que aquellas temáticas de biotecnología que presentan debates a la sociedad significan un gran desafío para los docentes, y en algunos casos la falta de conocimientos disciplinares y didácticos específicos tensiona y se posiciona para decidir la no inclusión de la biotecnología. Por lo tanto, a fin de dar respuesta a esta situación seleccionamos el contenido de “transgénicos” para el desarrollo de un curso de capacitación docente que se detalla en el capítulo siguiente.

Capítulo 6

Diseño de un módulo de capacitación docente

En este capítulo se presenta el diseño didáctico realizado a partir del modelo MABV fundamentado en el capítulo 4. Se describe cómo se ha operativizado el modelo a partir de un desarrollo específico, en nuestro caso un curso de capacitación docente denominado “Plantas transgénicas: mitos y realidades”.

En primer lugar se discute por qué hablar de organismos genéticamente modificados o transgénicos implica abordar una temática controvertida y se exponen los principales puntos de conflicto. Luego se presenta la estructura didáctica del curso generado y a continuación se discute cómo este diseño se corresponde con las dimensiones del MABV.

6.1 Controversias acerca de los organismos genéticamente modificados

En el capítulo 2 hemos presentado las características generales de las controversias y en particular cuáles son las que se plantean ante los desarrollos biotecnológicos. Aquí se discute por qué la temática de los organismos genéticamente modificados, también llamados transgénicos, conforma una controversia, y centramos nuestra atención en los vegetales genéticamente modificados. Para ello, comenzaremos describiendo brevemente qué entendemos por plantas transgénicas.

6.1.1 Las plantas transgénicas

Se llama transgénicos u organismos genéticamente modificados (OGM) a aquellos individuos a los que se les ha modificado artificialmente una parte de su patrimonio genético mediante Ingeniería Genética o fusión celular, usualmente mediante la introducción de un nuevo gen perteneciente a otra especie, denominado transgen (Hopp, 2007).

La primera planta transgénica se obtuvo en 1983 con la producción de una planta resistente a antibióticos (*Nicotiana plumbagilifolia* resistente a kanamicina), a partir del mecanismo de infección de *Agrobacterium tumefaciens*. En 1987, apareció en Estados Unidos el primer cultivo transgénico del mundo: el tomate resistente a insectos. Para esa época, investigadores de Monsanto ya habían descubierto el primer gen tolerante a su propio herbicida Round Up (glifosato), y habían comenzado las pruebas de campo con soja, alfalfa y canola transgénicas resistentes a dicho herbicida, las variedades Round Up Ready. El glifosato es un herbicida sistémico de amplio espectro, por lo que hasta antes del surgimiento de las plantas transgénicas resistentes sólo podía ser aplicado en presembrado. Es absorbido por las hojas y se transloca a toda la planta vía floema e inhibe la enzima EPSP (5-enolpiruvil shikimato 3-fosfato sintetasa), que resulta esencial para la síntesis de tres aminoácidos sin los cuales la planta no puede desarrollarse y muere. Estas plantas transgénicas contienen un gen para la síntesis de EPSPS proveniente de *Agrobacterium tumefaciens* (cepa CP4), la cual no es inhibida por

glifosato, soportando la inhibición de la enzima endógena y reconstituyendo la biosíntesis de aminoácidos (Pengue, 2000).

Actualmente se han desarrollado diversas variedades de plantas transgénicas para usos alimenticios. Las modificaciones pueden mejorar el rinde de las cosechas como por ejemplo con las variedades de soja transgénicas resistentes al glifosato, o mejorar la calidad alimentaria como el caso del arroz dorado suplementado con beta-caroteno extra (que al digerirse se convierte en vitamina A.). Sin embargo, un aspecto que ayuda a comenzar a comprender la naturaleza de la controversia vinculada a las plantas transgénicas es que, en general, las modificaciones se han centrado más en el rinde de las producciones que en dar respuesta a las necesidades sociales. Un ejemplo de esta situación se observa en un estudio realizado en Filipinas en relación a los problemas de la producción de arroz y las posibles soluciones en las cuales se trabaja desde la biotecnología (Tabla 6.1).

Tabla 6.1: Problemas asociados a la producción de arroz en Filipinas y potenciales soluciones que puede brindar la biotecnología según orden de importancia modificado de Augsten (2005).

Problema	Orden de importancia de los problemas de la producción de arroz en Filipinas	Orden de importancia de los desarrollos biotecnológicos
Condiciones del mercado	1	16
Posibilidades de riego/suministro de agua	2	13
Secado/Almacenamiento	3	12
Endeudamiento (insumos caros)	4	11
Apoyos públicos casi inexistentes	5	17
Tormentas	6	15
Sistema de transporte ineficiente	7	18
Repartición desigual de la tierra	8	19
Sequía	9	6
Uso elevado de pesticidas	10	4
Baja fertilidad del suelo	11	8
Incipiente investigación y desarrollo	12	10
Infestaciones de parásitos	13	2
Fluctuaciones en los rendimientos	14	5
Inundaciones	15	9
Erosión del suelo	16	14
Enfermedades de las plantas	17	1
Número reducido de variedades	18	7
Calidad deficiente para el consumo	19	3

El trabajo muestra concretamente cuán poco tienen que ver con las preocupaciones reales y carencias de los campesinos las soluciones ofrecidas por

la Biotecnología (Augsten, 2005). Por lo tanto, se puede afirmar que uno de los elementos que causan tensión a la hora de evaluar el desarrollo de OGM es quiénes son los “reales” beneficiarios.

Por otra parte, un eslogan asociado al cultivo de las plantas transgénicas es la promesa de responder a una de las preocupaciones más antiguas de la humanidad: el hambre del mundo. Sin embargo y paradójicamente, muchas personas lejos de apoyarlas las miran con recelo y preocupación. A continuación se exponen argumentos que permiten entender cuáles son los principales puntos de conflicto.

6.1.2 La controversia de los transgénicos

Marín y Battistoni (2001) sintetizan que la polémica acerca de los transgénicos se ha centrado en el riesgo potencial que pueden acarrear a la salud humana y al medio ambiente, así como también para la economía de los países menos desarrollados tecnológicamente. Las opiniones están fuertemente polarizadas. Para unos, los transgénicos son la única solución frente a los grandes problemas de la humanidad: hambre, enfermedad, producción agrícola insuficiente, etc. Para otros constituyen un riesgo de posibles efectos catastróficos e irreversibles, particularmente para el ambiente.

Para comprender la naturaleza de esta controversia comenzaremos el análisis a partir del propio concepto de biotecnología. Ya hemos expuesto que la biotecnología puede entenderse como una tecnociencia en la cual ciencia y tecnología conforman un “haz indisoluble” (Arrellano Hernández y Morales Navarro, 2005). Ahora bien, esta fusión no sólo significa una nueva mirada y apertura de campos de acción, sino que también implica que los valores y fundamentos de la ciencia y la tecnología se ligen entre sí.

El modelo de orientación normativa de la ciencia académica elaborado por Merton en 1977 afirma que los hallazgos de la ciencia son un producto de la colaboración social y son asignados a la comunidad (Vaccarezza y Zabala, 2002). Sin embargo, las producciones tecnológicas si bien pueden desarrollarse para

responder a demandas sociales, en general buscan entrar en el mercado para generar ganancias económicas. La convergencia de estas lógicas hizo que la producción de conocimiento diera un giro hacia su comercialización, a tal punto que se comenzaron a crear empresas y competencias por su mercado. En particular, para el desarrollo de los OGM, Marín y Bismatti (2001) plantean que “cuando el aspecto económico se entrelaza con el análisis de los riesgos y los beneficios que puede acarrear el desarrollo de los OGM, el problema se transforma en algo mucho más complejo: las patentes, la propiedad de las metodologías, la concentración de la producción de las semillas en un número muy reducido de empresas, así como la colocación de los productos en el mercado, son algunos de los elementos que dificultan la toma de decisiones”.

Un breve recorrido histórico puede ayudarnos a ejemplificar cómo la investigación académica en materia de OGM se comienza a mirar desde las orientaciones utilitarias de la tecnología.

La primera compañía biotecnológica del mundo, “Genentech” (como abreviación de “genetic engineering technology”), fue formada en 1976 por Boyer y Swanson. El propósito de esta empresa era producir proteínas que fueran comercializables; en particular tenían interés de lograr la clonación del gen de la insulina humana. Posteriormente, en 1978 en Europa se formó la segunda empresa biotecnológica del mundo, “Biogen”, la cual tenía la misma misión (Watson, 2003). Esta “competencia” por la producción tecnológica de sustancias a través de la modificación de organismos dio lugar a que los investigadores empezaran a pensar en patentar esta producción y con ello se abrió la puerta al patentamiento de la vida. Es así que en 1980 la Corte Suprema de los Estados Unidos admitió una patente para Ananda Chakrabarty, un investigador de General Electric, quien solicitó patentar una cepa de *Pseudomonas* que limpiaba derrames de combustibles a través de la degradación de todos sus componentes. Lo que resulta interesante de destacar es que esta cepa bacteriana no fue obtenida por ingeniería genética, sino que fue seleccionada de manera tradicional, y aunque no hubo un proceso de “invención”, se falló a favor del investigador otorgándosele la patente (Talavera Fernández, 2004).

El patentamiento de un microorganismo dio lugar al de células, elementos intracelulares, plantas, animales (como el ratón “oncomous” para ensayos de drogas contra el cáncer) y genes humanos (la Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos concedió en los últimos veinte años patentes sobre alrededor de 1000 genes humanos o sus fragmentos) (Correa, 2007). Sin embargo, la historia de las patentes de la vida data de varias décadas atrás; ya Louis Pasteur en Francia y luego en Estados Unidos logró patentar a las levaduras en 1873, y luego productores franceses de flores ornamentales lograron la patente de las semillas de sus plantas, argumentando que nunca exigirían la patente de plantas alimenticias (Chaparro, 2006). Quizás para ese entonces, era difícil para aquellos franceses imaginarse que se patentarían semillas de alimentos y mucho menos genes humanos, pero aquellos eventos, sin lugar a duda, fueron su comienzo.

Ahora bien, el derecho al patentamiento es un concepto extrapolado de la tecnología. Las patentes se otorgan al autor de la invención y se le adjudica el derecho exclusivo respecto de las invenciones que protegen, lo cual permite en términos económicos monopolizar un producto por un período de veinte años. Las patentes nacieron para proteger invenciones mecánicas en el siglo XV, luego a partir de la imprenta en el siglo XVII se establecieron los derechos de autores e inventores, con el objetivo de garantizar algún estímulo para que produjeran más y de manera independiente de la voluntad de los editores, los mecenas y los gobiernos, y así pudieran vivir de su obra. Sin embargo, a lo largo del tiempo se ha observado que se ha fallado respecto de esas intenciones, al mismo tiempo que las patentes han sido utilizadas con intenciones que no eran las originales, esto es, la apropiación de este conjunto de saber colectivamente construido pero individualmente asignado, y que en la actualidad ha pasado a manos de las grandes corporaciones (Chaparro, 2006). Aún a sabiendas de que este sistema no protege a los autores, las patentes se extendieron como ya comentáramos a procedimientos sobre microorganismos y sustancias aisladas de la naturaleza.

En el campo de la biotecnología, las patentes comenzaron a tener lugar a partir del “Acuerdo sobre los Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio” (acuerdo sobre los ADPIC o, en inglés, TRIPS) de la

Organización Mundial del Comercio (OCM), aprobado en el Acta Final de la Rueda Uruguay de 1994. Este acuerdo introdujo por primera vez en un tratado internacional, la obligación de conceder patentes biotecnológicas. Se dejó cierto margen de maniobra para legislar en cada país; así, por ejemplo, los países de la Unión Europea no conceden patentes sobre variedades de vegetales; sin embargo, éstas se pueden obtener en Estados Unidos, Australia y Japón. El artículo que deja abierta la posibilidad de patentar organismos superiores en el acuerdo TRIPS establecía que debía ser revisado en 1999; sin embargo, esto no ha sucedido. Actualmente los países desarrollados no quieren ningún cambio que reduzca los niveles de protección ya establecidos, mientras que los países en desarrollo buscan optar medidas para evitar la “bio-piratería” de sus recursos genéticos y conocimientos tradicionales (Ramírez García, 2009).

Uno de los problemas que surgen con las patentes sobre genes y sus posibles usos es la amplitud de la protección que confieren, las que pueden restar más que alentar la innovación. En general la protección se otorga sobre un gen, aunque de él solo se conozca una función. El titular de la patente puede impedir que el gen se utilice aún para funciones descubiertas por terceros. Por ejemplo, existen 34 familias de patentes respecto a un solo antígeno que podría servir para el desarrollo de una vacuna contra la malaria, pero para ello se hace necesario obtener autorización o pagar regalías a los titulares de todas esas patentes (Correa, 2007). De manera que los intereses sociales no son los que priman y la biotecnología es aplicada para el enriquecimiento de algunos.

Las plantas transgénicas también se encuentran bajo los sistemas de protección que le confieren las patentes. Un ejemplo de cómo estas patentes pueden impactar en el sistema de producción es el conocido caso “Monsanto contra el productor Percy Schmeiser”. Schmeiser, un productor del pueblo de Bruno, Saskatchewan (Canadá), fue demandado en 1998 por sembrar RR Canola sin licencia. “Él se defendió con el argumento de que su tierra fue polinizada involuntariamente por abejas, viento, camionetas o semillas volando en el aire. La corte falló a favor de la empresa, en virtud de que independientemente de las circunstancias de cómo llegaron las semillas a su tierra, Schmeiser violó la ley de patentes simplemente

por tener las semillas RR” (Antal, 2008). Desde ese momento el productor viaja por el mundo brindando charlas que ayudan a instalar la polémica en la sociedad. Otro ejemplo de cómo la protección de las patentes puede impactar en la producción, se vincula directamente a Argentina. Monsanto no obtuvo en Argentina ninguna patente sobre el sistema Round Up Ready (RR), la introducción de la soja RR sin patente permitió que su cultivo se extendiera rápidamente. Si bien Monsanto obtenía ganancias por la venta del agroquímico, una vez instalado el cultivo de la soja RR, buscó obtener regalías por el uso de la semilla, pero como no tenía patente en Argentina se centró en la exportación de soja hacia Europa. La empresa intentó utilizar las patentes vigentes para el gen de resistencia al herbicida en la comercialización de productos derivados de soja transgénica, evitando que se comercialicen los productos argentinos que no pagaban regalías. Sin embargo, el 9 de Agosto de 2006 la Dirección General de Servicios y Mercados Internos de la Comisión Europea indicó que los productos derivados como la harina de soja no estaban cubiertos por la patente, ya que la información genética patentada no realiza su función en estos productos (Correa, 2009). Este intento de utilizar protección de patentes en productos derivados también reavivó el debate acerca de la producción de organismos genéticamente modificados. Sin embargo, la controversia no se limita a conflictos legales.

En el debate referido al cultivo de plantas transgénicas se puede identificar la divulgación de los experimentos de Arpad Puztai como uno de los eventos que más aportó a despertar la polémica. Este investigador trabajó durante más de treinta años en el Rowett Research Institute de Aberdeen, Escocia. Realizó experimentos con ratas de laboratorio a las cuales les suministró como dieta papas transgénicas. Los ratones mostraron tener hipertrofia y multinucleación de las células villus epiteliales, microvilli perturbados, degeneración mitocondrial, un aumento en el número de lisosomas y de vacuolas autofágicas y activación de las células de Paneth de las criptas (Ewen y Pusztai, 1999; Putzai, 2001).

Luego de la divulgación de estos resultados, las autoridades del Rowett Research Institute decidieron removerlo de su cargo. Esta situación causó gran impacto en la opinión pública; sin embargo es necesario destacar que el argumento

utilizado por las autoridades del citado instituto para no renovar su contrato fue que el investigador no había cumplido con los pasos formales de las publicaciones científicas, ya que en vez de enviar sus resultados a una revista científica reconocida en el área, lo divulgó directamente a la prensa. Más tarde, se solicitó a numerosos investigadores que revisaran los experimentos de Putzai, los cuales opinaron que los mismos tenían problemas en el diseño y que por lo tanto eran dudosas las conclusiones. Horton (1999), en *The Lancet*, comenta que los resultados de Putzai abrieron paso, en buena hora, a la discusión pública en relación a los posibles efectos de los OGM. De hecho, la duda sembrada, lejos de aquietarse, tomó mayor vigor y tal es así que actualmente permanecen abiertas varias preguntas, las cuales constituyen el foco de la controversia. A continuación desarrollaremos cada una de ellas:

¿Qué efecto pueden tener en la biodiversidad los cultivos de OGM?

Posible flujo génico

Un estudio realizado en la Universidad de Illinois muestra que plantas transgénicas resistentes a herbicidas son capaces de transferir el gen de resistencia a especies relacionadas a través de polinización cruzada (Bergelson et al., 1998). Por lo tanto, los riesgos para el ambiente se encuentran relacionados a la posibilidad del flujo génico entre plantas transgénicas y especies vegetales silvestres relacionadas, con el consecuente peligro para la biodiversidad. Al respecto Hopp (2007) señala que, si bien este riesgo es factible, en Argentina no habría por qué preocuparse, ya que para las especies transgénicas que aquí se cultivan, como la soja, el maíz y el algodón, no hay especies silvestres emparentadas que puedan cruzarse por polinización.

Super Malezas

Owen y Zelaya (2005) destacan diferentes mecanismos de resistencia a herbicidas en plantas, lo cual ya incluye algunas plantas resistentes a glifosato. Por lo tanto, resulta necesario racionalizar el uso de este herbicida, ya que el peligro que se avecina es el desarrollo de “super malezas” (Robert y Baumann, 1998). Por otro lado, algunos utilizan a este mismo problema como argumento para cultivar las variedades “terminator” que producen semillas no viables. Aquellos que las

defienden arguyen que éste sería un sistema de seguridad que impediría que la especie se convierta en maleza o que invada algún nicho ecológico (Sánchez-Cuevas, 2003).

Disminución de la diversidad del suelo

Algunos estudios muestran que los cultivos de plantas transgénicas en comparación con cultivos de plantas no transgénicas afectan al ecosistema del suelo. Se destacan dos consecuencias potencialmente negativas, la disminución de los niveles de descomposición de las plantas y la disminución de los niveles de nitrógeno y carbono; ambas pueden afectar directamente la fertilidad del suelo. Asimismo, se registró la declinación de la diversidad de especies de microorganismos, lo cual afecta a la composición de la comunidad y su productividad (Wolfenbarger y Phifer, 2000).

Efecto en organismos “no objetivo”

Otro riesgo ambiental se encuentra relacionado a las plantas transgénicas que codifican para proteínas con propiedades insecticidas (toxinas) provenientes de una bacteria del suelo *Bacillus thuringiensis*; son las conocidas como variedades Bt (Figura 6.1). El blanco específico de las diferentes toxinas producidas por distintos Bt son varias especies de lepidópteros, dípteros y coleópteros. Estos insectos constituyen plagas para cultivos como el tabaco, el algodón, el maíz, el tomate, la papa, el arroz, la alfalfa y atacan a granos almacenados (Sommer, 2001).

Uno de los riesgos asociados a estos cultivos es que su uso generalizado origine resistencia en los insectos, a semejanza de lo ocurrido con los insecticidas químicos. Otro riesgo es la bioacumulación, es decir que estas proteínas mantengan su toxicidad y afecten a los predadores de insectos. Wolfenbarger y Phifer (2000) encontraron trabajos que indican que la toxicidad disminuye rápidamente por lo que no afectaría a sus predadores. Sin embargo, otros autores indican que la bioacumulación es posible, pero como las conclusiones de estos trabajos aún no pueden extrapolarse a los ecosistemas, esta cuestión constituye una pregunta abierta.

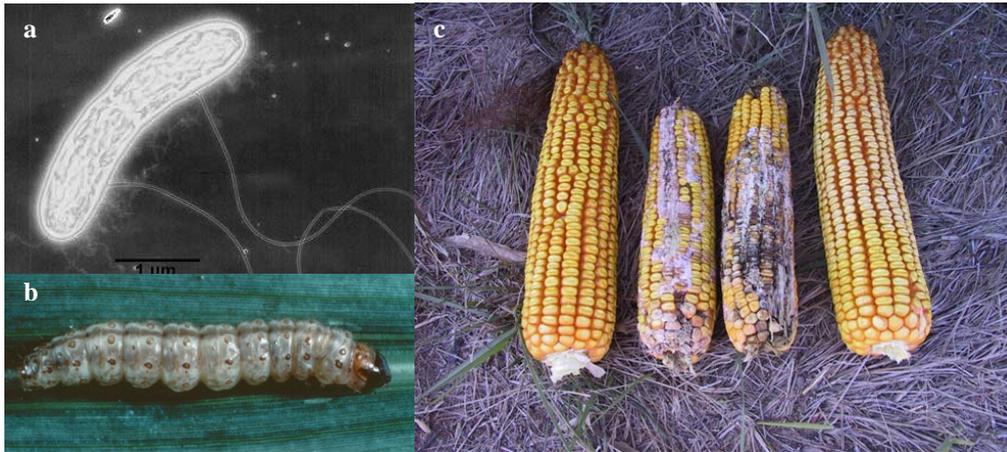


Figura 6.1: a) Fotografía electrónica de *Bacillus thuringiensis*²⁴. b) Larva de *Ostrinia nubilalis*, lepidóptero conocido como insectos taladros o barrenadores de los cultivos de maíz²⁵. c) Al centro se observan dos mazorcas de maíz convencional, con mohos productores de micotoxinas, y en las esquinas se observan mazorcas de maíz transgénico Bt, no afectadas³.

Wolfenbarger y Phifer (2000) realizaron una revisión referida a los riesgos y beneficios ecológicos de aplicar Ingeniería Genética en plantas. Si bien nombran trabajos experimentales que registran efectos negativos de las plantas Bt en insectos no objetivo, datos que necesitarían una corroboración a campo, también comentan otros estudios que muestran lo contrario. Un resumen de estos trabajos se presenta en la Tabla 6.2.

Tabla 6.2: Resumen de estudios referidos al efecto de plantas transgénicas en organismos “no-objetivo” a través de la ingestión directa o indirecta de otros organismos que se hayan alimentado con plantas transgénicas. Modificado de **Wolfenbarger y Phifer (2000)**.

Especie estudiada	Fuente de toxicidad	Efectos observados	Referencia
Mariposa Monarca <i>Danaus plexippus</i>	Polen de cultivos Bt	Se observó una supervivencia de 56% (N=176) en las larvas criadas con hojas espolvoreadas con polen Bt, mientras que las criadas con polen no transgénico o sin polen tuvieron una supervivencia de 100%. Así mismo las larvas criadas con polen Bt se alimentaron a una tasa menor.	Losey et al., 1999.
Mariposa Monarca <i>Danaus plexippus</i>	Polen de cultivos Bt	En las larvas alimentadas con hojas naturalmente espolvoreadas con polen Bt (evento Bt11) se observó un 20% de mortalidad en contraste con 0 y 3% de los controles. Las larvas criadas con polen Bt que superaban las doce horas de edad sobrevivían y se desarrollaban normalmente en adultos.	Hansen y Obrycki, 2000.

²⁴En: <http://ciencia.nasa.gov/headlines/y2004/images/wastenot/geobacter1.jpg>

²⁵ En: <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/enzimas/transgenicos.html>

Mariposa <i>Papilio polyxenes</i>	Polen de cultivos Bt	No se encontró relación entre el depósito de polen y el peso de las larvas ni su mortalidad. En el laboratorio no se encontraron efectos en la supervivencia. Cuando las larvas fueron alimentadas con alta dosis de polen Bt la tasa de supervivencia fue del 20%	Wraight et al., 2000.
<i>Eulophus phennicornis</i>	<i>Lacanobia oleracea</i> en papas transgénicas	No se observaron efectos en el número de huevos, el tamaño de las hembras, el tiempo de desarrollo, ni el tiempo de vida.	Bell et al., 1999.
Cripasa <i>Chrysoperla carnea</i>	<i>Sopodoptera littoralis</i> and <i>Ostrinia nubilalis</i> alimentadas con cultivos Bt	En las larvas alimentadas con presas que se alimentaron de plantas Bt la tasa de mortalidad fue del 62% mientras que las que se alimentaron con presas que no habían estado en contacto con plantas Bt presentaron una tasa de mortalidad del 37%.	Hilbeck et al., 1998.
Mariquita de dos puntos <i>Adaliabi punctata</i>	Colonias de áfidos <i>Myzus persicae</i> Sulze alimentadas con plantas Bt.	Se encontraron efectos adversos en la reproducción, la viabilidad de los huevos y la longevidad de los adultos de mariquita, causados por la ingesta de pulgones alimentados con papa transgénica para un gen de lectina que brinda resistencia a áfidos. Estos resultados demuestran que la expresión de este gen insecticida puede causar efectos adversos a través de la cadena alimentaria en depredadores de áfidos como la mariquita.	Birch et al., 1999.
Mariquita <i>Hippodamia convergens</i>	Colonias de áfidos en plantas Bt	No se observaron efectos adversos significativos sobre el tiempo de desarrollo, el peso de las pupas o la fecundidad.	Dogan et al., 1996.
Microorganismos del suelo	Cultivos de papas transgénicas	Se encontraron diferencias en la Rhizósfera bacteriana, pero no se encontraron efectos en el desarrollo de los cultivos.	Griffiths et al., 2001.
Microorganismos del suelo	Canola tolerante a glifosato	Se observó una disminución y diferencia en la estructura de la comunidad de Rhizósfera en cultivos con plantas de canola transgénica en comparación con las comunidades de Rhizósfera en cultivos de canola transgénica.	Siciliano y Germida, 1999. Siciliano et al., 1998.

La publicación de Losey et al. (1999), que mostraba el efecto del maíz Bt en las mariposa monarca *Danaus plexippus*, nuevamente tuvo un gran impacto en la opinión pública debido al evidente peligro de afectar a especies de insectos no plagas, es decir “no objetivo”. En relación a esta problemática, Hopp (2007) plantea que este no es un problema nuevo para los sistemas de agricultura, ya que los insecticidas químicos mataban indiscriminadamente a todo tipo de insectos incluidos aquellos benéficos, y en el caso de los transgénicos Bt sólo afectan a aquellos que se alimentan de los cultivos (ya sea de la planta o de su polen), de manera que, aunque estas variedades de plantas afecten a insectos “no-objetivo” seguirían siendo más benéficos que los insecticidas químicos.

¿Cómo se regulan los productos biotecnológicos?

En Estados Unidos, los organismos de control son la EPA (Environmental Protection Agency) que tiene injerencia tanto en la regulación de la distribución, la venta, el uso y las pruebas de pesticidas; la FDA (Food and Drug Administration), que es el órgano de control de medicamento y alimentos, y el Departamento de Agricultura (USDA, United State Department of Agriculture), que regula las plantas y animales transgénicos que se usan para fabricar alimentos.

En los países europeos, la aprobación para la comercialización de transgénicos depende de cuatro instituciones. La Comisión y el Consejo elaboran las regulaciones, dan las directivas y hacen recomendaciones, mientras que el Parlamento Europeo y la Corte Europea de Justicia intervienen en caso del no cumplimiento de alguna directiva.

En Argentina, a partir de 1991 en función del interés para realizar ensayos con OGM por parte de algunas compañías internacionales y grupos de investigación nacionales, se creó una instancia de consulta y apoyo técnico para asesorar a la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGPyA): la Comisión Nacional Asesora de Biotecnología y Agropecuaria (CONABIA). Por ejemplo, para la liberación de semillas se necesita la autorización de SAGPyA y de CONABIA, el registro de agroquímicos lo realiza la Secretaría Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA), al igual que para el uso alimentario y animal, y el permiso de comercialización lo otorga la SAGPyA (Sommer, 2001). Asimismo, para la aprobación de un OGM también se debe contar con la aprobación de la Dirección Nacional de Mercados Alimentarios (DNMA) de la Secretaría de Agricultura, la cual analiza el posible impacto que puede tener en el mercado agropecuario la liberación del OGM y su posición ante el mercado competidor.

En la regulación de los productos biotecnológicos se maneja el concepto del principio de equivalencia sustancial. Este principio implica que un alimento transgénico es equivalente al no transgénico en todas las características de importancia para el consumidor, es decir seguridad, nutrición, sabor y textura. Sin embargo, en la práctica, el investigador sólo compara las características

seleccionadas de los alimentos transgénicos con aquellas de los que no lo son. Si este conjunto de características no resulta significativamente diferente entre ambos, el alimento transgénico es clasificado como sustancialmente equivalente al no transgénico y no se le requiere ningún ensayo adicional (Grassino, 2003). Este principio es cuestionado por diversos sectores quienes solicitan que no se los considere como equivalentes y por ello también exigen su identificación en el mercado alimenticio, ya que argumentan que es su derecho saber qué están consumiendo para, así, poder elegir.



© Greenpeace/Liberman



Bajo esta demanda se han realizado numerosas protestas por parte de organizaciones llamadas “ambientalistas” exigiendo el etiquetado de los “alimentos Frankenstein” (Figura 6.2²⁶), y plantean que la resistencia al etiquetado es debida a que, en caso de provocar daños o efectos no deseados, podría identificarse que fue debido al alimento OGM y eso es lo que las corporaciones intentan evitar.

Figura 6.2: Campaña de Greenpeace en Buenos Aires exigiendo el etiquetado de los alimentos derivados de OGM.

Es claro que estas campañas impactan en la opinión pública y forman parte del complejo de la controversia de los transgénicos.

La presión de la comunidad europea logró una legislación para la indicación y etiquetado de la presencia de OGM y del seguimiento a los procesos de producción de alimentos e ingredientes (Reglamento CE 1830/2003 del 22.09.2003). Este reglamento proporciona las bases para eventuales regulaciones que permitan delimitar responsabilidades en casos de contaminación. Obliga a quienes toman parte en la producción, transformación, transporte y comercialización de OGM a construir un sistema con el cual, por un período de cinco años, pueda revisarse la proveniencia y uso de componentes modificados genéticamente en un producto. Los objetivos de este reglamento son asegurar que se dé información para poder

²⁶<http://www.greenpeace.org/argentina/es/campanas/bosques/transgenicos/>

revisar los flujos de ingredientes utilizados e introducir un marcador especial para reconocer cada OGM, por ejemplo a través del código de barras.

Otro aspecto a considerar es que si bien la biotecnología puede tener el potencial para desarrollar alimentos más nutritivos y en mayor cantidad de los que actualmente se consumen, miles de especies alimenticias han dejado de utilizarse y otro tanto, solo son utilizadas por pequeños grupos aborígenes. De manera que múltiples sectores exigen repensar los sistemas de producción de alimentos y estudiar cómo cultivar nuevas especies con propiedades alimenticias “naturales”, en vez de invertir recursos en desarrollar plantas transgénicas con dichas propiedades, las cuales seguramente tendrían gravado el valor de las patentes de los genes que hayan sido necesario utilizar, los químicos que se tendrán que aplicar, etc.

El vínculo entre la producción de nuevos alimentos y su comercialización también tiene participación en la controversia. Como hemos comentado, una promesa de la biotecnología es “producir más alimento en respuesta al hambre de algunas partes del mundo”; sin embargo, desde la primera planta transgénica aprobada para su consumo alimenticio en la década del 80’ hasta ahora no hay estudios que demuestren que se haya logrado revertir el hambre

Por lo tanto, esta distancia entre las promesas y los beneficios reales también colaborar en la percepción negativa hacia las aplicaciones biotecnológicas.

Como síntesis podemos destacar que la controversia de los transgénicos involucra tanto cuestiones científicas como tecnológicas, económicas, sociales, ambientales, culturales, etc. Este complejo de interrelaciones hace que sea muy difícil tomar una postura; sin embargo, la relevancia de esta problemática ha colocado a los ciudadanos en la necesidad de posicionarse. Por lo tanto, la educación como herramienta de empoderamiento ciudadano, debe brindar elementos de análisis que permitan entender la complejidad de estos problemas para tomar posturas fundamentadas.

En el Capítulo 5 presentamos cómo abordan estas temáticas en las aulas los docentes y destacamos el gran desafío que significan a la hora de pensar estrategias de enseñanza. Es por ello que diseñamos un curso de capacitación docente centrado en la problemática de las plantas transgénicas. En el siguiente apartado se detalla la estructura general del curso, y luego en el apartado 6.3 presentamos un análisis de cómo este diseño se corresponde con los componentes del MABV.

6.2 Estructura del curso “Plantas Transgénicas: mitos y realidades”

El objetivo principal de este curso fue generar una instancia de formación docente para el desarrollo de una estrategia específica a través de la cual se puedan introducir los debates biotecnológicos en el aula.

La capacitación utilizó como entorno virtual de aprendizaje un aula de la plataforma Moodle (Module Object-Oriented Dynamic Learning Environment) y su modalidad fue totalmente a distancia. El foco de la propuesta estuvo en la resolución de un problema abierto de manera colaborativa. Se planteó una organización de actividades de una duración semanal, todos los jueves se iniciaba un nuevo módulo, y en total se desarrollaron diez módulos. En la Tabla 6.3 se presenta un resumen de las actividades propuestas, la metodología desarrollada y los recursos del aula virtual utilizados en cada caso (Ocelli et al., 2009 y Ocelli y Vázquez Abad, 2010).

Tabla 6.3: Diseño y recursos utilizados para la capacitación.

Módulo	Actividades	Modalidad de Trabajo	Recursos Utilizados
1) Bienvenida	Presentaciones	Todo el grupo	Foro abierto
	Cuestionario inicial	Individual	Cuestionario
2) ¿Qué ponemos en nuestra Tierra?	Análisis y discusión de noticias periodísticas	Todo el grupo de estudiantes	Foro abierto
3) ¿Qué opinan otros países sobre el cultivo de OGM?	Análisis y discusión de noticias periodísticas	Todo el grupo de estudiantes	Foro abierto
4) Presentación del problema	Presentación del problema y asignación de roles	Grupos de origen	Foro privado
5) ¿Cuál es el problema?	Exploración del problema (meta- análisis)	Grupos de origen	Foro privado Wiki privada
6) Buscando nuevas fuentes	Análisis de nuevas fuentes bibliográficas	Grupos de origen	Foro privado Wiki privada
7) Dialogando con colegas	Discusión entre pares	Discusión entre participantes que comparten el mismo rol	Foros según el rol
8) ¿Qué aprendimos fuera del grupo?	Discusión y planteo de posibles soluciones	Grupos de origen	Foro privado Wiki privada
9) La solución propuesta	Construcción de una solución de manera colaborativa	Grupos de origen	Foro privado Wiki privada
	Discusión de las soluciones	Todo el grupo de estudiantes	Foro abierto
10) Pensando los transgénicos en el Aula	Elaboración de una propuesta didáctica	Individual	Tarea
	Ensayo (análisis metacognitivo)	Individual	Tarea
	Cuestionario final	Individual	Cuestionario

En primer lugar tanto los docentes que participaron del curso (en adelante “estudiantes”) como los tutores del mismo (dos profesores de la Universidad Nacional de Córdoba), se presentaron en un foro abierto. Luego los estudiantes completaron una evaluación inicial a modo de encuesta de opinión utilizando para ello un cuestionario cerrado en el aula Moodle (Anexo 9). Una vez realizada estas actividades iniciales, se dio comienzo a la capacitación con la lectura de documentos y notas periodísticas que permitieron mostrar el abanico de problemáticas relacionadas a los transgénicos a través de discusiones llevadas a cabo en foros abiertos. A continuación, los estudiantes fueron divididos por los tutores en grupos de trabajo de cuatro integrantes denominados “grupos de

origen”, y se les presentó una situación problemática hipotética referida al cultivo de plantas transgénicas (Figura 6.4).

A:	“Al grupo de Consultores”
De:	Sr. Intendente de la ciudad
Tema:	Posible relación entre el cultivo de transgénicos y el nacimiento de niños con malformaciones congénitas.

En los últimos cinco años comenzaron a registrarse nacimientos de niños con malformaciones congénitas en nuestra ciudad. Los ciudadanos buscaron información sobre las posibles causas de estas enfermedades, y concluyeron que las mismas podrían ser consecuencia del cultivo de plantas transgénicas. Como resultado de esta indagación, presentaron al municipio un resumen de algunos informes que explicaban que posiblemente los trabajadores del campo y las personas que residen en las zonas aledañas al campo estén aspirando polen de estas plantas transgénicas. De este modo, ingresarían al cuerpo humano genes provenientes de las bacterias con las cuales fueron transformadas las plantas. Dichos genes transformarían las células de las personas, y al parecer, podrían transmitirse de manera vertical a la descendencia, provocando estas malformaciones. Se adjuntó a este informe una demanda al municipio por los perjuicios causados al no controlar en forma adecuada esta actividad agropecuaria, y se solicitó que se prohíba el cultivo de plantas transgénicas en la ciudad y sus alrededores. Solicitamos a ustedes que determinen la posible asociación entre el cultivo de los transgénicos y los nacimientos de niños con malformaciones y recomienden las soluciones apropiadas.

Figura 6.4: Problema presentado a los estudiantes a fin de ser resuelto en grupos de trabajo.

Cada integrante del grupo de origen debía tener un rol diferente, por lo tanto los grupos trabajaron sobre la designación de los roles, considerando que para cada rol se contaba con una misión específica para resolver el problema (Tabla 6.4). Esta tarea tuvo lugar a través de “foros privados”, a los cuales sólo accedían los integrantes del grupo y su tutor.

Una vez asignados los roles, se invitó a los estudiantes a replantear el problema a través de un metanálisis guiado por las siguientes preguntas:

- ¿Qué sé en relación a este problema?
- ¿Qué necesito saber para resolver el problema?
- ¿Cómo puedo encontrar la información que necesito?
- ¿Qué ideas se me ocurren para resolver la situación problemática?

Tabla 6.4: Detalle de las misiones asignadas para cada rol.

Rol	Misión asignada
Consultor de genética	Determinar la posibilidad de que el polen de las plantas transgénicas modifique el ADN de las personas que puedan estar en contacto con el mismo y la posibilidad de que estas mutaciones se transmitan a la descendencia.
Asesor de la cooperativa de granos de la ciudad	Informar los beneficios o perjuicios económicos del cultivo de los transgénicos para el municipio y presentar una propuesta de cultivo alternativa.
Representante de la junta médica de la ciudad	Informar sobre los posibles efectos que pueda causar en la salud humana el cultivo de transgénicos y la alimentación con productos derivados de los mismos.
Representante de una fundación ambientalista.	Informar al municipio los posibles efectos ambientales que devienen del cultivo de plantas transgénicas.

En función de este replanteo, los estudiantes realizaron una búsqueda bibliográfica con el material disponible en la biblioteca del aula virtual y también con otras fuentes que consideraron útiles. Esta actividad estuvo guiada por los tutores, quienes asignaron la presentación de un resumen de tres artículos, elaborado grupalmente en una Wiki, en el cual se destacará cómo estos artículos aportaban ideas para la solución del problema.

En una etapa siguiente se propuso un “intercambio entre colegas”; cada integrante participó en un “foro de especialistas” fuera de su “grupo de origen”. Estos foros, cuatro en total, estuvieron compuestos por estudiantes que compartían el mismo rol: foro de consultores de genética, foro de asesores de la cooperativa, foro de representantes de la junta médica y foro de representantes de una fundación ambiental. En estos espacios se compartió información, inquietudes y problemas, a fin de enriquecer los aportes que cada alumno haría al volver a su grupo de origen.

Una vez que cada uno de ellos volvió a su grupo de origen, discutieron y evaluaron posibles soluciones para el problema. Para el proceso de evaluación de

las soluciones, los alumnos elaboraron una serie de criterios y luego los aplicaron, hasta llegar a una solución acordada por todos los integrantes del grupo utilizando para ello como recurso una Wiki. A continuación, las propuestas fueron resumidas en presentaciones Power Point y compartidas en foros abiertos con los otros grupos.

Finalmente, como actividades individuales de reflexión y aplicación, los estudiantes realizaron una propuesta didáctica para sus aulas y un ensayo final que les permitiera reflexionar sobre su proceso, es decir qué habían aprendido y cómo lo habían hecho. Por último, completaron una evaluación final través de un cuestionario cerrado.

En cuanto a la metodología de evaluación de los estudiantes del curso, ésta se enfocó tanto en el proceso grupal como en el individual. En relación al proceso grupal, los tutores obtuvieron información durante todo el proceso a través de los foros, del grado de cumplimiento de la instrucción y del progreso de los estudiantes. Asimismo, los foros permitieron monitorear la participación, animar a los estudiantes que menos aportaban, y alentar el análisis de los mensajes identificando relaciones, discrepancias y acuerdos. La construcción de las Wikis acompañadas de foros como espacios de discusión permitió un seguimiento del proceso de construcción realizado por cada grupo. Por último, la evaluación de los aprendizajes individuales se realizó a través de cuestionarios, la construcción de una propuesta didáctica y el ensayo metacognitivo.

6.3 Principios que orientaron la propuesta

Para llegar a nuestro desarrollo, en primer lugar nos planteamos interrogantes que permitieran una toma de decisiones pedagógicas en las cuales se lograra superar las propuestas reduccionistas en materia educativa con entornos virtuales de aprendizaje. Es por ello que centramos nuestro interés en el planteo educativo sin sobrevalorar el poder de la herramienta tecnológica, sino como integrada didácticamente y destacando la dimensión de mediación. En este recorrido, buscamos considerar las cinco dimensiones del MABV. A continuación

presentaremos un análisis del curso en función de cada uno de los componentes del MABV.

6.3.1 El módulo y su dimensión contextual

Los componentes del contexto fueron indagados a partir de los resultados de nuestra fase de investigación exploratoria (desarrollada en el capítulo 5), la cual nos permitió conocer: *el contenido de los diseños curriculares, las estrategias para enseñar temáticas polémicas que implementan los docentes, el uso que hacen de las TIC en el aula, sus necesidades de capacitación, la calidad de los recursos que utilizan y las ideas que tienen sobre biotecnología tanto docentes como alumnos de la escuela secundaria*. Los resultados que obtuvimos nos permitieron identificar algunas problemáticas que ofrece la enseñanza de la biotecnología en la escuela secundaria y a partir de ello encontramos que el trabajo con temáticas controvertidas referidas a la biotecnología consiste en un desafío para los docentes, lo cual nos motivó a direccionar nuestra propuesta hacia una temática de estas características.

6.3.2 La dimensión epistemológica y el módulo propuesto

Esta dimensión tuvo lugar en el diseño del curso ya que se presentó al conocimiento biotecnológico considerando tanto sus componentes científicos como tecnológicos. Asimismo, dado que el problema central a discutir se enmarca en una situación de la vida real, refleja también cómo las aplicaciones tecnológicas se desarrollan en un contexto de intereses. Se plantea un conocimiento en controversia. Por lo tanto no se propone una visión estática, ni única del conocimiento científico, sino que por el contrario, la problemática de cultivar plantas transgénicas expone al conocimiento como una construcción social provisoria. Así, el curso mantuvo coherencia con el componente "*Naturaleza del conocimiento biotecnológico*" definido en el MABV.

Por otra parte, el problema propuesto plantea una situación de "casos de malformaciones", lo cual exigió un análisis de la situación desde un contexto ambiental que tomara en consideración no solo a la "planta transgénica" sino a

todo el contexto tecnológico de producción. Por lo tanto, también se tuvieron en cuenta a las “*Vinculaciones CTSA*” del modelo.

6.3.3 La dimensión pedagógico-didáctica y tecnológica en el módulo propuesto

Partir de una propuesta que potencia la construcción de conocimientos mediados por tecnologías, implica concebirla de manera coherente con la concepción de aprendizaje. Es claro que el nexo entre enseñanza y aprendizaje es tan íntimo que la comprensión de un proceso parecería suponer la comprensión del otro. Reflexionar en este binomio es un aspecto fundamental de nuestras prácticas, porque cuando se diseña y desarrolla una situación de enseñanza, se piensa en la construcción de conocimientos dentro de un campo disciplinar en términos de posibilitar aprendizajes significativos (Forestello y Gallino, 2009).

Esta postura compromete a superar las posiciones instrumentalistas para dejar paso a una postura reflexiva que centralice su actividad en los aprendizajes como procesos situados. Es también revalorizar no solo el contenido sino el conocimiento didáctico del contenido. Este conocimiento es la categoría que, con mayor probabilidad, permite distinguir entre la comprensión del especialista en un área del saber y la comprensión del especialista que también educa. Entonces, cuando se trabaja en ambientes de aprendizaje mediados por tecnologías es importante considerar que si bien hay distancia física, no la hay desde el punto de vista cognitivo. Esto es así, porque la relación educativa se presenta simbólica y tecnológicamente mediada.

La propuesta estuvo centrada en la resolución de un problema a través del ABP. Este marco didáctico pedagógico referencial planteó la necesidad de “centrar el problema en una situación abierta” lo cual se contempló al presentar el problema sin una solución predeterminada ni un camino único para resolverlo; “integrar diferentes campos disciplinarios” que en el caso de nuestro problema implicó aspectos referidos a la genética, la medicina, la producción agrícola y la economía; y por último “colocar la situación en un marco de referencia de una situación real o

de similitud al contexto particular de los estudiantes”. Este último aspecto se consideró desde dos aproximaciones. En primer lugar se realizó una búsqueda de argumentos referidos al cultivo de plantas transgénicas en diversas páginas Web (de divulgación, ambientalistas, científicas, económicas, etc.), lo cual nos permitió identificar una afirmación utilizada con mucha frecuencia (aunque equivocada desde el punto de vista biológico): “la aspiración de polen proveniente de plantas transgénicas permite el ingreso al cuerpo humano de genes provenientes de bacterias con las cuales fueron transformadas las plantas, lo cual puede provocar la transformación de las células humanas”. Por lo tanto, decidimos incluir este argumento en nuestro problema ya que constituye parte “real” del complejo de creencias, conocimientos y tensiones acerca de los transgénicos. Otra problemática frecuentemente asociada al cultivo de plantas transgénicas es el nacimiento de niños con malformaciones, y es por ello que se incluyó también este aspecto en la situación problemática. En segundo lugar se abordó un problema que tiene que ver con la vida cotidiana de los argentinos por ser este un país agrícola-ganadero, y cuyo principal cultivo es soja transgénica. Asimismo, en los últimos años se han presentado en los medios de comunicación masiva, algunos debates que han puesto en duda la inocuidad de estos cultivos y su paquete tecnológico. Por ejemplo los estudios del Dr. Andrés Carrasco en relación a los efectos del Glifosato en embriones de anfibios²⁷ o las demandas del grupo “Paren de Fumigar” del Barrio Ituzaingó de la Ciudad de Córdoba^{28,29}.

Por otra parte, se buscó presentar “Consignas claras” (Taconis et al., 2001) que guiaran el desarrollo de las tareas propuestas y específicamente se diseñaron dos “actividades que promovieran la metacognición”, la primera fueron las preguntas de exploración del problema del Módulo 5 “¿Cuál es el problema?”. Estas preguntas hicieron las veces de las “pizarras en blanco” que se proponen como estrategias metacognitivas para el ABP (Torp y Sage, 2002) y que fueron discutidas en el capítulo 2. La segunda actividad orientada a promover procesos metacognitivos

²⁷ “El tóxico de los campos” publicado en Página 12 13/04/2009. En: <http://www.pagina12.com.ar/diario/elpais/1-123111-2009-04-13.html>

²⁸ <http://www.parendefumigar.blogspot.com.ar/>

²⁹ “Marcha contra las fumigaciones en el inicio del juicio por la contaminación con pesticidas” publicado en La Voz del Interior 10/06/2012 En: <http://www.lavoz.com.ar/ciudadanos/ambiente/marcha-contra-fumigaciones-inicio-juicio-contaminacion-con-pesticidas>

fue el ensayo planteado al finalizar el curso el cual requirió escribir una reflexión acerca de qué y cómo habían aprendido.

En cuanto al tipo de trabajo se diseñaron “secuencias de actividades centradas en el trabajo colaborativo y en la interacción” (Van Der Linden et al., 2000). Esto se logró a través del establecimiento de grupos de trabajo colaborativo de cuatro integrantes en los cuales cada uno cumplía un rol específico para resolver el problema. Así el grupo compartía “un objetivo en común”, es decir construir una solución para el problema, tenían “responsabilidades compartidas y los miembros del grupo fueron mutuamente dependientes”, ya que cada uno desde su rol debía analizar el mismo problema y aportar elementos para su solución, y esta construcción “requirió llegar a acuerdos a través de la interacción” que tuvo lugar en foros de discusión privados en los cuales solo participaban los miembros de cada grupo de trabajo y el tutor asignado.

Como hemos argumentado en el capítulo 2, cuando se plantea resolver situaciones problemáticas en base a una dinámica de trabajo colaborativo, con riqueza de material curricular y también se crean las condiciones óptimas motivacionales, las estrategias de aprendizaje que se promueven son muy productivas. Existen numerosas investigaciones que dan cuenta que el trabajo colaborativo tiene efectos positivos en el rendimiento académico de los alumnos tales como adquirir, retener y transferir conocimientos, construir reglas, conceptos, principios y también mejorando sus relaciones socio-afectivas como respeto mutuo, solidaridad, capacidad para entender otras perspectivas diferentes (Johnson et al., 2007). Todas estas habilidades son necesarias para que el aprendiz las ponga en juego mientras realiza el proceso de resolución de problemas.

Así, la manera en la que se plantea la configuración colaborativa y co-gestionaria del trabajo implica para los participantes un reajuste de miradas y reflexiones, un debate y búsqueda constante no solo de información sino también de consenso en y con el grupo, en y consigo mismo, es decir con sus propios esquemas de pensamiento, dado que la capacitación se estructuró en función de la resolución, en grupos de trabajo, de una situación problemática abierta en la cual se integran

actividades de indagación y debate en Foros que implican mixtura de intercambios en grupos entre pares (rol homogéneo) y grupos interdisciplinarios.

Por último, se planificaron “actividades de producción individual” como la búsqueda de información desde el rol asignado y las actividades finales de evaluación (elaboración de una propuesta didáctica; ensayo y cuestionario final), y “actividades de producción grupal con recursos específicos en el aula virtual” como la resignificación del problema, la síntesis colaborativa de nuevas fuentes de información, la discusión con otros participantes que compartieran el mismo rol, la discusión en los grupos de las posibles soluciones y la construcción colectiva de una solución.

En cuanto a la evaluación, esta tuvo una instancia “diagnóstica” a través del cuestionario inicial, la evaluación “formativa” se realizó a través de un seguimiento de las actividades realizadas durante todo el curso y la evaluación “sumativa” a través de tres acciones: la presentación de la solución, la elaboración de una propuesta didáctica y la resolución de un cuestionario final. Asimismo, a través de la escritura de un ensayo se buscó crear espacios para la “metacognición”, la “reflexión” y la “autoevaluación”

6.3.4 El módulo y las dimensiones cognitiva y comunicacional

Ambas dimensiones del modelo MABV se vinculan directamente con el análisis de la puesta en acción de la propuesta, ya que es en las prácticas educativas concretas en las cuales tienen lugar los procesos de aprendizaje que se plantean analizar desde la dimensión cognitiva como así también las dinámicas e interacciones propuestas para la dimensión comunicacional. En el capítulo 7 presentamos este análisis como parte de las acciones de la fase evaluativa de esta tesis.

Capítulo 7

Resultados de la evaluación del módulo

En este capítulo se presentan los resultados derivados de la evaluación del módulo desarrollado: “Plantas transgénicas: mitos y realidades”, la cual estuvo centrada a partir de cada una de las dimensiones del MABV: contextual, epistemológica, pedagógico didáctica y tecnológica, cognitiva y comunicacional. Para ello se utilizó una metodología de naturaleza principalmente cualitativa, la cual dio lugar a situaciones de triangulación dirigidas a la búsqueda de la comprensión de los fenómenos estudiados para lo cual se utilizaron también análisis de tipo cuantitativos. Los procesos de triangulación de la información amplían el ámbito, la densidad y la claridad de los constructos desarrollados en el curso de la investigación (Goetz y LeCompte, 1988). Es por ello que se trianguló la información aportada por las diferentes estrategias de recolección (reseñadas en el

capítulo 3 – sección 3.1). En la Figura 7.1 se muestra una síntesis de este proceso haciendo la salvedad de que la presentación no tiene una distribución espacial jerárquica de las dimensiones, sino que hace hincapié en las diferentes fuentes de información que se utilizaron en el proceso de triangulación.

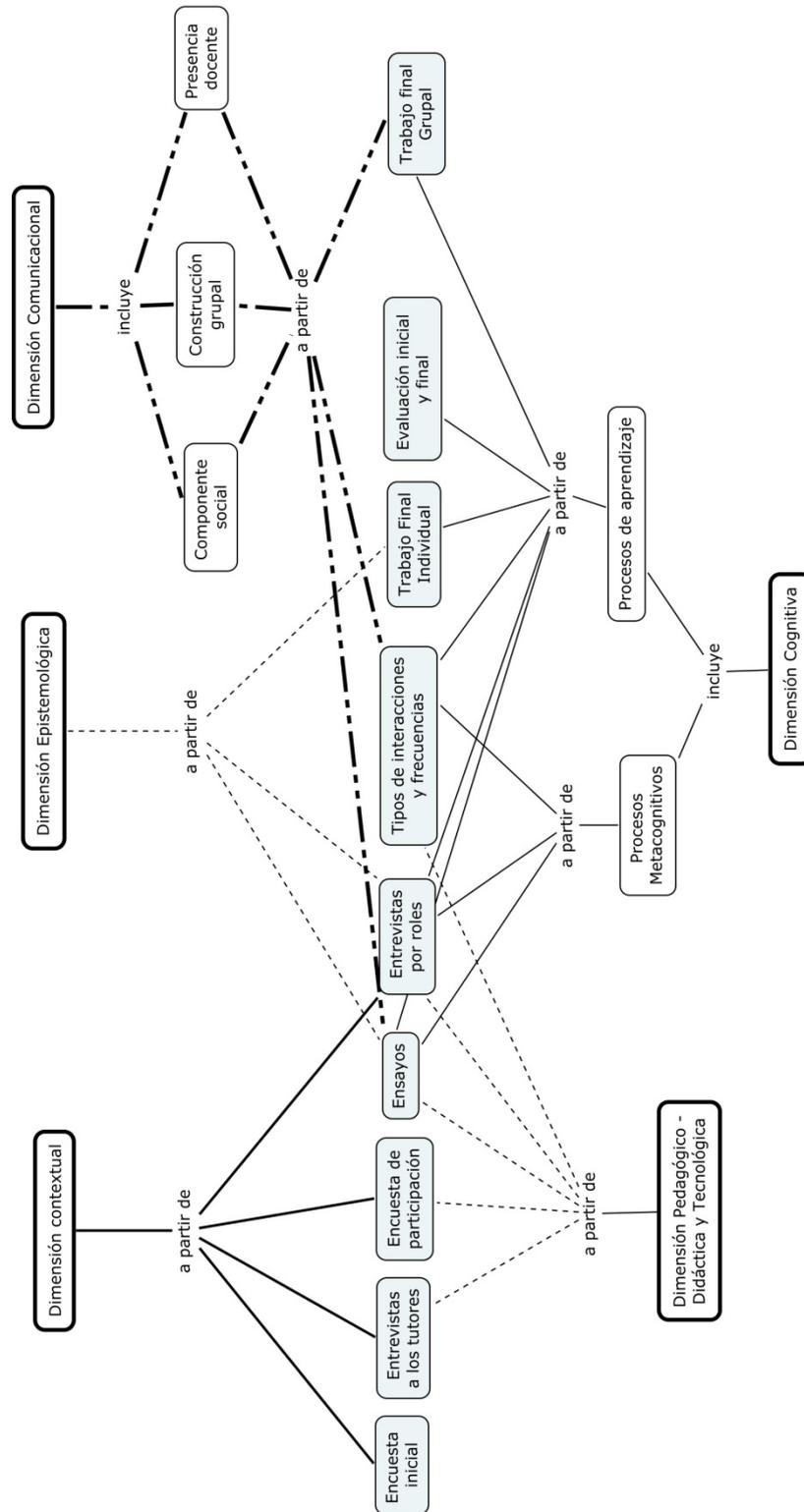


Figura 7.1 Síntesis de la metodología de evaluación implementada.

En resumen, se utilizaron diversas fuentes para triangular información en el análisis de cada una de las dimensiones del modelo MABV. En particular, para el estudio de las características *contextuales* del grupo se examinó la información en las encuestas de participación, las entrevistas por roles y las entrevistas a los tutores. Los aspectos de la dimensión *pedagógico didáctica- tecnológica* fueron evaluados a partir de la información aportada por los estudiantes a través de las diferentes metodologías utilizadas y la percepción de los tutores registrada en las entrevistas. La dimensión *epistemológica* del modelo se evaluó a través de un interjuego entre la información registrada en ensayos, trabajos finales individuales y entrevistas. En el análisis de la dimensión *cognitiva* se estudiaron los procesos de aprendizaje y de metacognición que tuvieron lugar durante el desarrollo del módulo. Para los procesos de aprendizaje se utilizó la información colectada a partir de ensayos, entrevistas por roles, tipos de interacciones y frecuencias, trabajo final individual, evaluación inicial y final y trabajo final grupal. A su vez, para el estudio de los procesos metacognitivos se consideró la información de los ensayos, las entrevistas por roles y los tipos de interacciones y frecuencias. La última dimensión del modelo es la *comunicacional*, la cual se centró en tres aspectos principales: componente social, construcción grupal y la presencia docente. Para el análisis de estos aspectos se utilizó la información colectada a partir de los ensayos, los tipos de interacciones y frecuencias y el trabajo final grupal.

A continuación se presentan los resultados derivados de cada uno de estos análisis organizados en función de las dimensiones del modelo.

7.1 Dimensión contextual: características particulares del grupo

La dimensión contextual a la cual respondió el diseño del curso fue desarrollada con detalle en el Capítulo 5 de esta tesis. Sin embargo, durante la implementación del curso se estableció una comunidad educativa específica con características únicas que determinaron el contexto de este curso. Es por ello que aquí presentamos una breve descripción de dicho contexto considerando integrantes de la comunidad educativa tanto a tutores como a estudiantes.

Colaboraron en el dictado del curso dos tutoras profesoras universitarias, con formación en Ciencias Biológicas y Enseñanza de las Ciencias. Ambas tutoras tenían experiencia previa en ambientes virtuales de aprendizaje.

El grupo de docentes participantes, que en adelante se denominan “estudiantes” estuvo compuesto por 96 personas, las cuales al momento de la inscripción del curso completaron una encuesta inicial a partir de la cual se pudieron conocer diversos aspectos. En primer lugar los estudiantes eran provenientes de Argentina y Uruguay, y su rango etario se encontró entre 24 y 67 años, con una alta predominancia del género femenino (78 %). En este capítulo haremos referencia en diversas ocasiones a participantes con nombres específicos, los cuales han sido cambiados para garantizar el anonimato, y se ha respetado en este cambio los géneros de las personas.

Una condición para la matriculación en este curso fue contar con un título de grado y ejercer la profesión docente en algún nivel educativo en asignaturas referidas a Biología o Química. Por lo tanto, se presentó una gran diversidad de recorridos de formación como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1: Título de grado de los docentes que participaron como estudiante en el curso.

Título	
Biólogo	10
Bioquímico	3
Bromatólogo	1
Ingeniero Agrónomo	2
Licenciado en Química	1
Licenciado en Zoología	1
Licenciado en Enseñanza de la Biología	1
Licenciado en Genética	2
Licenciado en Gestión de Proyectos en Educación para la Salud Comunitaria	1
Licenciado en Microbiología	1
Profesor de Química	3
Profesor en Ciencias Biológicas	43
Profesor en Ciencias Naturales	25
Técnico Químico	2

El ámbito de desempeño profesional de los participantes, en general, estuvo centrado en la escuela secundaria, pero también se encontraron estudiantes que trabajaban en el nivel superior terciario o universitario.

En relación al grado de experticia en ambientes virtuales de aprendizaje, se observó que el 53 % nunca había participado en un curso mediado por TIC. Este dato nos llevó a indagar la opinión de los estudiantes en relación a cómo percibían que determinados aspectos contextuales podían o no condicionar su participación en el curso. Al respecto encontramos que solo el 15,6 % expresó que su inexperiencia en cursos a distancia mediados por TIC condicionaba su participación, mientras que otros indicaron que se sentían limitados por la falta de tiempo (21,9 %) o por la metodología propuesta en el curso (9,4 %).

En algunos foros, notamos que los estudiantes se disculpaban por no haber participado y esgrimían como razones las limitaciones que imponía su conexión a Internet. Por lo tanto, también investigamos qué tipo de conexión tenían y cómo ésta podía estar impactando en la participación. Encontramos que el 73,7 % tenía acceso a Internet (banda ancha) desde su hogar, mientras que otros utilizaban su teléfono para acceder a Internet (15,8 %), visitaban un cyber (5,3 %) o utilizaban la conexión del trabajo (5,3 %). Asimismo, 23,5 % indicaron que la conexión a Internet limitaba su participación. Este último porcentaje es casi coincidente con la proporción de estudiantes que no tenían Internet banda ancha.

Por otra parte, indagamos la experiencia de los estudiantes en dinámicas de capacitación centradas en el trabajo colaborativo. Al respecto encontramos que el 78,9 % no tenía experiencia en este tipo de trabajo y 66,7 % expresaron que dicha inexperiencia condicionaba su participación en el curso, mientras que otros expresaron como factores limitantes “no conocer a los otros” (4,3 %) o “los integrantes de su grupo” (4,3 %).

Estas condiciones particulares del grupo provocaron modos y ritmos de participación diferentes. Según el nivel interacción, el cumplimiento de las actividades a través del trabajo colaborativo y la demanda de seguimiento y

estímulo por parte del tutor, resumimos las distintas formas de participación virtual en tres tipológicas:

Alta interactividad: los estudiantes comprenden la estrategia propuesta por el curso, discuten de manera activa y participan en la elaboración de las tareas de manera colaborativa. La demanda puesta en el tutor se centra en la moderación de esta interactividad y en la guía para la futura actividad.

Media interactividad: los estudiantes comprenden medianamente la estrategia propuesta por el curso, se requieren varias intervenciones del tutor para re-explicar la consigna y ordenar algunas intervenciones tanto por el “tono” de las mismas, como por realizarse en otros espacios virtuales que no son los habilitados para ese fin y el trabajo colaborativo se cumple a medias.

Baja interactividad: la estrategia funciona muy poco ya que los alumnos se conectan con muy baja frecuencia, requiere del tutor un acompañamiento personalizado a través de mensajería interna para incentivar a los alumnos a participar en las actividades. Es difícil la construcción colaborativa, en general los aportes que se hacen individualmente son los finales ya que no hay discusión grupal.

7.2 Aspectos de la dimensión epistemológica

Tal como se indicó en el capítulo anterior, las actividades del curso se diseñaron y fundamentaron desde una visión de ciencia como actividad social, en la cual se interrelacionan aspectos científicos, tecnológicos, sociales y ambientales. Asimismo, la concepción de conocimiento científico que sustentó nuestro curso estuvo centrada en su carácter provisorio. Esta posición fue percibida por los estudiantes lo cual se evidencia al analizar sus comentarios y reflexiones.

A continuación, se expone cómo un estudiante a partir de las actividades del curso logra captar que el conocimiento científico se construye en un contexto

específico, y que los elementos de este contexto interaccionan en dicha construcción:

[Respondiendo a un compañero] *“Es obvio que te surjan ese tipo de dudas ya que la mayoría de los medios de comunicación generan esas dudas. Pero yo trato de buscar información confiable y puramente científica dado que tanto internet como las revistas científicas tienen un tono político-económico y la verdad, eso a mí no me interesa.”* (Pablo – Módulo 7).

Se puede observar que el estudiante defiende una postura de ciencia neutral. Sin embargo, al finalizar el curso este mismo estudiante expresó lo siguiente:

“El avance de las investigaciones en ingeniería genética [...] impacta de un modo profundo en la sociedad y en nuestros modos de vida. Este impacto tiene aspectos positivos y otros que no lo son tanto, y que requieren de una evaluación rigurosa y democrática de las decisiones que se tomen al respecto. Se trata de discernir en qué medida nuestra cultura está dispuesta a promover y aceptar los cambios que los nuevos conocimientos “ponen sobre la mesa”, sin resignar valores incuestionables como el respeto por las libertades individuales, la solidaridad, el carácter colectivo y público del conocimiento humano... O si aceptará que se ponga en duda la incuestionabilidad de dichos valores.” (Pablo – Ensayo).

Este ejemplo muestra cómo, aunque algunos estudiantes comenzaron con una concepción de ciencia aislada y desprovista de posibles intereses, lograron mediante las actividades propuestas, comprender que el conocimiento se encuentra atravesado por diversos intereses vinculados a la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente (Matthews, 2009). De esta manera, también percibieron el enfoque CTSA que nutrió nuestra propuesta, el cual plantea entender a la biotecnología como un producto inherentemente social en el cual los elementos no epistémicos y técnicos desempeñan un papel decisivo en su desarrollo (García Palacios et al., 2001).

Por otra parte, algunos estudiantes indicaron en sus ensayos finales que habían aprendido a identificar y tomar en consideración la existencia de posibles riesgos no conocidos, lo cual significa que lograron pensar en la naturaleza provisoria del conocimiento científico. En ese sentido, un ejemplo que evidencia el carácter de las

reflexiones epistemológicas que tuvieron lugar, se observa a partir del siguiente comentario registrado por una estudiante en su ensayo:

“...luego con los aportes de mis compañeros, empecé a dudar, si bien no cambié de opinión con respecto a la seguridad de mi respuesta, sí abandoné la postura dogmática ya que en la investigación científica nunca está dicha la última palabra y las cosas en biología no son blancas o negras, no es una ciencia exacta. Que no haya evidencias no quiere decir que se refute totalmente la idea porque no podemos generalizar al ser impracticable observar todas las opciones posibles.” (Pamela – Ensayo).

Esta reflexión permite apreciar que los fundamentos epistemológicos de la propuesta impregnaron las actividades y es por ello que los estudiantes lograron comprender que el conocimiento científico es provisorio. De esta manera, se promovió que los alumnos consideraran aspectos de la construcción del conocimiento científico más acordes con las nuevas tendencias.

7.3 Expresiones sobre la dimensión pedagógico didáctica y tecnológica

La correspondencia del diseño del curso con los componentes de esta dimensión se desarrolló en el capítulo 6. Sin embargo, nos parece importante incorporar aquí las voces de los participantes, ya que tanto las tutoras como los estudiantes, a través de diversas instancias, nos expresaron su sentir en relación a distintos componentes de la dimensión pedagógico didáctica y tecnológica.

En cuanto a la opinión de las tutoras, ellas expresaron que se sintieron cómodas, que pudieron llevar adelante la metodología de trabajo propuesta e indicaron dos aspectos que le resultaron nuevos desafíos.

Un primer desafío se encontró vinculado a la moderación de las conversaciones en los foros; las tutoras indicaron que debieron mantener un acompañamiento especial, ya que en algunos casos los estudiantes “pegaban” textos completos extraídos de alguna página Web en vez de construir su propia argumentación en función de los aportes de esos artículos. Por tal motivo, mediaron los diálogos en busca de establecer comunicaciones argumentativas y de producción personal. A

su vez, en cuanto a las fuentes de información que los estudiantes utilizaban para fundamentar sus comentarios, si bien incorporaban los artículos que se encontraban disponibles en la “biblioteca virtual” del curso, las tutoras incentivaron la búsqueda selectiva de nuevas fuentes bibliográficas para enriquecer sus aportes en la solución al problema planteado.

Así, se puede observar cómo las tutoras estuvieron atentas para detectar y evitar “comportamientos rituales” (Mamede et al., 2006), es decir, aquellas participaciones aparentes en las discusiones en las cuales los estudiantes si bien intervienen, solo lo hacen desde una aproximación superficial. Por lo tanto, a partir de esta “vigilancia”, las tutoras buscaron que los estudiantes se involucraran cognitivamente en las discusiones.

Otro desafío que comentaron las tutoras fue cómo solucionar la falta de un integrante en un grupo, en el contexto de la estrategia propuesta, la cual requería la “presencia” de roles claramente definidos. Si bien más del 60% de los grupos continuaron hasta el final de la capacitación fue necesario, en dos momentos del curso, fusionar grupos a los cuales les faltaba algún integrante. Para ello, las tutoras realizaron una presentación de los integrantes de ambos grupos y aclararon los roles que cada estudiante había elegido. Se invitó a estos miembros a integrarse para continuar con la tarea. En algunos casos, la integración ocurría sin problemas y rápidamente, y así se constituía un nuevo equipo de trabajo. En otros casos, el proceso de integración requería que los miembros de un grupo fusionado se replanteen los objetivos, relaten los procesos por los que habían pasado y las decisiones tomadas hasta esa instancia. Esto implicaba volver a pensar las tareas individuales desde cada rol para recién constituirse como un nuevo grupo. En otros casos, la integración causaba tensión y no se lograba establecer una cohesión entre los estudiantes del nuevo grupo, de manera que éstos finalmente trabajaban de manera individual y no colaborativa.

Por otra parte en cuanto a la opinión de los estudiantes -expuesta a través de sus ensayos y entrevistas- observamos que todos rescataron aspectos positivos sobre la estrategia propuesta y especificaron cómo el diseño del curso ayudó a

promover determinados procesos de aprendizaje. Por lo tanto, brindaron información tanto de esta dimensión pedagógico didáctica y tecnológica, como de la dimensión cognitiva. Como se expresó en el Capítulo 4, la delimitación de dimensiones responde a la necesidad de focalizar el estudio en determinados aspectos. Sin embargo, esta división es artificial ya que la realidad educativa es compleja y responde a un entramado de múltiples dimensiones, y es por ello que la información emergente de la experiencia también se encuentra atravesada por más de una dimensión. En este caso, considerando que estos comentarios brindan información importante en aspectos específicos del diseño didáctico, hemos decidido presentarlo en esta dimensión. Algunos de los aspectos destacados fueron la naturaleza del problema y la dinámica de colaboración propuesta, tal como queda enunciado en estos comentarios:

“Realmente estoy muy contenta de haber realizado este curso, por su riqueza, diversidad y sobre todo por el hecho de haber abordado la temática teniendo en cuenta aspectos biológicos, socioeconómicos, éticos sobre los organismos transgénicos, todos imprescindibles para abordar una temática tan compleja como es la biotecnología en la actualidad” (Carmela – Ensayo).

“Como primera experiencia en participar en un curso de estas características estoy muy conforme y muy entusiasmada, si se dan las posibilidades, en continuar participando con ustedes en futuros cursos. [refiriéndose a las tutoras] ¡¡muchas gracias por todo!! Un gusto y una linda experiencia de aprendizaje participar de este curso virtual de capacitación docente” (Mar – Ensayo).

“Con respecto a la metodología estoy conforme. Valoro el potencial que tienen la TIC para promover aprendizajes colaborativos, lo que sucede es que no todos lo ven desde ese punto de vista. Tal vez los docentes esperaban un “curso tradicional” (Gabriela – Entrevista).

En cuanto al trabajo centrado en la resolución de un *problema*, algunos estudiantes expresaron que era la primera vez que experimentaban este tipo de trabajo de manera práctica y no teórica. Asimismo, reconocieron que esta estrategia les permitió elaborar fundamentos para tomar una postura, ponerse en el lugar del otro, respetar puntos de vista contrarios, solidarizarse, etc. Los siguientes comentarios dan cuenta de estos aprendizajes:

“... es la primera vez que lo uso y la metodología basada en problemas, había hecho un curso al respecto, pero esta vez lo estoy poniendo en práctica, muy bueno!” (Carmela - Entrevista).

“Aprendí a leer opiniones ajenas...repensarlas y argumentar desde mi rol” (Irma - Entrevista).

A su vez, los alumnos reconocen que el abordaje de los conceptos a partir de situaciones problemáticas les ayudó a complejizar su mirada y a relacionar múltiples aspectos en la búsqueda de soluciones concretas. Como se aprecia en la siguiente reflexión:

“Me ha enriquecido la mirada, el hecho de que el análisis de los problemas, sus consecuencias, sus aristas e implicaciones no alcanzan si no se ligan a las posibles soluciones. Estas soluciones parten de la creatividad humana, de las innovaciones y transformaciones que surgen históricamente frente a las nuevas dificultades.” (Manuel - Ensayo).

A partir de estos datos se puede inferir que el problema permitió activar ideas, movilizarlas y ponerlas en interacción con nueva información. En este recorrido, los estudiantes evalúan su conocimiento y detectan lo que necesitan saber, lo cual facilita y promueve la integración de nuevo conocimiento (Pease y Kuhn, 2011). Asimismo, el problema planteado resultó una situación motivante para los estudiantes, permitió que múltiples perspectivas se tuvieran que considerar, discutir y evaluar para lograr una posible solución. Por lo tanto, el problema potenció la polifonía de voces, es decir la presencia de diversos puntos de vistas o aproximaciones y por ello los estudiantes sienten que se amplió su perspectiva y tomaron conciencia de la complejidad de la situación presentada. Desde una mirada sociocultural del aprendizaje, se puede interpretar que los elementos conceptuales y las herramientas cognitivas utilizadas para resolver el problema fueron aprendidas a partir de la interacción con otros en los foros, es decir en encuentros dialógicos en el plano interpsicológico (Wertsch, 1999).

Por otra parte, en relación a la *dinámica de colaboración* propuesta, la mayoría de los estudiantes expresó que la metodología del curso les abrió un nuevo

panorama en cuanto a cómo trabajar en grupo y resolver situaciones. El siguiente comentario da cuenta de este sentir:

“... lo más rico del curso es la discusión que se plantean en los foros, el intercambio de opinión es lo que más me ha hecho aprender” (Celene - Entrevista).

A partir de lo expuesto, se puede deducir que el entorno de aprendizaje ofrecido no sólo se constituyó en un lugar para el acceso a la información, sino que actuó como un ambiente constructivo que sirvió de apoyo para resolver una situación problemática y en dicho camino aprender conceptos biotecnológicos y habilidades para el trabajo colaborativo (Krajcik et al, 2000).

Si bien los comentarios anteriores ponen en evidencia diversos aciertos de la propuesta, buscamos de manera específica que los estudiantes nos brindaran sugerencias en relación a la metodología del curso para poder mejorarlo. Al respecto encontramos aportes referidos a las actividades, el desempeño docente y los materiales del curso, los cuales se detallan a continuación.

En cuanto a las *actividades*, las sugerencias estuvieron centradas en los tiempos programados, ya que los estudiantes pidieron “tiempos más flexibles”, “períodos que siempre incluyan a un fin de semana” o “períodos más largos para cada actividad”. Otra sugerencia fue presentar “consignas más claras”, tanto para el trabajo conceptual como así también para el uso de los recursos del aula virtual. Al respecto, diversas investigaciones proponen que la claridad de las consignas impacta en el desempeño de los grupos (Taconis et al., 2001). Por lo tanto, consideramos que este es un aspecto clave a revisar, ya que quizás el trabajo grupal se haya visto condicionado por la falta de claridad de algunas consignas.

En relación a los *tutores*, una sugerencia frecuente fue mejorar la moderación de los foros, ya que los estudiantes señalaron que hubieran sido convenientes “comunicaciones más instantáneas por parte del tutor” o “mejor moderación de las interacciones”. Incluso algunos expresaron que muchas veces, por la ausencia del

tutor, las discusiones se desviaban del tema, como se observa en el siguiente comentario:

“... [las tutoras] deberían tener más participación en los foros... [...]. Deben alentar la discusión y mucha gente se va por las ramas y no lee lo que otro puso. Eso lo modera el tutor. También marca hasta donde se discute un tema y hasta donde no. Lo importante no es recorte y pegue sino el aporte a partir de lo que leí complementando mi colega.” (Antonia – Entrevista).

Sin embargo, esta no fue la percepción generalizada, ya que por otro lado, encontramos varios estudiantes que expresaron sentirse acompañados y guiados durante todo el proceso. A su vez, destacaron cómo a pesar de la posible “distancia” que plantea la metodología virtual, las tutoras lograron “acercarse” a los estudiantes. Los siguientes comentarios muestran estas reflexiones:

“... la verdad me sorprende la forma en la que uno siente el acompañamiento de los docentes a través de los mensajes de aliento en los foros. Es muy ameno el trato pues utilizan un lenguaje que “acerca” mucho...” (Nadia – Entrevista).

“Las tutoras cumplieron muy bien su función, de una forma muy amable y comprensiva. Su participación en ningún momento limitó nuestra libertad en los caminos que fue siguiendo el aprendizaje. A su vez, siempre estuvieron presentes cuando tuvimos dudas para aclararlas. Cuando hubo confusión en las tareas que debíamos realizar, lo aclararon muy bien. En todo momento nos dieron aliento en las tareas.” (Andrés – Ensayo).

Otros estudiantes indicaron que hubiera sido necesario comenzar las discusiones con un aporte conceptual o anticipación de las temáticas que se iban a abordar, lo cual evidencia la necesidad de una “exposición docente” del tema. Un aporte similar fue expresado por un estudiante quien indicó que durante el curso no se había brindando información específica. De manera coincidente, este estudiante en reiteradas ocasiones solicitó la “exposición” por parte del docente. Por lo tanto, se puede inferir que el estudiante no comprendió el objetivo de la propuesta, la cual coloca al alumno como protagonista activo y constructor del conocimiento y no como un mero receptor de las exposiciones del profesor. Este caso, coincide con otros registrados en la literatura, los cuales indican que la participación en un solo curso a veces no alcanza para que los estudiantes se

“aclimaten” o entiendan el sentido de una propuesta centrada en el ABP (Hmelo-Silver, 2004).

Sin embargo, algunos estudiantes sí entendieron el objetivo de esta metodología, desde la cual se considera que la presencia del docente es necesaria, pero en el marco de una comunidad de aprendizaje auto sostenible. Desde esta perspectiva, el rol del docente está centrado en “promover y no en dirigir el discurso dando cabida a las voces de los estudiantes quienes de este modo, toman un papel activo en las discusiones” (Garrison et al., 2000). Los estudiantes que lograron comprender este sentido, opinaron que si bien pudieron sentirse un poco desorientados, esta libertad los motivó a tomar protagonismo en su proceso de aprendizaje. El siguiente comentario da cuenta de este sentir:

“A veces no sé para dónde arrancar, pero eso hace que yo evalúe distintas posibilidades o soluciones, y está bueno. Sinceramente me gustó” (Ester - Entrevista).

En cuanto a los *materiales* de lectura, se encontraron dos posturas contrarias. Por un lado, algunos estudiantes comentaron la necesidad de “incluir más bibliografía disciplinar específica o de primera mano”, mientras que otros valoraron la diversidad de posturas y fuentes de información incorporadas en la biblioteca digital del curso. El siguiente comentario explicita este último punto de vista:

“Estoy muy conforme con los artículos de la biblioteca, no solo por su contenido sino también por el enfoque, pues a través de relatos de casos o circunstancias nos fueron introduciendo en la temática. Me gustó que no consistiera en meros conceptos sino más bien una aplicación concreta de los mismos, en lugares reales.” (Enrique - Ensayo).

La información aportada a través de esta evaluación centrada en los aspectos pedagógicos didácticos y tecnológicos, brinda elementos para fortalecer nuestra propuesta y realizar aquellas modificaciones que se indicaron como posibles debilidades.

7.4 Resultados de la dimensión cognitiva

La dimensión cognitiva de nuestro modelo responde, desde una perspectiva sociocultural del aprendizaje, a los procesos que tienen lugar en la etapa intrapsicológica y que se expresan en términos de aprendizajes individuales. En base a esta aproximación teórica, entendemos que los aprendizajes surgen a partir de instancias grupales de intercambios dialógicos a nivel interpsicológico, los cuales impactan a nivel individual intrapsicológico (Vigotsky, 1991). Es claro que los procesos de aprendizaje constituyen eventos complejos que no responden de manera lineal a factores delimitados. Por lo tanto, en pos de identificar aspectos que permitan inferir los procesos de aprendizaje promovidos durante el curso, se trianguló la información recabada a partir de distintas estrategias de análisis. En función de ello, se presenta en primer lugar un análisis de los aportes individuales que se observaron en la dinámica de construcción colaborativa y en segundo lugar, los procesos metacognitivos promovidos a través de esta propuesta.

7.4.1 Apropiación individual del conocimiento

A partir del análisis de los aportes individuales de los estudiantes se pueden inferir los procesos de apropiación de conocimiento que fueron generados. En particular, los procesos educativos mediados por aulas virtuales se caracterizan por presentar comunicaciones asincrónicas y de base textual. Las interacciones que allí ocurren permiten estudiar diversos aspectos de la dinámica educativa y tal como indicáramos anteriormente, considerando la complejidad de las situaciones educativas, también en el sistema comunicacional se ponen en juego múltiples aspectos que podrían corresponder a diferentes dimensiones de nuestro modelo. Hemos tomado la decisión de incluir el estudio de las interacciones desde la perspectiva cognitiva dentro de esta dimensión debido a que, desde una perspectiva sociocultural del aprendizaje es a través de la comunicación que tienen lugar los procesos intelectuales que permiten el entendimiento (Vigotsky, 1991). En esta dimensión, focalizamos nuestra mirada en aquellas interacciones que evidencian procesos de apropiación individual de conocimiento, dejando el análisis

de los procesos de carácter grupal para la dimensión comunicacional. Para ello analizaron los siguientes aspectos:

Compartir puntos de vista: se refiere a las interacciones que realizan los estudiantes en un primer nivel de aproximación al conocimiento, por lo tanto permiten identificar aportes vinculados al sentido común y al conocimiento previo. Es por ello que dentro de este grupo identificamos los siguientes tipos de interacciones:

- Brindar información sin justificar con argumentos propios.
- Justificar desde el sentido común.
- Realizar sugerencias.

Construir conocimiento: son las interacciones que realizan los estudiantes durante procesos de profundización de conceptos específicos, las cuales evidencian procesos cognitivos vinculados a la validación del conocimiento, se ponen en juego herramientas de pensamiento de orden superior y la capacidad de expresar ideas científico tecnológicas de manera fundamentada. Por lo tanto, dentro de este grupo identificamos los siguientes tipos de interacciones:

- Utilizar conceptos relevantes.
- Plantear nuevas preguntas.
- Utilizar argumentos.
- Incorporar datos empíricos.
- Reflexionar acerca de la necesidad de poner a prueba la información.
- Delimitar las condiciones en las cuales tales ideas serían válidas.
- Cuestionar la validez de la información que se utiliza y de las fuentes de información que podrían servir de sustento a las argumentaciones.
- Solicitar que el profesor exponga aspectos conceptuales.
- Reflexionar acerca de los conflictos de interés que se encuentran involucrados en un proceso biotecnológico.

Los resultados derivados de estos análisis, se organizaron de la siguiente manera: primero, se presenta una comparación entre tipos de interacciones y actividades propuestas; luego, se desarrolla cuál es el lugar de las ideas, experiencias y saberes previos en los procesos de construcción de conocimiento, y por último, qué tipos de aprendizajes específicos se evidencian.

Interacciones y actividades

Se buscó conocer qué interacciones se promueven a través de cada una de las actividades propuestas, y para ello realizamos un análisis de las frecuencias de cada tipo de interacción según cada actividad de resolución grupal, las cuales se sintetizan en la Tabla 7.2 (el detalle cada actividad se encuentra en la sección 6.2 de esta tesis)³⁰. En segundo lugar, analizamos la co-ocurrencia entre cada tipo de interacción y el abordaje de los contenidos definidos para el curso.

Tabla 7.2. Módulos y actividades para la resolución del problema.

Módulo	Actividades
4) Presentación del problema	Presentación del problema y asignación de roles
5) ¿Cuál es el problema?	Exploración del problema (meta- análisis)
6) Buscando nuevas fuentes	Análisis de nuevas fuentes bibliográficas
7) Dialogando con colegas	Discusión en foros según el rol (fuera del grupo de origen)
8) ¿Qué aprendimos fuera del grupo?	Discusión y planteo de posibles soluciones
9) La solución propuesta	Construcción de una solución de manera colaborativa

En la Figura 7.2 se observa que en los primeros módulos (4, 5 y 6) predominaron, en la mayoría de los grupos, interacciones centradas en compartir puntos de vistas, ya sea brindando información sin justificar, expresando ideas desde el sentido común” o realizando sugerencias al estilo de posibles explicaciones. Este tipo de aportes evidencian un nivel elemental de aproximación al conocimiento, el cual se realiza desde las ideas previas (Garrison et al., 2000).

³⁰ Para los análisis subsiguientes se excluyen los módulos 1,2, 3 y 7 ya que éstos plantearon una metodología de trabajo en la cual los estudiantes estuvieron fuera de sus “grupos de origen”.

Sin embargo, encontramos que este tipo de interacciones disminuyen en el módulo 8 dando lugar a otras referidas a “la construcción de conocimiento”, y por último, directamente desaparecen en el último módulo (9)³¹. Estos resultados indican que la propuesta ayudó a los estudiantes a profundizar su mirada, poner en juego datos empíricos y métodos de validación, y establecer conexiones entre la información y los conceptos vinculados al problema. Por lo tanto, se podría inferir que este diseño aproximó a los estudiantes a desarrollar habilidades de pensamiento superior (Zohar, 2006; Torp y Sage, 2002).

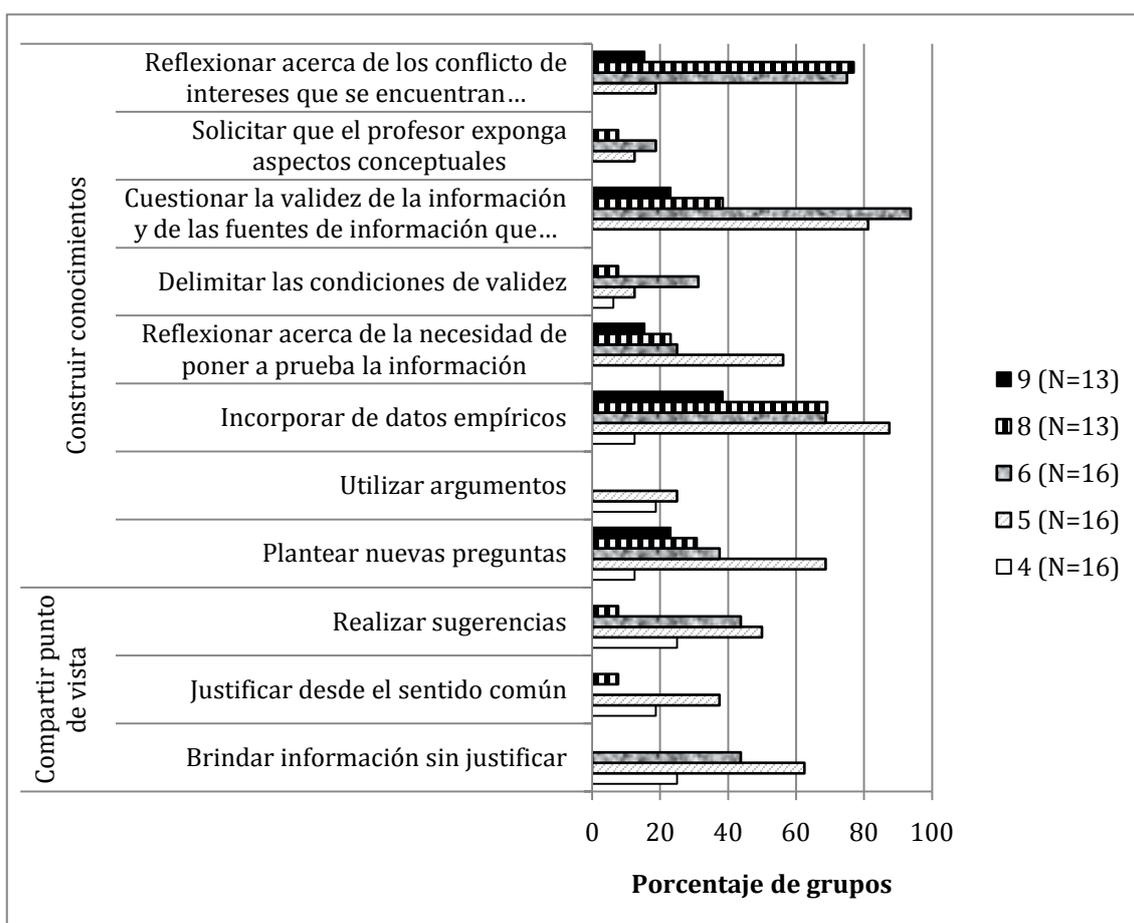


Figura 7.2. Frecuencia de interacciones vinculadas a la construcción de conocimiento según cada uno de los módulos

Otro aspecto a destacar es que las interacciones más frecuentes coinciden con las planificadas para cada instancia. Así por ejemplo, el módulo 5 presenta la mayor frecuencia de generación de nuevas preguntas, lo cual se corresponde con el objetivo planificado, ya que esta actividad buscó promover reflexiones

³¹ En los módulos 8 y 9 el número de grupos total (N) es menor debido a que para este momento algunos estudiantes habían abandonado el curso.

metacognitivas centradas en lo que se sabía acerca del problema, lo que se necesitaba saber y qué estrategias de acción se podrían realizar. Por lo tanto, se observa que la estrategia “pizarras en blanco” utilizada, logró promover procesos metacognitivos reflexivos y su externalización a través de los foros (Torp y Sage, 2002). Asimismo, encontramos que la validez de la información aparece con mayor frecuencia en el contexto del módulo 6, cuyo principal propósito fue el de analizar nuevas fuentes de información y establecer criterios para validarlas. Estos datos muestran que la planificación de actividades de resolución grupal que exigen la articulación de ideas en un espacio social, colocan a los participantes ante la necesidad de manifestar sus ideas públicamente y en este proceso la persona organiza sus propias ideas para poder expresarse con claridad. A través de recapitular el conocimiento que se tiene, los participantes se sumergen en un sistema cognitivo externo, en el cual sus ideas entran en interacción con los aportes de sus compañeros y a partir de allí se puede avanzar en la construcción de nuevos saberes de manera conjunta (Crook, 1998).

Resulta interesante señalar que algunas interacciones permanecieron durante todo el proceso en la mayoría de los grupos, tal es el caso de la referencia a datos empíricos y el reconocimiento de los conflictos de intereses involucrados en el problema a resolver. Por lo tanto, estudiamos qué conceptos se abordaron en el contexto de estas interacciones y para ello analizamos las co-ocurrencia de códigos (Figura 7.3). En este proceso empleamos el programa estadístico QDA-Miner, aplicamos el Coeficiente de Jaccard y utilizamos la representación gráfica de dendrogramas (los fundamentos de esta metodología se desarrollaron en el capítulo de 3 de la tesis).

A partir de estos datos, se observa que los conflictos de intereses principalmente se perciben para aquellos conceptos vinculados al ambiente (impacto en la biodiversidad - suelo y uso sustentable) o al sistema productivo (importación de paquetes tecnológicos - sistema de producción). Esta relación se encuentra indicada en el recuadro “A”. La referencia a datos empíricos coincidió con el impacto de agentes mutagénicos y los procesos de reflexión vinculados a la validez de la información. Esto a su vez se vinculó a la generación de nuevas

preguntas, y que se observa en el recuadro “B”. Por otra parte, en el recuadro “C” se nota que hablar de los procesos de herencia de caracteres se vinculó a la necesidad de poner a prueba los datos que se expresaban al respecto, lo cual se fundamentó desde la ausencia de investigaciones científicas específicas.

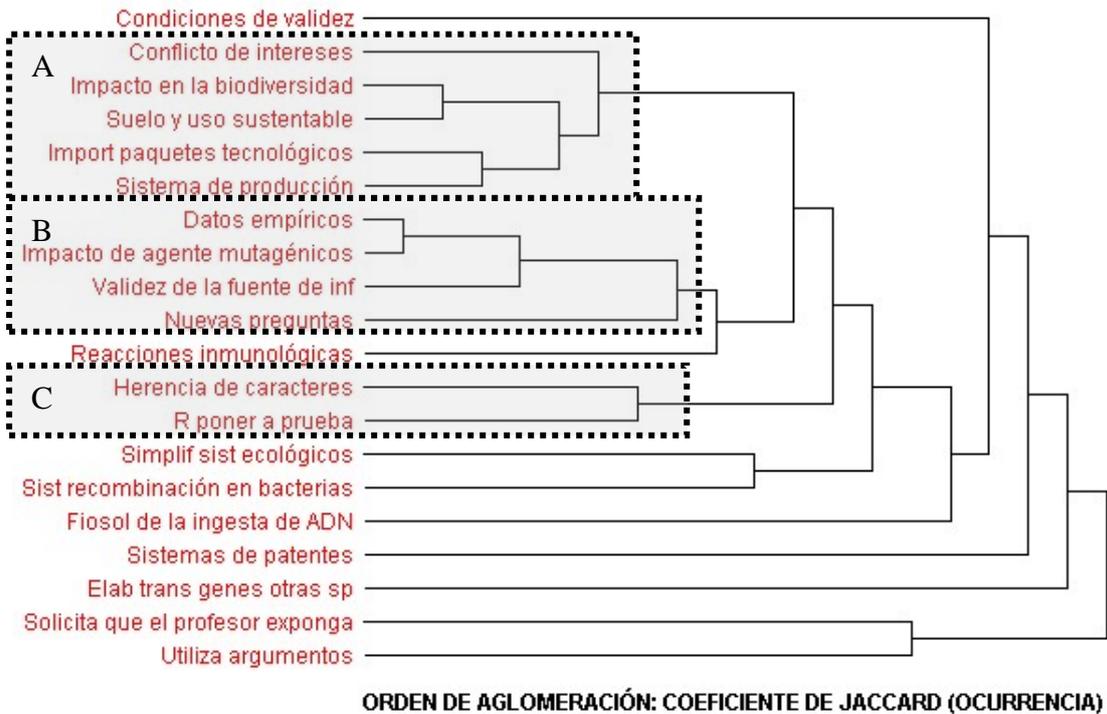


Figura 7.3. Co-ocurrencia entre conceptos y los procesos de construcción de conceptos.

Lugar de las ideas, experiencias y saberes previos

Otro aspecto a considerar en el análisis de los procesos individuales de apropiación de conocimiento, es el lugar de las ideas, experiencias y saberes previos. Al respecto, analizamos los comentarios de los estudiantes en el proceso de resolución del problema y observamos una intensa búsqueda, no solo de información sino de aquellos aspectos que cada uno posee desde la propia experiencia y de conocimientos anteriores. Al respecto se incluyen los siguientes comentarios.

(luego de realizar cuatro aportes conceptuales concluye...) *“Como podrás ver estas “divagaciones biológicas de un haragán” (Hay una novela que se llama Divagaciones de un haragán), que pretenden ser razonamientos en base al conocimiento incompleto que humildemente manejo, me hacen pensar, a pesar de las dudas, que no puede ser el polen sino otra cosa como algún/os agroquímicos de los tantos que se usan para variadas situaciones...”* (Angélica – Módulo 6).

“... Pero si llegamos a la conclusión, ya que la bibliografía lo avala, que los agroquímicos en general y los herbicidas en particular producen alteraciones, causantes de las malformaciones congénitas. Por otra parte al hablar de malformaciones congénitas nos estamos refiriendo a modificaciones que se realizan en el embrión o el feto durante su gestación, y los agroquímicos está comprobado que lo alteran, pero no existe a la fecha nada que yo haya leído que demuestre que el polen, pueda causarlas. Debería haber algún mecanismo que permita que el transgén llegue a la sangre de la madre embarazada y que por vía placentaria pase al futuro bebé. Pero de esto no he encontrado nada que lo avale” (Marta – Módulo 6).

Es aquí en dónde se manifiestan los procesos de reelaboración de conceptos y se pone en evidencia que a través de la discusión de los problemas se construye una base extensa y flexible de conocimiento, ya que se activan saberes anteriores y se facilita la construcción de nuevos saberes (Schmidt et al., 2007). Desde esta perspectiva, la calidad de los procesos de reconstrucción, se configuran como clave fundamental para la calidad del aprendizaje. Por un lado, la estructura lógica de los contenidos adquiere significatividad en los procesos que desde la propia situación personal y de los conceptos ya presentes, permiten poner en relación de manera sustantiva y no arbitraria, de manera profunda y no superficial, los nuevos conocimientos. Podemos observar, que las representaciones son sobre el sentido que tiene para sí mismo aprender ese contenido, sobre los motivos para hacerlo, las necesidades que ese aprendizaje cubre y las consecuencias que supone para la percepción de uno mismo como aprendiz. Por lo tanto, se evidencia cómo una situación virtual de aprendizaje pudo brindar oportunidad para que los estudiantes interactúen con voces heterogéneas provenientes de horizontes conceptuales diferentes (Giordan, 2008).

Tipos de aprendizajes

En cuanto a qué tipo de aprendizajes específicos se promovieron en los estudiantes, se encontraron diversas respuestas que hemos organizado en torno a las siguientes ideas: aprendizajes conceptuales, procedimentales y actitudinales.

En relación a los *aprendizajes conceptuales* algunos estudiantes indicaron cómo a través del curso habían logrado resolver dudas, ampliar conocimientos y analizar la problemática desde diversas perspectivas, tal como se observa en los siguientes comentarios:

“Como no sabía nada de transgénicos siento que, o me dieron una llave de una biblioteca, o me abrieron algunas puertas...” (Ana - Ensayo).

“Aprendí sobre muchas dudas que tenía acerca de los transgénicos, y me gustó saber que muchas de estas dudas eran comunes entre los profes...” (Isabel - Entrevista).

“Me permitió ver varias aristas de los alimentos transgénicos, el curso no era lo que yo creía, pero me gustó y me demandó mucha lectura” (Ester - Entrevista).

“Desde lo conceptual creo que he aprendido mucho, porque si bien soy genetista, cuando se plantea el problema de los transgénicos, se plantean nuevas preguntas” (Benjamín - Ensayo).

La incorporación de nuevas miradas al problema, significa que a partir de estos “debates” se logró ampliar el espectro de conocimientos validados para la discusión, lo cual en términos de democracia participativa significa brindar elementos para la toma de decisiones en pos de mejorar la calidad de vida de las personas (Jackson et al., 2005).

Asimismo, durante el proceso que tuvo lugar a lo largo del curso, encontramos que la mayoría de los estudiantes había logrado construir los conceptos claves involucrados en la situación problemática. Solo dos de los estudiantes encuestados presentaron confusiones conceptuales. A su vez, al finalizar el curso, los

estudiantes reconocieron haber aprendido diversos contenidos como lo muestra la tabla que se presenta a continuación.

Tabla 7.3: Porcentaje de estudiantes que identifican aprendizajes en cada contenido.

Contenidos	Porcentaje
Sistema de Recombinación en Bacterias	20,5
Herencia de Caracteres	20,5
Elaboración de un organismo transgénicos	47,7
Reacciones inmunológicas	29,5
Procesos fisiológicos de la ingesta de ADN	18,2
Posibles impactos de agentes mutagénicos en células humanas	70,5
Importación de paquetes tecnológicos	34,1
Sistemas de patentes	15,9
Sistema de producción agrícola	59,1
Impacto en la biodiversidad	61,4
Simplificación de sistemas ecológicos	25
Suelo y uso sustentable	36,4
Conflicto de intereses	68,2
Legislación	36,4
Organismos de control y regulación	31,8
Potenciales riesgos no conocidos	25
Bioética	15,9
Identificación de fuentes de información confiables	11,4

A partir del análisis los ensayos finales realizados por los estudiantes se identificaron diversos aprendizajes de contenidos. Los de mayor porcentaje fueron el impacto de agentes mutagénicos en células humanas, el sistema de producción agrícola y los posibles impactos en la biodiversidad. Asimismo, percibieron haber aprendido otros contenidos que indudablemente se encuentran implicados en la controversia, tal como conflictos de intereses, legislación vigente, organismos de control y regulación y potenciales riesgos no conocidos, entre otros.

En el abordaje de controversias científicas es frecuente observar una íntima relación establecida entre posibles riesgos no conocidos y la necesidad de organismos de control y regulación. Al respecto, estudios de opinión pública registran cómo resuelven los ciudadanos una decisión cuando perciben que no hay

acuerdo en la comunidad científica, y plantean que la estrategia más frecuente es depositar su confianza en los organismos gubernamentales, como si éstos tuvieran la posibilidad de superar las tensiones y desacuerdos del ámbito académico (Díaz Martínez y López Peláez, 2007). Este tipo de razonamiento también se observó en las soluciones propuestas al problema, ya que en gran proporción se determinó la necesidad de legislación específica y de aumento de controles o regulaciones por parte del estado.

Algunos comentarios de los estudiantes ponen en evidencia cómo el curso les ayudó a comprender algunos conceptos:

“Con respecto a la ingesta de los OGM hay muchos interrogantes. Yo no tenía información al respecto, la verdad es que el curso me ha ayudado en eso, por lo que leí y he visto hoy en el foro no hay información certera respecto de su interferencia con el ADN de quienes lo ingieren” (Nadia – Entrevista).

“Según lo que he aprendido en los foros, se ve que hay una dependencia muy fuerte de los productores en cuanto a semillas, insumos y toma de decisiones, es negativo, considero que los argentinos están preparados para invertir en biotecnología propia...” (Carmela – Entrevista).

En estos ejemplos se puede apreciar que, a través de las discusiones promovidas en los foros, se logró aportar información específica vinculada a la problemática de las plantas transgénicas, lo cual se observó a través de dos procesos. El primero de ellos fue cuestionar algunos mitos como se evidencia en el comentario de Nadia, quién logró poner en discusión la posibilidad de que la ingesta de un alimento derivado de un organismo genéticamente modificado pueda interferir con el ADN de la persona que lo consume. El segundo proceso observado fue la incorporación de nuevos aspectos de análisis, tal como lo expresa el comentario de Carmela quien logró incorporar a la controversia de los transgénicos aspectos vinculados a la producción y comercialización de estos productos. A partir de estos resultados, encontramos que el trabajo en grupos pequeños brindó espacios para intercambiar ideas, cuestionarlas, cambiarlas y en este proceso guiado pero no dirigido, co-construir conocimiento (Hull y Saxon, 2009).

Otros aprendizajes percibidos por los estudiantes estuvieron vinculados a *procedimientos*, ya que indicaron que a través de este curso aprendieron a realizar búsquedas de información específica, construir criterios para analizarla y discutir su pertinencia con los compañeros del grupo. Por lo tanto, se observa cómo la estrategia propuesta y el seguimiento de las tutoras lograron que los estudiantes desarrollaran un espíritu crítico hacia las fuentes que se pretendían utilizar como argumento en las discusiones (Soley, 1996; Elam y Bertilsson, 2003). Los siguientes comentarios ponen en evidencia de estos aprendizajes:

“... el hecho de revisar las búsquedas en la Internet, resignificando la validez de la información, la pertinencia de los artículos, y la búsqueda en una situación de exceso de información nos han hecho repensar el uso de las TIC, en especial, la búsqueda en la Web. Está claro que no todos los buscadores obtiene el mismo tipo de artículos y no todos los artículos tienen la misma confiabilidad” (Manuel - Ensayo).

“En la búsqueda de material, al ser INTERNET, tan amplio hay que desarrollar estrategias de selección. Y también verificar el origen de las fuentes, y de las posturas que puede haber detrás. Todo esto implicó un aprendizaje muy grande.” (Andrés - Ensayo).

Este aprendizaje responde a uno de los objetivos del ABP reseñado en la literatura como “Desarrollar habilidades de aprendizaje auto dirigido a lo largo de toda la vida” (Torp y Sage, 2002). Si bien, como ya hemos mencionado en el Capítulo 2, evaluar este desarrollo requeriría de investigaciones a largo plazo, algunos autores destacan el desarrollo de habilidades para acceder a la información como evidencias de este tipo de aprendizaje (Hmelo-Silver, 2004). Desde esta postura, la estrategia seleccionada estaría colaborando en la gestión autónoma de la información necesaria para poder tomar decisiones con fundamentos.

Por otra parte, muchos estudiantes expresaron que a través del curso se promovieron aprendizajes de procedimientos que tiene que ver con el uso del aula virtual y sus recursos. Por lo tanto, aunque no fue un objetivo específico del curso centrarse en el uso de las herramientas tecnológicas en contextos específicos también se colaboró en promover una cultura digital en los docentes.

En relación a las *actitudes* para el trabajo colaborativo, los estudiantes resaltaron como un factor clave a la interacción entre los pares, de hecho reconocen haber experimentado un aprendizaje colaborativo. Asimismo, destacan que este tipo de trabajo les permitió intercambiar información, aprender a ponerse en el lugar del otro, ser tolerantes con puntos de vista contrarios, ser solidario con el grupo, etc. A su vez, reconocen que durante este proceso de intercambio se generaron aprendizajes conceptuales. Los siguientes comentarios resumen el sentir de los estudiantes:

“El hecho de trabajar con un problema me sirvió para tener que tomar postura y con eso ponerme en el lugar de otro, a respetar puntos de vistas, a solidarizarse con otros...” (Ester - Entrevista).

“Rescato que el intercambio de opiniones no fue solamente eso, sino ayudarnos a entender racionalmente el tema para tomar posturas y acciones responsables” (Enrique - Entrevista).

Estas reflexiones muestran que la propuesta de trabajo colaborativo los colocó en una posición epistémica. A través del intercambio dialógico y el encuentro de voces, se lograron construir nuevos significados. Por lo tanto, se podría pensar que estos espacios se constituyeron en “dispositivos de pensamiento” (Werstch, 1999). Asimismo, aquí también se observa cómo a través del lenguaje (utilizado para comunicarse en cada una de las instancias de interacciones del curso), se construyeron significados, es decir, que en este proceso las palabras actuaron como instrumentos mediadores de los procesos de aprendizaje (Vigotsky, 2008).

Un último aspecto que deseamos destacar proviene del análisis de las producciones finales individuales, las cuales consistieron en el desarrollo de una propuesta didáctica que mostrara los aspectos aprendidos. A partir de estas producciones, se observó que los estudiantes fueron capaces de transferir sus aprendizajes a nuevas situaciones tal como se ha registrado en numerosas investigaciones vinculadas al ABP (Dochy et al., 2003; Hmelo-Silver, 2004). Asimismo al igual que lo registrado por Derry et al (2000) en su estudio de ABP en contextos de formación docente, encontramos que el recorrido realizado por los estudiantes en este curso les permitió construir un conocimiento flexible, ya que

fueron capaces de vincular contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales en el diseño de las propuestas didácticas.

En síntesis, el análisis de los aportes individuales de los estudiantes y sus interacciones, nos permitió conocer cómo a través de las actividades propuestas y la dinámica establecida, se lograron crear espacios individuales de aprendizaje. En estos espacios se validó el conocimiento individual a través de un proceso social de interacción con otros en los cuales se compartieron, validaron y evaluaron las ideas. Por lo tanto, tal como observaron otros autores (Donnelly, 2010), se podría decir que la mediación tecnológica implementada para resolver a través del ABP un problema biotecnológico facilitó la apropiación individual del conocimiento.

7.4.2 Procesos de metacognición

Otro aspecto que se requiere evaluar dentro de la dimensión cognitiva, son los procesos de metacognición, ya que a través de éstos se establecen las condiciones de plasticidad necesarias para reflexionar y avanzar en el conocimiento (Mateos, 2001). Al respecto, observamos que durante el desarrollo del curso los estudiantes expresaron en diversas ocasiones reflexiones que dieron cuenta de los procesos metacognitivos promovidos a partir de esta propuesta. Para ejemplificarlo presentamos dos comentarios de una estudiante, quién en primer lugar realiza una revisión y cuestionamiento del proceso realizado, luego expresa las reflexiones que derivaron de ello, y por último indica la estrategia de acción que se tomó en consecuencia:

“... además de lo que hicimos en la actividad 1 [...] resultó que siempre se puede seguir ahondando, profundizando, y cada vez tenerla más clara, por otra parte debemos ser honestas: cuando creés que la tenés clara por momentos y estás segura que va en tal o cual columna, empezás a dudar o alguna de ustedes dice que debería ir allá o acá [...] esto es, ni nosotros la tenemos muy clara, yo pensaba una cosa, pero me acorde de mi rol!! entonces empecé a escribir y buscar otras cosas que había leído incluso distintas a mi propia opinión” (Ana – Módulo 6).

En la siguiente actividad esta estudiante logra percibir cuál era el sentido, y reflexiona acerca del impacto cognitivo que tuvo el trabajo con una situación

problemática, y cómo a partir de este proceso ahora se siente con una formación sólida:

“Me estoy dando cuenta que los planteos que podemos hacer (de la columna 4) con soluciones: están saliendo solos, como obvias, pero tuvimos que enfrentarnos a verdades desconocidas, o difíciles de enfrentar. Este curso no debe terminar cerrando una carpeta y listo, creo que es el inicio de un largo camino que debemos recorrer juntos [...] Hoy ya tenemos una formación mas solida, para trabajar, creo que es manos a la obra!” (Ana – Módulo 7).

A partir de este ejemplo, se evidencia cómo resultan necesarios los procesos de metacognición para que se puedan presentar la regulación de los aprendizajes y conflictos (Hmelo-Silver, 2004). En este proceso, fue importante el trabajo del tutor, como mediador, que orienta pero sabe esperar los tiempos necesarios para la producción de la gestión grupal. En este sentido, la resolución de problemas como estrategia didáctica permitió configurarse también, como un medio para desarrollar la capacidad de aprender a aprender colaborativamente en estos entornos.

Otra reflexión socializada por un estudiante luego de participar del intercambio con otros colegas (módulo 7), pone en evidencia el proceso metacognitivo provocado por la actividad:

“El Foro de Asesor de Granos fue muy interesante en el intercambio de opiniones, de posturas construidas desde nuestros conocimientos y nuestras concepciones. Pude acceder a información que desconocía [...] Me parece que la artista principal no estuvo en el debate: la semilla. [...] nuestro rol es Asesor de granos, [pero] no encontré referencia explícita sobre la semilla. Me puse a pensar en ello, en los porqué de esa ausencia en los debates, en analizar la semilla como factor de discusión. Pero creo que si hablamos de plantas transgénicas [...] pues los cultivos deben haber salido de una "semilla" transgénica o no. Entonces, allí sí aparece la semilla, aparecen los granos. Pude entender que no es la "semilla" aislada, sino en [el] entorno natural donde queda” (Enrique – Módulo 8).

Por lo tanto, se puede asumir que a través de las actividades propuestas se creó un entorno en el cual los estudiantes pudieron asumir la responsabilidad de su propio aprendizaje negociando los significados, reconociendo aquellos aspectos

que se necesitaban aprender, cuestionando las creencias aceptadas y construyendo nuevas ideas (Garrison y Anderson, 2005).

7.5 La dimensión comunicacional y sus resultados

El análisis del sistema de comunicación que se estableció a partir de nuestra propuesta responde a las tres presencias (social, cognitiva y docente) identificadas por Garrison et al. (2000) e incluidas en nuestro modelo en la dimensión comunicacional.

En primer lugar, abordamos el componente social de la comunicación, es decir esta capacidad para proyectarse como sujetos y crear vínculos en un sistema asincrónico (So y Brush, 2008), y la dinámica de colaboración establecida. Luego, analizamos la calidad de los aportes realizados en pos de construir conocimiento de manera colaborativa y su posible impacto a nivel interpsicológico, lo que hemos denominado “comunicación grupal”. Por último, como parte de esta comunidad de aprendizaje se presenta un análisis de la presencia docente en función del tipo de interacciones que realizaron las tutoras.

7.5.1 Componentes sociales de la comunicación

La dinámica del trabajo grupal y su componente social se analizó a partir de la comunicación afectiva y la comunicación abierta tomando para cada uno de ellos los siguientes aspectos:

Comunicación afectiva

- Expresar emociones
- Saludar
- Recurrir al humor
- Usar pronombres inclusivos que hagan referencia al grupo como unidad
- Celebrar éxitos conseguidos en conjunto
- Reconocer que es necesario el aporte de cada uno
- Brindar información, recursos o ideas

Comunicación abierta:

- Citar mensajes de otros
- Hacer preguntas directas
- Expresar acuerdo con alguien
- Ordenar /coordinar tareas
- Expresar postura flexible
- Expresar postura firme

Al examinar las frecuencias de cada tipo de intervención en función de cada actividad, observamos que el uso de pronombres inclusivos y los saludos permanecen a lo largo de todos los módulos (Figura 7.4). Ambos tipos de intervenciones expresan la creación de un lazo entre los miembros del grupo. En el caso de los saludos, éstos disminuyen en el último módulo, lo cual puede explicarse por el aumento de celebraciones de los éxitos logrados en conjunto que fueron los más frecuentes en esa etapa. Por lo tanto, se puede inferir que los saludos y celebraciones son intervenciones necesarias para establecer interdependencia positiva entre los y cohesión colaborativa miembros del grupo.

En relación a la forma de comunicarse, se destaca que permanece constante, en un alto porcentaje, reconocer la necesidad de cada aporte, ordenar o coordinar tareas, preguntarse directamente algo y expresar una postura flexible. De esta manera, tal como lo plantean Garrison et al. (2000), se observa cómo los elementos sociales referidos a la “comunicación abierta” resultan esenciales para crear un contexto de confianza y respeto, cuestionarse y promover reflexiones. Asimismo, este tipo de interacciones resultaron claves en el desarrollo de un entorno propicio para la presencia cognitiva, facilitando indirectamente los procesos de pensamiento crítico.

Por otra parte, la expresión de una postura firme solo se encontró en el módulo 4, y luego no volvió a observarse para ninguno de los grupos. Por lo tanto, se puede inferir que los alumnos aprenden a establecer modos de comunicación más flexibles que dan lugar a un trabajo grupal, en el cual es necesario ser tolerante con otros puntos de vista y estar dispuesto a negociar para lograr cumplir un objetivo compartido.

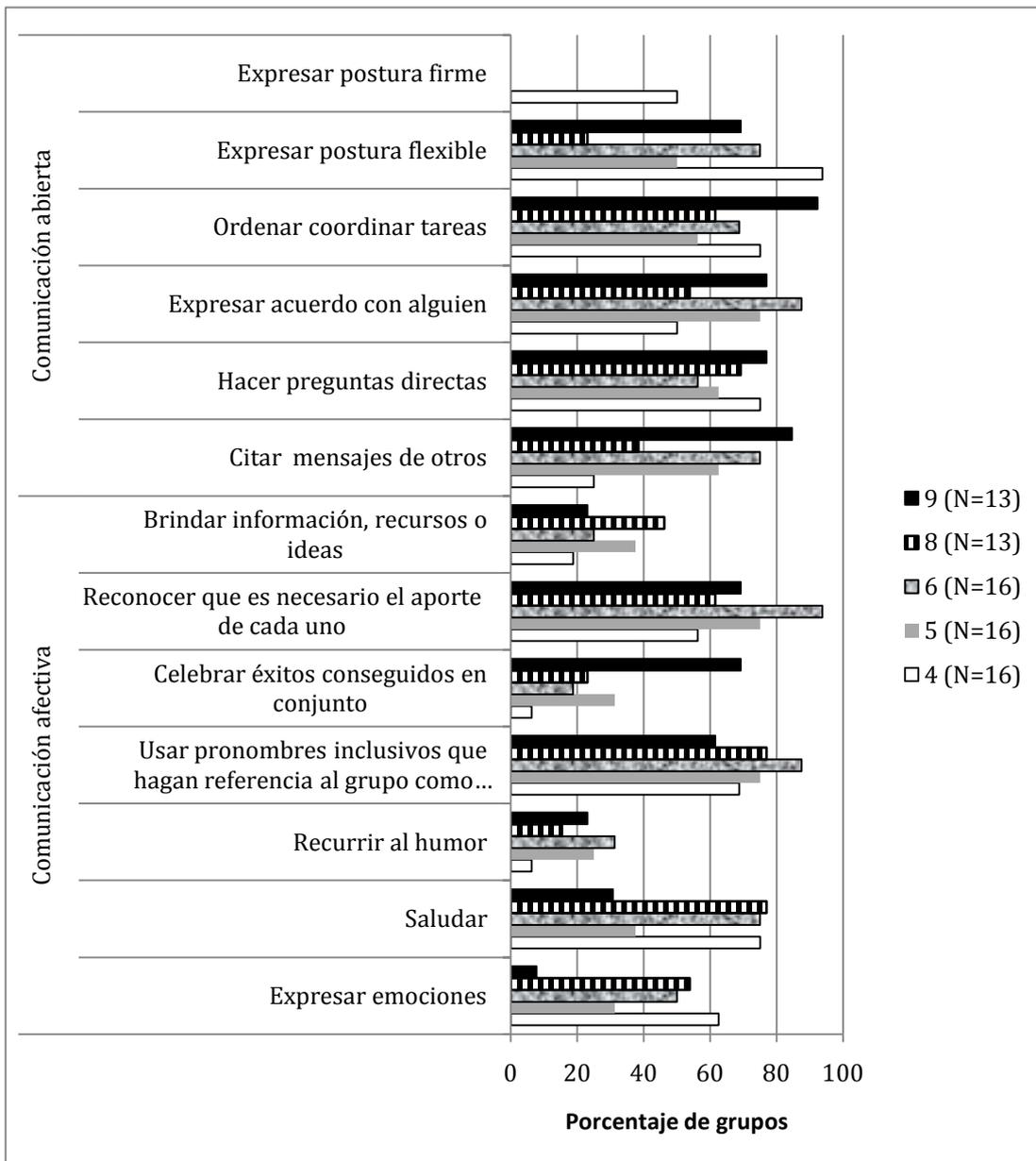


Figura 7.4: Componentes sociales de la comunicación.

Un ejemplo de cómo se resolvieron conflictos y se establecieron formas de comunicación, se puede observar a partir de las interacciones de un grupo durante el desarrollo del módulo 4. En la distribución de los roles, cada integrante debía auto asignarse un rol, y este proceso se muestra como fuente de ansiedad. Las comunicaciones asincrónicas y la necesidad de definir el rol-en el plazo convenido previamente en el cronograma- generan situaciones de tensión, se ponen en juego inseguridades y se requiere negociar entre los integrantes del grupo, lo cual a veces crea situaciones conflictivas. Sin embargo, son los mismos alumnos quienes median en la resolución. El temor a la soledad y al desconocimiento de las miradas

desde roles interdisciplinarios hacen que no se advierta en un primer momento la situación novedosa de aprendizaje planteada desde la propuesta didáctica, lo cual genera desconcierto. Algunos mensajes enviados entre los estudiantes de un grupo dan cuenta de esta situación:

“Hola Laura, creo que es mejor que decidas qué querés ser, y yo te sigo, eligiendo un rol. Falta el varón, no recuerdo el nombre. Pero le dejamos el rol que sobre, si no llega antes a la elección definitiva. Una vez elegido no sé cómo continuamos... Estamos medio perdidas...ayuda!!” (Ester).

“Me parece bien. Visto y considerando que las demás chicas no se decidieron y que hoy es el cierre en la designación de roles, yo me propongo para representante del comité directivo de una fundación. Laura, Ester, no lo tomen arbitrario, pero hay que decidirse, si alguna tiene algún problema con los roles que quedan, por favor comuníquense que voy a estar revisando el foro y lo hablamos. Es difícil ponerse de acuerdo en foros, no es cierto? Un saludo a todos.” (Luis).

“Y sí, no es fácil comunicarse en un foro. Pero creí que era bueno que cada uno expresara su opinión para elegir el rol, y no que a horas de terminar el plazo, Luis de forma tajante lo decidiera. No soy experta en Genética pero asumiré el rol, si les parece” (Laura).

Continúan las intervenciones...

“...Por otro lado, (se dirige a la Tutora), creo que el problema no fue que Laura no encontrara eco, todos participamos y nos comunicamos, sino que cada uno fue muy ambiguo y nadie propuso un rol hasta último momento. ... Y creo que hay que ser más tolerantes como vos decís pero también adultos. Creo que todos expresamos lo que sentimos y ahora podemos pasar a la siguiente actividad. Saludos a mis compañeros de grupo, nos vemos en la wiki” (Ester).

“... Bueno grupo, he leído y re-leído los últimos mensajes. Realmente creo que no hubo malas intenciones de nadie. Nosotras, como tutoras, entendemos que a veces ustedes no se puedan conectar, pero también comprendemos que del otro lado, hay otros integrantes del grupo, esperando respuestas. Como les dije antes, tratemos de mantener la cordialidad, y tratemos también, de que las comunicaciones se den a través del foro. Así los podemos guiar, podemos detectar errores y problemas, etc. Saludos” (Tutora).

El diálogo transcrito pone en evidencia que las pistas de ayuda de la tutora fueron oportunas, de manera tal de dejar que el mismo grupo resolviese la

situación. Esto produce un paso de la individualidad a la conformación de pautas básicas de interacción con la finalidad de lograr una identificación como comunidad de trabajo y aprendizaje. La tolerancia a los ritmos personales y a los “tonos” que se expresan en el texto escrito, a los diferentes estilos de escritura, merecen una interpretación que va más allá de lo leído. Es decir, las interpretaciones subjetivas remiten primero a sujetos imaginarios, donde no se rebasa lo textual hacia el “otro”, es necesario establecer pautas previas de conocimiento sobre estilos personales para poder configurar una relación productiva. En ese momento, los alumnos se convierten en mediadores y co-constructores de la búsqueda y resolución del problema. Estas estrategias de intervención desde la no-intervención didácticamente planteada promueve dinámicas no rutinarias y una adopción de roles más operativos, en donde los andamiajes son implementados desde el seno del mismo grupo en colaboración.

Esta comunidad de trabajo también resuelve dudas referidas a los nuevos recursos tecnológicos y a la modalidad de trabajo. Por lo tanto, los estudiantes buscan en primer lugar la ayuda de sus compañeros de grupo. El comentario de Carlos ejemplifica esta situación:

“Disculpen mi ignorancia. Si yo escribo en el cuadro, debajo de lo que hizo María, ¿eso le llega a todas? ¿O debo hacer alguna otra cosa? ¿Cómo entro en la Wiki? Desde ya gracias por la paciencia” (Carlos – Módulo 4).

A su vez, son los mismos alumnos quienes se autorregulan, reinterpretando las consignas de trabajo y los objetivos de cada tarea propuesta. El siguiente comentario da cuenta de este tipo de regulación:

“... me parece ordenado discutir en el foro, pero las preguntas las tenemos que contestar entre todos. Qué te parece si después de discutir escribimos directamente en la wiki. Allí podemos modificar, borrar, etc, tranquilos porque todo seguirá guardado. [...]. Estoy de acuerdo en que cada uno lo tiene que hacer desde su rol, pero igual tenemos que lograr una construcción grupal. Esperemos también los aportes de los otros integrantes. Además tenemos que tener en cuenta los plazos, para completar el cuadro y escribir el párrafo entre todos tenemos plazo hasta mañana, un día especialmente complicado para mí. Cariños” (Mirta – Módulo 4).

Estas reflexiones de los estudiantes evidencian que el entorno de aprendizaje propuesto permitió el establecimiento de un tipo de comunicación que superó la transmisión unilateral del mensaje y promovió relaciones interactivas y dinámicas (Lévy, 1996). Así, el tipo de relaciones, acuerdos, y negociaciones que tuvieron lugar en los grupos, coinciden con las condiciones expresadas por (Jhonson et al. 2007) para el trabajo colaborativo y que fueron expuestas en el Capítulo 2 de esta tesis. A continuación se presentan ejemplos de la manifestación de cada una de estas condiciones necesarias para el trabajo colaborativo.

a) La interdependencia positiva

A través de la dinámica del trabajo grupal establecida se observó la interdependencia positiva, es decir el compromiso de cada uno de los integrantes del equipo con la meta conjunta de aprendizaje. En palabras de Jhonson et al. (2007) los estudiantes llegaron a sentir que se trata de “nadar o hundirse juntos”. El siguiente comentario de un estudiante que ante la ausencia de sus compañeros en el foro, intenta promover la participación y el trabajo conjunto:

“¿Qué opinan sobre el texto que empezamos en la "Wiki"? ¿Quieren seguirlo con este formato? Quieren cambiarlo a otro formato? Prefieren que hagamos simplemente un resumen de cada artículo (por separado)??? Por favor opinen algo porque no podemos seguir. Solo no se puede hacer, y si ustedes no dejan algún comentario tampoco puedo terminar de hacerlo solo [...] Estoy convencido que entre todos podemos hacerlo!” (Gonzalo – Módulo 6).

b) La responsabilidad individual y de equipo

Por otra parte, la alta frecuencia de interacciones centradas en reconocer que necesario el aporte de cada uno, indica cómo en el contexto de un trabajo colaborativo los estudiantes perciben que para lograr los objetivos, se requiere de ayuda, apoyo y estímulo por parte del grupo y que es ésta interacción la que permite desarrollar las tareas y cumplir con la meta. De manera que, los estudiantes reconocen las responsabilidades individuales y grupales que conlleva esta tarea. Esto también fue expresado directamente por los estudiantes en sus ensayos, y el siguiente comentario permite ejemplificarlo:

“Las discusiones en los foros son muy ricas hay mucho para aprender y compartir. Por otro lado la responsabilidad que implica cumplir con las tareas y sobre todo cuando se realizan en grupo” (Nadia – Entrevista).

c) La interacción estimuladora

Otro aspecto que pudo identificarse fue la interacción estimuladora, la cual se produce cuando los individuos fomentan los esfuerzos de cada uno para alcanzar las metas del grupo. En particular, observamos cómo actuaron “de manera confiada y confiable”. Luego de los intercambios con otros colegas (módulo 7), al volver al “grupo de origen” encontramos en un grupo el siguiente comentario:

“Hola Brenda!! Estaba esperando con ansia tu respuesta, porque ya me estaba por arrancar los pelos, (por los comentarios de las ambientalistas) ja, ja!! Me parecen bárbaro tus aportes; esperemos a ver que dicen los otros compañeros”... (Emilia – Módulo 8).

Este comentario expone la relación de confianza establecida, con un marco de interpretación común, y a partir del cual se es capaz de expresar sentimientos y puntos de vistas.

d) La gestión interna del equipo

Otra característica que deseamos ejemplificar es la gestión interna del equipo, la cual puede implicar acciones tendientes a autodesafiarse y desafiar a sus compañeros, como se observa en el siguiente comentario:

“... en el foro para compartir con los grupos, uno ya subió un power point, está muy sencillo, me parece que con nuestro potencial podemos hacer uno más completo 😊” (Julieta – Módulo 9).

e) La evaluación interna del equipo

Una última característica que pudimos identificar fue la evaluación interna del equipo, la cual tuvo lugar a través de reflexiones que realizaron los participantes en cuanto a cómo estaban trabajando como grupo y si dicha dinámica les estaba

permitiendo alcanzar la meta de trabajar colaborativamente. Los siguientes comentarios establecidos en un grupo dan cuenta de este tipo de evaluación:

[refiriéndose a la tutora]... “por alguna razón a nosotros nos resulta difícil trabajar en grupo o en colaboración, por decirlo de alguna manera, ya te habrás dado cuenta que en nuestros foros, espacios de discusión, ésta está prácticamente ausente” (Julieta – Módulo 6).

“Hola Julieta [...] tenés razón en cuanto a que no hemos logrado conformar un equipo de trabajo como corresponde. Me parece que tendríamos que acordar cierta hora todos los días en que podamos estar conectados todos a la vez para ir intercambiando mails. Creo que ese es el punto que hizo que no pudiéramos acordar un poco más. [...]. Un beso.” (Angélica – Módulo 6).

A partir de estos resultados se evidencia que la dinámica de trabajo propuesta para la resolución de un problema biotecnológico en pequeños grupos a través de un aula virtual, dio lugar a que se desarrollaran los procesos necesarios para crear un espacio propicio de trabajo colaborativo (Jhonson et al., 2007).

7.5.2 Comunicación grupal

A partir del análisis de las interacciones que tuvieron lugar a nivel grupal estudiamos cuáles son los procesos de interacción social que pueden impactar a nivel interpsicológico (Vigotsky, 1991). Por lo tanto, tomamos como unidad de análisis al grupo (Stahl et al., 2006), ya que es en este espacio compartido en el tiene lugar la mediación y toma significado el concepto de interacción interpsicológica. En cada grupo, estudiamos los diálogos ocurridos a partir de las siguientes categorías modificadas de Gunawardena et al. (1997):

Compartir/comparar.

No acordar.

Negociar/co-construir.

Modificar la propuesta y presentar una síntesis,

Afirmar/aplicar la nueva co-construcción de significados.

Encontramos que el tipo de interacción más frecuente fue el de compartir o comparar información, conceptos o puntos de vistas (Figura 7.5). Sin embargo, en el último módulo aumenta la frecuencia de interacciones en las cuales se modificaron o sintetizaron los aportes de los compañeros, lo cual coincide con la necesidad de presentar la solución final acordada por el grupo.

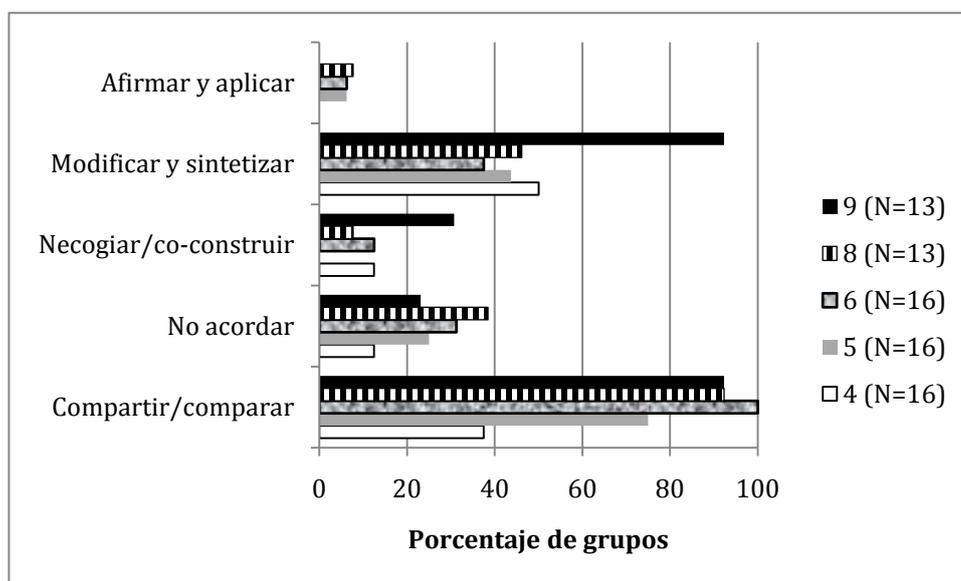


Figura 7.5. Tipos de aportes en la construcción de conocimiento.

Una primera reflexión que se desprende de estos datos, se vincula a la estructura del curso. Así, se observa cómo el entorno de aprendizaje propuesto permitió compartir, cuestionar y problematizar conocimientos, es decir que promovió situaciones de aprendizaje (Borba y Penteado, 2001).

Otro aspecto que llama la atención es la baja proporción de grupos que presentaron interacciones de desacuerdo y negociación. Una posible explicación a esto puede ser la estructura de trabajo en roles claramente definidos, lo cual posicionó a cada estudiante a compartir su conocimiento y su perspectiva según su rol para colaborar en la construcción de la solución, pero quizás este tipo de comunicación dejó afuera la posibilidad de contraponer puntos de vista. Por lo tanto, la colaboración que tuvo lugar en estos grupos se centró en compartir conocimientos e integrar abordajes en el contexto de una situación específica a resolver. Así, a través de los aportes de cada uno y de la redimensión que éstos

podieron tomar a partir de la interacción con los demás, se construyó colaborativamente nuevos significados (Stahl y Hesse, 2009).

Es interesante discutir aquí que no se observaron las etapas discursivas descritas por Gunawardena et al. (1997), en la cual no acordar es condición necesaria para llegar a una síntesis. En esta propuesta la síntesis se logra a partir de los aportes de cada uno de los integrantes del grupo, los cuales son resignificados en el contexto de una situación problemática a resolver, y la síntesis constituyó la construcción de una posible solución. Para llegar a ella fue necesario que las diversas perspectivas se imbricaran entre sí y para lograrlo en la mayoría de los grupos no se requirió la negociación de miradas contrapuestas, sino más bien la síntesis de las mismas. Esta dinámica se acerca a lo que algunos autores llaman proceso de “co-construcción” (Crook, 1998), en los cuales no se desarrolla un contexto marcado por la confrontación, sino más bien un ambiente en el cual cada participante es responsable cognitivamente de funciones complementarias las cuales son necesarias para resolver el problema. En la co-construcción se organiza un diálogo global sobre el tema, las tareas se dispersan creativamente y las responsabilidades se coparticipan, lo cual da lugar a una construcción colaborativa de convergencia hacia un objeto común, en nuestro caso la solución al problema.

Una situación diferente se observó en los foros de especialistas (módulo 7), en los cuales debían intercambiar apreciaciones desde un mismo rol. En particular, observamos que el foro de los “genetistas” sí presentó una secuencia de aportes que incluyó argumentos y contra-argumentos. Aquí sí se observó la necesidad de negociar significados para llegar a acuerdos.

Por lo tanto, si consideramos el discurso argumentativo desde el modelo dialógico, el cual plantea que “argumentar es defender un punto de vista confrontándolo con un contrincante” y por ello requiere un contexto problematizante (Plantin, 2004), se podría pensar que el problema propuesto en el curso podría haber provocado situaciones de argumentación. Sin embargo, puede

que la división en roles haya hecho que las miradas no se contrapongan sino que se complementen.

Por otro lado, los estudiantes valoraron el espacio de comunicación como posibilidad para aprender de una manera diferente sin la presencia de un docente como autoridad del conocimiento, sino como guía del proceso de aprendizaje logrado de manera colaborativa. Los siguientes comentarios ponen en evidencia este sentir:

“...tuve la posibilidad de leer varios artículos interesantes sobre el tema. Ya sean a favor como en contra de los OGM. Pero igual [creo] que lo más rico del curso, es la discusión que se plantean en los foros, el intercambio de opinión es lo que más me ha hecho aprender en el curso” (Celene - Entrevista).

“...La relación con el conocimiento compartido es medio lento, ya que estamos acostumbrados a tener el último guiño del profesor...en lo que respecta a la modalidad me gusta porque estoy todo el tiempo pensando que me contestarán mis compañeros y qué nuevo aporte puedo hacer! te atrapa...” (Ana - Entrevista).

Estos comentarios permiten afirmar, en coincidencia con Onrubia (2007), que hablar de trabajo colaborativo, interacción, o actividad conjunta, implica el hecho de que tutor-alumnos-alumnos actúan el uno para el otro y entre sí, de manera que las actuaciones de cada participante sólo se entienden y cobran significado en el marco de, y en referencia a, las actuaciones del resto de participantes.

Por último, estudiamos los aportes de los estudiantes en los foros y el tipo de edición realizada por cada uno en las Wikis. En estos recursos quedan registrados los cambios y las versiones anteriores, lo cual permitió conocer los modos de interacción grupal que tuvieron lugar para lograr las producciones finales (posibles soluciones al problema). Así, pudimos observar el carácter de las ediciones que realizaron los estudiantes en cada caso, tales como aportar nueva información, modificar el contenido escrito por otro estudiante, discutir una idea en el foro y luego a partir de los acuerdos establecidos cambiar la información registrada en la Wiki, etc. En función de este análisis construimos, de manera emerge a estos datos, tres tipologías de interacción:

Colaborativa: se discute el contenido de la presentación entre los miembros del grupo, cada uno aporta su conocimiento, se realizan acuerdos en cuanto a la información que se incluirá y la manera de presentarlo, y finalmente un estudiante toma la iniciativa y realiza una síntesis a partir de lo acordado. Luego el resto del grupo modifica esta síntesis o no.

Sumativa: se llega a la producción final a través de la suma de aportes, sin discusiones, es decir, cada uno aporta su conocimiento y éste se va “acumulando” en el documento final.

Individual: se presentan dos o más producciones finales, no por la falta de acuerdos al interior del grupo, sino justamente por la ausencia de discusión. Aunque los integrantes realizan un trabajo individual y sin ser consensuado en el grupo, lo suben como producción de todos.

En función de lo expuesto, se puede resumir que la estrategia propuesta creó oportunidades para que los participantes a través de interacciones dialógicas construyeran conocimiento de manera colaborativa. Sin embargo, este tipo de dinámica e interacción no fue la única observada, ya que permanecieron en algunos grupos formas no integradas o individuales de enfrentarse a la tarea.

7.5.3 Presencia docente

El rol del docente en entornos virtuales de aprendizaje toma características especiales, ya que se establecen nuevos modos comunicación, los cuales exigen un desempeño docente particular.

Al igual que en otros entornos de aprendizaje, las responsabilidades del docente aquí también presentan múltiples dimensiones ya que la situaciones educativas se caracterizan por su complejidad más allá de los medios que se utilicen. Por lo tanto, solo son la intención de focalizar nuestro estudio, utilizamos para el análisis de la presencia docente, tres categorías descritas por Garrison et al. (2000) y modificadas por nosotros de la siguiente manera:

Metodología de trabajo.

- Establecer pautas de trabajo (recordando calendario, solicitando entrega, etc).
- Establecer normas de cortesía para la comunicación.
- Aclarar dudas sobre las consignas.

Facilita la discusión.

- Promover el consenso.
- Reconocer y reforzar las contribuciones de los estudiantes.
- Promover el debate (con nuevas preguntas, con comentarios polémicos).
- Moderar los diálogos (aclarando malentendidos, suavizando comentarios).
- Destacar aquellos logros alcanzados.

Enseñanza directa.

- Centrar el debate hacia el foco del problema.
- Confirmar lo que se ha entendido a través de feedback explicativo.
- Proporcionar nuevas ideas o fuentes de información a considerar.
- Invitar a repensar y cuestionarse.
- Resumir el debate destacando conceptos claves.

A partir del estudio de estas categorías en las comunicaciones establecidas en los grupos, notamos el desarrollo de los tres componentes que caracterizan a la presencia docente: metodología de trabajo, facilitar la discusión y enseñanza directa (Figura 7.6). Las intervenciones que se presentaron con mayor frecuencia estuvieron vinculadas a *establecer la metodología* de trabajo principalmente aportando pautas para realizar las tareas o aclarando dudas referidas a las consignas. Se observa que las intervenciones docentes vinculadas a la *enseñanza directa* fueron las menos frecuentes. Solo en el contexto de las discusiones del módulo 8 se encontró en más del 50 % de los grupos, intervenciones de los tutores para centrar el debate al problema.

En relación a la moderación de las discusiones, se observa que una de las acciones más frecuentes es la de reconocer contribuciones y en segundo lugar, destacar logros alcanzados, la cual tiene particular importancia en el último módulo, ya que los docentes allí realizaron en casi todos los casos una devolución a los grupos que en general incluyó este tipo de aporte. Estos aportes de los docentes resultan claves para que los estudiantes perciban un acompañamiento, lo cual ha

sidio registrado por algunos autores como la “presencia social docente” y que es identificada por los alumnos como un aspecto que integra a los componentes de su experiencia educativa en estos entornos y posibilita la construcción de conocimiento (Ke, 2010).

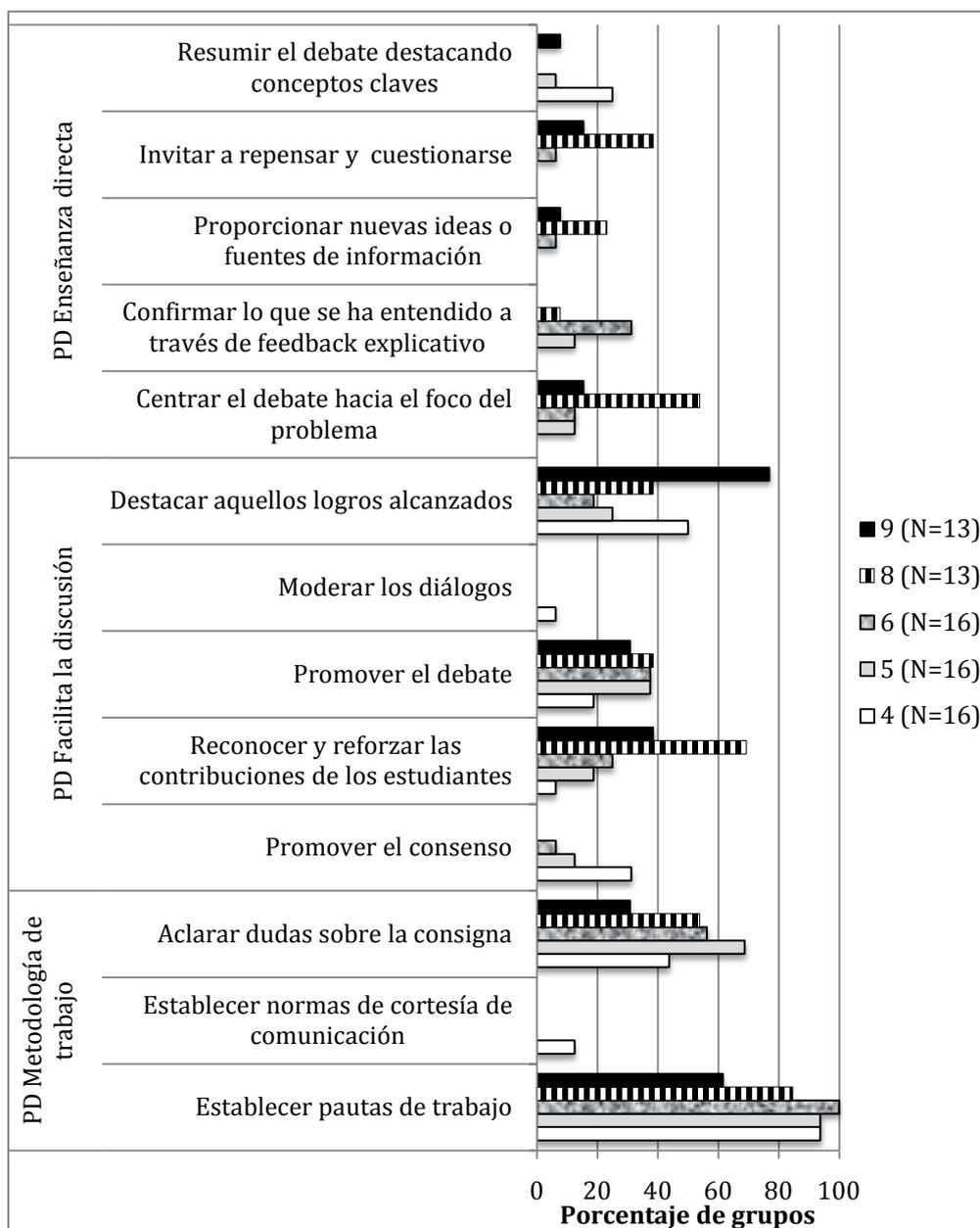


Figura 7.6: Intervenciones de las tutoras.

Otro aspecto a considerar es que en general, no se observaron moderaciones de los diálogos, solo en algunos grupos durante el desarrollo del módulo 4 se presentaron interacciones del tipo “establecimiento de normas de cortesía de comunicación”. Este resultado puede explicarse de la siguiente manera: al

principio, en algunos casos, fue necesario establecer cuáles eran las maneras o los “tonos” adecuados para la comunicación escrita, pero evidentemente una vez que éstas fueron aclaradas no fue necesario volver a indicarlo. Así, se observa la importancia de la guía docente al iniciar el recorrido didáctico, ya que luego una vez establecidos los códigos, las formas y los “tonos” de interacción, el docente puede correrse de la moderación y dejar que los grupos se autorregulen en un clima de comunicación grupal cohesiva y constructiva.

La acción de *promover el debate* permaneció constante en una proporción del 40 % de los grupos aproximadamente. Esto puede vincularse a que algunos grupos mantuvieron un nivel de interacción y discusión constante, mientras que en otros grupos fue necesaria la intervención del tutor de manera permanente para lograr el intercambio entre los participantes.

Asimismo, se observó una vigilancia de los tutores para evitar el monopolio de la palabra, moderando los debates y alentando que todos pudieran expresarse. (Garrison et al., 2000). El siguiente comentario de una tutora pone en evidencia estas estrategias:

“Hola grupo, Angélica acaba de resumir lo que se discutió en el foro de los representantes de la fundación. Angélica, te pido que comentes también lo que se habló respecto de los efectos sobre suelos, biodiversidad, etc. ¡Le pido al resto que nos cuente qué se aprendió en el intercambio con colegas!...” (Tutora – Módulo 8).

En resumen el desarrollo de la presencia docente mostró la necesidad de realizar diversos aportes o intervenciones en función del momento didáctico, lo cual muestra al igual que lo indica Garrison (2007), que los tres componentes (metodología de trabajo, facilitar la discusión y enseñanza directa) se encuentran en íntima relación y responden a un interjuego entre currículo objetivos y estrategias de la propuesta docente.

A partir del análisis realizado en este capítulo, encontramos que la posibilidad de asumir el reto del aprendizaje como la oportunidad para resolver una situación de interés para un grupo, consolida al ABP, como una estrategia fundamental para

potenciar los aprendizajes de los participantes del proyecto a través del uso y apropiación de la computadora e Internet. Es también otorgar un mayor protagonismo al participante. El diseño de propuestas en las que se configuran roles referenciales para la búsqueda de información, y procesos circulares para resolver desde miradas diversas una misma situación problemática, incide en la ruptura de enfoques unidireccionales, rompe la rutina cotidiana de los saberes compartimentalizados para abrir a nuevas miradas más interdisciplinarias y de esta forma, evitar los reduccionismos de la especializaciones. Esto en sí mismo es ya un “valor agregado”.

La figura del tutor como una presencia constante, pero que no da respuestas conclusas sino que sabe esperar y posibilitar la gestión grupal, la búsqueda independiente de información, la reconstrucción significativa de conceptos y la solución de obstáculos y decisiones del grupo participantes, se vuelve central.

Retomando las palabras de Area Moreira (2001) “Los ordenadores no cambian la educación, pero los profesores sí”, es por ello que el valor del diseño de formación va más allá del entorno tecnológico, dándole a éste su espacio como ambiente de aprendizaje –espacio simbólico de interacción-, creado a partir de la mediación de las TIC.

Es también revalorizar no solo el contenido sino el conocimiento didáctico del contenido. La información se transforma en conocimiento en tanto y en cuanto se pongan en juego estrategias de enseñanza que permitan actuar sobre ella, procesarla, confrontarla con otras fuentes de información, con nuestros propios conocimientos y los de los demás. Es posibilitar la discusión, el debate y el diálogo a fin de construir consensos, donde el solo hecho de afirmar “... *mi conclusión final es que me llevo un montón de nuevos interrogantes*”, se transforma en la clave de regulación de los aprendizajes propios y de todos.

Capítulo 8

Conclusiones

En este capítulo se presentan las conclusiones de esta investigación, exponiéndose una síntesis de los resultados alcanzados por la tesis y los aportes que de ella se derivan. Así mismo se plantean los nuevos interrogantes que se desprenden de este estudio y se proveen recomendaciones para similares propuestas de desarrollos.

En esta tesis se desarrolló un estudio a fin de caracterizar un modelo didáctico que surge a partir de la exploración de los contextos locales con la finalidad de diseñar y evaluar un módulo de formación docente mediado por TIC para la enseñanza y el aprendizaje de una temática referida a la biotecnología. El proceso de investigación llevado a cabo responde a una mirada que coloca a las situaciones educativas desde su complejidad y por ello se buscó establecer significados de manera interpretativa.

Para la construcción del modelo se consideraron en primer lugar aspectos conceptuales derivados de tres vertientes teóricas: las TIC, el ABP, la biotecnología y su enseñanza y aprendizaje. Este análisis estuvo guiado por los siguientes interrogantes que se respondieron desde el punto de vista teórico: *¿cuáles son las características de una propuesta centrada en soportes tecnológicos que favorecen promover procesos de aprendizaje colaborativos? ¿es el ABP una estrategia que permite el estudio de diferentes contenidos a través de la búsqueda colaborativa de soluciones para una situación problemática? y ¿qué características tiene el ABP en entornos virtuales mediados por TIC? ¿qué desafíos plantean los conocimientos biotecnológicos a la hora de pensar en desarrollos educativos vinculados a la realidad social? y ¿cuáles son los componentes necesarios para desarrollar un modelo didáctico que responda al ABP para temas científico tecnológicos?* Las respuestas encontradas a partir de este análisis nos permitió estructurar nuestro “Modelo para el Aprendizaje de conceptos Biotecnológicos a través de colaboración Virtual” (MABV).

En el proceso de modelización se realizan recortes de la realidad y se definen límites que permiten focalizar el estudio de determinados aspectos. Desde esta perspectiva, el MABV no pretende ser un reflejo de la realidad sino una construcción teórica que modeliza las interrelaciones de las situaciones didácticas. Asimismo, el modelo no se presenta como una estructura estática, sino que por el contrario se plantea como un estado de equilibrio, producto de una constante movilidad entre las bases teóricas y los datos de las investigaciones que se realizan desde el propio modelo. De esta manera se integran los aportes que surgieron a partir del proceso de investigación desarrollado durante esta tesis. Si bien el MABV

se presenta en el capítulo 4, su estructura responde a procesos de comparación, reflexión y transformación de los postulados teóricos a la luz de los datos aportados por nuestras indagaciones empíricas.

El proceso de investigación de esta tesis estuvo organizado en tres fases: exploratoria, innovación y evaluación. Las indagaciones que realizamos en cada fase dieron lugar a diversas conclusiones. No pretendemos que éstas sean definitivas ni generalizables, ya que derivan de un contexto particular. Sin embargo, creemos que aportan metodologías, conocimientos y perspectivas que pueden servir para el análisis de situaciones similares. Para organizar las conclusiones hemos tomado los interrogantes planteados para cada una de las fases de la tesis.

En la **fase exploratoria** se buscó caracterizar el contexto desde y para el cual se construyó el modelo propuesto destacando los principales desafíos que son propios de este contexto y para los que este modelo se propuso intervenir. Un primer aspecto a conocer fue la inserción de los contenidos de biotecnología en el currículo y desde este lugar el interrogante planteado fue:

¿Cómo son las prescripciones curriculares nacionales y provinciales en relación a la biotecnología?

Las prescripciones curriculares vigentes al momento de la indagación exploratoria de estas tesis fueron aquellas elaboradas a partir de las reformas curriculares que tuvieron lugar a partir de la sanción y promulgación de la Ley Federal de Educación N° 24.195 de 1993. El análisis de dichos documentos nos permitió conocer que:

- Se incluyen contenidos de biotecnología en las asignaturas de Biología de 3º y 6º año y en Tecnología de 3º año, tanto en las prescripciones curriculares nacionales como en las provinciales.

- Los contenidos que se incluyen hacen referencias a procesos que implican técnicas de ingeniería genética, quedando en general relegados aquellos contenidos vinculados a los procesos de modificación o aprovechamiento de procesos y productos biológicos por métodos tradicionales.
- Se evidencia una predominancia de la biología moderna y la vinculación de contenidos biotecnológicos como aplicaciones tecnológicas asociadas a procesos biológicos.

La inclusión de contenidos biotecnológicos en las prescripciones curriculares es un elemento que aporta al conocimiento del abordaje de la biotecnología en la escuela secundaria. Sin embargo, los docentes resignifican estas prescripciones y toman decisiones de selección de contenidos que responden a un entramado complejo de su posicionamiento epistemológico, pedagógico, psicológico, sociológicos y didáctico particular. Por ello, también se plantearon nuevos interrogantes a los cuales se buscó respuesta a través de la información aportada por las encuestas realizadas a docentes de 3º y 6º año de Biología de las escuelas secundarias de la ciudad de Córdoba y del estudio de materiales específicos. A continuación destacamos las conclusiones a las cuales se pudo arribar en función de cada interrogante:

¿Cómo se enseña la biotecnología en la escuela secundaria? y ¿cuáles son los materiales curriculares que utilizan los docentes y qué características poseen?

- Los docentes en su mayoría expresan que priorizan a la biotecnología como contenido a enseñar por considerarla de gran importancia para la alfabetización científica.
- Los contenidos seleccionados con mayor frecuencia por los docentes de 6º año se encuentran vinculados a la ingeniería genética y sus aplicaciones, lo cual coincide con la perspectiva de las prescripciones curriculares.

- La mayoría de los docentes eligen el enfoque de Ciencia Tecnología Sociedad y Ambiente para enseñar biotecnología.
- Una gran mayoría de los docentes reconocen que necesitarían capacitación para poder abordar temáticas biotecnológicas en el aula.
- Las estrategias docentes más utilizadas para enseñar biotecnología son del tipo tradicionales tales como exposición docente o lectura de textos previamente seleccionados por el docente, las cuales colocan a los alumnos en un rol receptivo y más bien pasivo.
- Muy pocos docentes realizan actividades vinculadas a los procesos de investigación científica o la resolución de problemas, lo cual muestra la ausencia de estrategias específicas de la didáctica de las ciencias experimentales en las aulas.
- Los docentes utilizan las TIC solo para que sus alumnos busquen en Internet información, es decir que prevalece una perspectiva enciclopedista, desde la cual Internet es un acceso a información y no una herramienta que permite “pensar con” o construir conocimiento.
- Muy pocos docentes incorporan estrategias TIC específicas vinculadas a la enseñanza de las ciencias como podrían ser las Webquest o el uso de simulaciones, y la mayoría indica que necesitarían capacitación docente para integrar a las TIC en la enseñanza de la Biología.
- Una gran mayoría de docentes plantean trabajos grupales y discusiones guiadas para abordar temáticas biotecnológicas.
- Las temáticas biotecnológicas controvertidas en general son excluidas por los docentes, y aquellos que sí las incluyen lo hacen a través de debates, análisis de artículos periodísticos o de divulgación y búsqueda de información en Internet.

- El análisis de las fuentes de información que proponen los profesores no se vincula a criterios provenientes del dominio de conocimiento (evidencia científica, coherencia entre metodología y análisis de datos, etc.) sino que se ofrecen elementos de análisis independientes al conocimiento científico (autor, filiación, fecha de publicación, etc.).
- La mayoría de los docentes utilizan como materiales curriculares libros de texto y páginas Web (pW) para enseñar biotecnología.

Otros elementos que forman parte del contexto educativo son los materiales curriculares y sus características. En estudios previos analizamos el contenido de los libros de texto de Biología a través del estudio de contenidos, imágenes y actividades. En esta tesis focalizamos el análisis de los materiales curriculares de manera específica en las pW y por ello nos preguntamos:

¿Cómo se desarrollan los contenidos biotecnológicos en las páginas Web disponibles y qué actividades de aprendizaje proponen?

Para responder a este interrogante se analizaron diversos componentes que caracterizan a las pW. A continuación se presentan las conclusiones a las que arribamos:

- Presentan información que permite identificar la entidad o el responsable de la página, así como vínculos para verificar la legitimidad de dicha información.
- Se desarrollan principalmente conceptos biotecnológicos vinculados a la ingeniería genética.
- Los conceptos biotecnológicos presentados de manera profunda en las pW no coinciden con aquellos que se muestran de esta manera en los libros de texto.

- En su estructura exhiben hipervínculos de la información, por lo que cada alumno puede navegarlas según sus intereses o su red semántica de conocimientos.
- Las posibilidades del soporte electrónico son limitadas, ya que casi no se presentan animaciones o videos, los cuales podrían enriquecer y favorecer el aprendizaje de conceptos complejos.
- Varias pW, a diferencia de lo registrado en los libros de texto, muestran una visión de conocimiento como un producto de construcción humana atravesado por diversas posturas y condicionado por el contexto social, político y económico, constituyéndose en un recurso esencial para poner en evidencia el impacto del contexto en la biotecnología.
- Presentan pocas actividades que propicien la reflexión de los conceptos involucrados o del proceso de aprendizaje experimentado.
- Proponen links a otros sitios lo cual proporciona oportunidades para conocer una pluralidad de sentidos y perspectivas.

Por último, numerosas investigaciones registran el impacto que tienen las concepciones y las actitudes en la enseñanza y el aprendizaje de conceptos tecnocientíficos. Es por ello que también direccionamos nuestra investigación al estudio de las concepciones y las actitudes hacia la biotecnología de docentes y estudiantes de la escuela secundaria. A continuación se destacan las principales conclusiones según cada interrogante:

¿Qué conocimientos poseen los docentes de Biología sobre los procesos biotecnológicos? y ¿cuáles son sus actitudes hacia la biotecnología?

- En los docentes se identifican tres concepciones diferentes acerca de la biotecnología: como una tecnología que se aprovecha de procesos de los seres vivos para obtener beneficios a partir de ello, como una tecnociencia centrada en ingeniería genética o como una tecnociencia

focalizada en los procesos de modificación tradicional de los seres vivos.

- Indican que si bien existen ventajas y desventajas en los desarrollos biotecnológicos, sus aplicaciones son beneficiosas.
- Encuentran más aceptable las modificaciones genéticas en plantas y microorganismos que en animales o humanos.
- La modificación de plantas para su cultivo en suelos salinos es poco aceptada por los docentes y esto puede deberse a las ideas de conservación ambiental de los sistemas ecológicos.

¿Qué conocimientos poseen los estudiantes sobre los procesos biotecnológicos? y ¿cuáles son sus actitudes hacia la biotecnología?

- Muy pocos alumnos logran expresar una definición que evidencie la comprensión del término biotecnología.
- Los estudiantes vinculan a los procesos de ingeniería genética y sus aplicaciones con la biotecnología moderna, pero pocos logran establecer esta relación para los procesos de biotecnología tradicional.
- Los alumnos de 6º año entienden que hay diferentes tipos de microorganismos, algunos que pueden causar enfermedades y otros que pueden ser beneficiosos para el hombre y el ecosistema. A su vez, reconocen que en la producción de diversos tipos de alimentos interviene el metabolismo de bacterias.
- Tanto los estudiantes de 3º como los de 6º año perciben que tienen conocimientos de Genética pero no de Ingeniería Genética o de sus aplicaciones.

- Pocos estudiantes comprenden el concepto de organismo transgénico y su proceso de elaboración. En consecuencia, también es bajo el número de estudiantes que reconocen haber utilizado un organismo transgénico o algún derivado.
- La mayoría de los estudiantes no conocen el proceso de secuenciación del ADN y solo algunos alumnos de sexto año entienden el concepto de vacuna.
- Los alumnos presentan dificultades en la resolución de actividades que implican el manejo de procesos metodológicos científicos (pregunta, metodología, diseño experimental, variables, controles, resultados, conclusiones).
- Al igual que los docentes, los alumnos encuentran más aceptable las modificaciones genéticas en plantas y microorganismos que en animales o humanos.
- Los alumnos presentan errores conceptuales en relación al proceso de manipulación de células madres, lo cual impacta en actitudes negativas hacia esta aplicación biotecnológica.
- En relación a las fuentes de información, la mayoría de los estudiantes reconocen la necesidad de evaluar si ésta se sustenta en investigaciones y la coherencia entre el análisis de los datos y las conclusiones que se reportan.

Los elementos contextuales indagados en esta fase de la tesis nos permitió reconocer algunos retos que presenta la enseñanza de la biotecnología en la escuela secundaria, en función de las prescripciones curriculares, las decisiones docentes en relación a selección de contenidos, estrategias y materiales curriculares, y los conocimientos y actitudes hacia la biotecnología de docentes y estudiantes. En particular, se destaca que los docentes requieren capacitación para abordar esta temática en el aula, las controversias de las aplicaciones

biotecnológicas resultan un gran desafío y la mayoría de los estudiantes no comprenden los conceptos que tienen que ver con productos o procesos vinculados a las controversias como por ejemplo, los organismos transgénicos. Es por ello que en la **fase de innovación** de la tesis se partió de esta situación contextual para diseñar un módulo de capacitación docente y se seleccionó la temática de plantas transgénicas. A través del diseño de este módulo se buscó operativizar el modelo para así evaluarlo. Participaron expertos para evaluar el módulo a fin de lograr que respondiera, desde la planificación, a las cinco dimensiones del modelo MABV.

La implementación del módulo con un grupo de docentes que participaron como estudiantes permitió completar la **fase de evaluación**, la cual es la última de esta tesis. A continuación presentamos las conclusiones derivadas de cada uno de los interrogantes que organizaron este estudio:

¿Qué características contextuales presenta el grupo de docentes participantes del curso de capacitación?

- Considerando las experiencias anteriores de estos participantes en ambientes virtuales de aprendizaje, la frecuencia y el tipo de conexión a Internet, encontramos que se establecen tres tipologías de participación virtual:

Alta interactividad: se comprende la estrategia, se participa de manera activa y la demanda puesta en el tutor está centrada en la moderación de esta interactividad y en la guía para la futura actividad.

Media interactividad: se comprende medianamente la estrategia, se requieren varias intervenciones del tutor para re-explicar la consigna y ordenar algunas intervenciones y el trabajo colaborativo se cumple a medias.

Baja interactividad: la estrategia funciona muy poco, los alumnos se conectan con muy baja frecuencia, requieren un acompañamiento

personalizado y la construcción colaborativa es difícil, en general se resuelven las tareas individualmente.

¿Qué visión de ciencia perciben?

- Se percibe que el conocimiento científico tecnológico se encuentra atravesado por diversos intereses vinculados a la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente.
- Se comprende la naturaleza provisoria del conocimiento científico en contraposición a posturas estáticas o dogmáticas.

¿Cómo responden al problema, las actividades y las evaluaciones propuestas?

- Los estudiantes reconocen que a partir de la estrategia propuesta pueden elaborar fundamentos para tomar una postura, ponerse en el lugar del otro, respetar puntos de vista contrarios y solidarizarse.
- El abordaje de los conceptos a partir de situaciones problemáticas ayuda a complejizar la mirada y a relacionar múltiples aspectos en la búsqueda de soluciones concretas.
- La resolución de un problema como el propuesto, permite activar ideas, movilizarlas y ponerlas en interacción con nueva información. En este recorrido, los estudiantes evalúan su conocimiento y detectan lo que necesitan saber, lo cual facilita y promueve la integración de nuevo conocimiento. Asimismo, el problema potencia la polifonía de voces, es decir la presencia de diversos puntos de vistas o aproximaciones.
- En relación a la dinámica de colaboración propuesta, los estudiantes expresan que la metodología del curso abre un nuevo panorama en cuanto a cómo trabajar en grupo y resolver situaciones. Así, el entorno de aprendizaje actúa como un ambiente constructivo que sirve de apoyo para resolver una situación problemática y en dicho camino

aprender conceptos biotecnológicos y habilidades para el trabajo colaborativo.

¿Qué procesos de aprendizaje se promueven?

- A través de las actividades se ponen en juego datos empíricos y métodos de validación y se establecen conexiones entre la información y los conceptos vinculados al problema, es decir que aproximan a los estudiantes para desarrollar habilidades de pensamiento superior.
- La resolución grupal de actividades exige que los participantes articulen sus ideas en un espacio social. En este proceso, se sumergen en un sistema cognitivo externo, en el cual sus ideas entran en interacción con los aportes de sus compañeros y a partir de allí avanzan en la construcción de nuevos saberes de manera conjunta.
- Las actividades propuestas promueven procesos de reelaboración de conceptos, lo cual permite la construcción de una base extensa y flexible de conocimiento, ya que se activan saberes anteriores y se facilita la construcción de nuevos saberes.
- En relación a los aprendizajes conceptuales los estudiantes amplían el espectro de conocimientos validados para la discusión, lo cual en términos de democracia participativa significa brindar elementos para la toma de decisiones en pos de mejorar la calidad de vida de las personas. Se construyen los conceptos claves involucrados en la situación problemática, se cuestionan mitos y se incorporan nuevos aspectos de análisis. Asimismo, el trabajo en grupos pequeños brinda espacios para intercambiar ideas, cuestionarlas, cambiarlas y en este proceso guiado pero no dirigido, co-construir conocimiento.
- Los aprendizajes vinculados a procedimientos, se focalizan en el desarrollo de un espíritu crítico hacia las fuentes que se pretenden

utilizar como argumentos, a través de la realización de búsquedas de información específica, la construcción de criterios para analizarla y la discusión de su pertinencia con los compañeros del grupo. Este tipo de aprendizaje colabora en la gestión autónoma de la información necesaria para poder tomar decisiones con fundamentos y de esta manera se trabaja en pos “Desarrollar habilidades de aprendizaje auto dirigido a lo largo de toda la vida” tal como se lo propone el ABP.

- En relación a las actitudes para el trabajo colaborativo, los estudiantes reconocen un aprendizaje colaborativo y destacan que en este tipo de trabajo intercambian información, aprenden a ponerse en el lugar del otro, a ser tolerantes con puntos de vista contrarios y solidarios con el grupo.
- Los estudiantes transfieren sus aprendizajes a nuevas situaciones tal como se ha registrado en numerosas investigaciones vinculadas al ABP.

En síntesis, la propuesta de trabajo colaborativo coloca a los estudiantes en una posición epistémica. A través del intercambio dialógico y el encuentro de voces, se logran construir nuevos significados y por lo tanto, estos espacios se constituyen en “dispositivos de pensamiento”. Asimismo, a través del lenguaje (utilizado para comunicarse en cada una de las instancias de interacciones del curso) se construyen significados, es decir, que en este proceso las palabras actúan como instrumentos mediadores de los procesos de aprendizajes. Se crean espacios individuales de aprendizaje en los cuales se valida el conocimiento individual a través de un proceso social de interacción con otros en los cuales se comparte, valida y evalúan las ideas. Por lo tanto, la mediación tecnológica implementada para resolver a través del ABP un problema biotecnológico facilita la apropiación individual del conocimiento.

¿Cómo se establece la metacognición?

- La resolución de problemas como estrategia didáctica se configura como un medio para desarrollar la capacidad de aprender a aprender colaborativamente en estos entornos.
- A través de las actividades propuestas se crea un entorno en el cual los estudiantes pueden asumir la responsabilidad de su propio aprendizaje negociando los significados, reconociendo aquellos aspectos que se necesitaban aprender, cuestionando las creencias aceptadas y construyendo nuevas ideas.

¿Qué componentes sociales de la comunicación tienen lugar?

- Los saludos y celebraciones son intervenciones necesarias para establecer interdependencia positiva y cohesión colaborativa entre los miembros del grupo.
- Los elementos sociales referidos a la “comunicación abierta” resultan esenciales para crear un contexto de confianza y respeto, cuestionarse y promover reflexiones. Asimismo, este tipo de interacciones resultan claves en el desarrollo de un entorno propicio para la presencia cognitiva, facilitando indirectamente los procesos de pensamiento crítico.
- Durante el trabajo grupal, los alumnos aprenden a establecer modos de comunicación más flexibles que dan lugar a un trabajo grupal, en el cual es necesario ser tolerante con otros puntos de vista y estar dispuesto a negociar para lograr cumplir un objetivo compartido.
- La dinámica de trabajo propuesta para la resolución de un problema biotecnológico en pequeños grupos a través de un aula virtual, permite el desarrollo de los procesos necesarios para crear un espacio propicio

de trabajo colaborativo: la interdependencia positiva; la responsabilidad individual y de equipo; la interacción estimuladora; la gestión interna del equipo y la evaluación interna del equipo.

¿Qué dinámica de colaboración se establece entre los estudiantes? y ¿cómo se construye conocimiento de manera grupal?

- El entorno de aprendizaje propuesto permite compartir, cuestionar y problematizar conocimientos, es decir que promueven situaciones de aprendizaje.
- La colaboración se focaliza en compartir conocimientos e integrar abordajes en el contexto de una situación específica a resolver. A través de los aportes de cada integrante y de la redimensión que éstos pueden tomar a partir de la interacción con los demás, se construyen colaborativamente nuevos significados.
- Se promueven procesos de “co-construcción”, en los cuales cada participante es responsable cognitivamente de funciones complementarias que son necesarias para resolver el problema. Se organiza un diálogo global sobre el tema, las tareas se dispersan creativamente y las responsabilidades se coparticipan, lo cual da lugar a una construcción colaborativa de convergencia hacia un objeto común.
- A partir de los aportes de los estudiantes en los foros y del tipo de edición realizada por cada uno en las Wikis, se destacan tres modos de interaccionar para lograr una producción grupal:

Colaborativa: se discute el contenido de la presentación entre los miembros del grupo, cada uno aporta, se realizan acuerdos, y finalmente un estudiante realiza una síntesis a partir de lo acordado. Luego el resto del grupo modifica esta síntesis o no.

Sumativa: se llega a la producción final a través de la suma de aportes, sin discusiones, es decir, cada uno aporta su conocimiento y éste se va “acumulando” en el documento final.

Individual: se presentan dos o más producciones finales, por la ausencia de discusión, pero el documento se presenta como producción de todo el grupo.

¿Cuáles son las principales características de la presencia docente?

- Las intervenciones que realizan los tutores se centran en establecer la metodología de trabajo aportando pautas para realizar las tareas o aclarando dudas referidas a las consignas.
- En la moderación de las discusiones los tutores reconocen contribuciones y destacan logros alcanzados. A través de estas acciones los estudiantes perciben un acompañamiento, lo cual ha sido registrado por algunos autores como la “presencia social docente” como un aspecto que integra los componentes de la experiencia educativa en estos entornos y posibilita la construcción de conocimiento.
- La guía docente resulta esencial al iniciar el recorrido didáctico, ya que luego una vez establecidos los códigos, las formas y los “tonos” de interacción, el docente puede correrse de la moderación y dejar que los grupos se autorregulen en un clima de comunicación grupal cohesiva y constructiva.
- Los tutores mantienen una vigilancia para evitar el monopolio de la palabra, moderando los debates y alentando que todos puedan expresarse.

En síntesis, se puede concluir que el módulo desarrollado permitió conocer aspectos de la puesta en práctica del modelo construido. Así, a partir de las

conclusiones parciales a las cuales arribamos en cada una de las fases de la tesis, se asume que el modelo MABV constituye una aproximación teórica que permite sustentar el desarrollo de propuestas educativas innovadoras que posicione a las TIC como herramientas mediadoras para promover procesos colaborativos en la enseñanza de la biotecnología y centrado en el aprendizaje basado en problemas. Asimismo, las dimensiones del MABV configuran una base a partir de la cual se pueden estudiar las situaciones educativas focalizando la mirada de manera específica en diversos aspectos. Por lo tanto, el MABV se constituye en un aporte teórico para el desarrollo de innovaciones e investigaciones en el campo de la enseñanza de las ciencias mediadas por TIC.

Reflexiones, recomendaciones y nuevos interrogantes

A partir de las sugerencias aportadas por los participantes del módulo encontramos necesario presentar aquí algunas recomendaciones para el desarrollo de módulos que se sustenten en el modelo MABV:

En cuanto a las *actividades*, resulta necesario programar una cantidad mayor de tiempo para la resolución de trabajos grupales en comparación con el que requieren las actividades que se llevan a cabo de manera individual. Ya que establecer acuerdos de manera grupal exige que cada uno exponga su punto de vista, para luego discutir, acordar, consensuar una decisión y resolver la actividad en base a dicho consenso.

Con respecto a las *consignas* se recomienda su desarrollo en dos formatos: uno sintético que permita establecer el objetivo principal de la actividad, y uno extenso que desarrolle en detalle los procesos que se desean provocar a través de las mismas y cómo se pueden utilizar cada uno de los recursos TIC sugeridos. Así se cubrirían diversas necesidades y se evitarían situaciones de desconcierto y confusión. Tal como registran Taconis et al. (2001), la claridad de las consignas puede impactar en el desempeño de los grupos y es por ello que se propone este tipo de diseño didáctico.

El acompañamiento de los *tutores* es un factor altamente positivo, por lo que es recomendable mantener una relación numérica tutor/alumnos baja para que se pueda desarrollar un seguimiento más personalizado de los estudiantes.

En relación al conocimiento generado a partir de esta tesis, si bien se pudo caracterizar la enseñanza de la biotecnología en la escuela secundaria para el contexto de la ciudad de Córdoba, somos conscientes de que las prácticas educativas responden a una complejidad de dimensiones. Por lo tanto, sería necesario profundizar esta caracterización a través de estudios de caso centrados en conocer ¿qué decisiones se realizan en el aula a la hora de enseñar biotecnología?, ¿qué dinámicas se establecen?, ¿cómo tienen lugar allí los debates, las resoluciones de problemas, y la construcción colaborativa del conocimiento?

Por otra parte, a partir del módulo desarrollado, también surgen nuevos interrogantes vinculados al modelo propuesto. Con respecto a los procesos de aprendizaje, sería interesante estudiar cómo perciben los estudiantes durante todo el curso qué y cómo están aprendiendo y para ello podrían incorporarse escrituras transversales a lo largo del desarrollo del curso, organizadas en portfolios. Estos memoriales por un lado, pueden servir a los fines de la investigación, pero por otro potenciaría reflexiones metacognitivas para el proceso de aprendizaje.

En relación al sistema de comunicación establecido, hemos discutido que las interacciones no estuvieron centradas en la confrontación de opiniones sino más bien en la complementariedad. Sin embargo, se observaron puntos de vista contrarios en los foros de especialistas; por lo tanto, sería importante estudiar en profundidad la naturaleza de los sistemas de argumentación que tuvieron lugar para establecer espacios de construcción de conocimiento y para potenciar este tipo de interacción.

Se entiende que modelizar las situaciones educativas no significa estandarizarlas, por el contrario, permite focalizar su estudio para reconocer las diferencias y buscar allí alternativas tendientes a potenciar espacios constructivos. De esta manera, se podrá resignificar y transformar el modelo presentado en esta

tesis en función de nuevos desarrollos y experiencias que interpelen a sus dimensiones y componentes.

En la actualidad, múltiples investigaciones vienen mostrando cómo las TIC se convierten en un elemento clave para propiciar la comprensión (Linn, 2002), y este potencial toma especial significado ante conceptos abstractos o de alta complejidad como los vinculados a biología molecular, genética o biotecnología. Algunos recursos que se han popularizado para conceptos de esta naturaleza son los juegos, las animaciones o los programas de simulación, y de hecho muchas investigaciones registran impactos positivos de su utilización (Mayer, 2003; Barak et al., 2011). Sin embargo, si el propio estudiante debe programar la simulación, el grado de compromiso cognitivo que se provoca es mucho mayor. Simular una situación requiere por un lado, entender qué significa modelizar, y por otro, exige comprender en profundidad el proceso que se desea simular. Así, a través de la construcción de la simulación, se coloca a los estudiantes como productores de conocimiento y se potencia a estos recursos como herramientas que permiten “pensar con” las TIC (Borba y Penteado, 2001). Por lo tanto, una futura línea de trabajo que se desprende de este planteo es evaluar cómo el MABV permite sustentar el diseño de situaciones didácticas a través de la incorporación de estrategias de simulación.

En este escenario de trabajo, los docentes juegan un papel fundamental en cuanto a crear situaciones que desafíen las ideas de los estudiantes, vincular a la simulación con los conceptos que se buscan comprender, y ayudar a interpretar cuáles son las limitaciones del recurso tecnológico (Yarden y Yarden, 2011). Por lo tanto, no solo se requiere un conocimiento disciplinar y didáctico específico, sino también tecnológico (Khan, 2011). Así, diseñar este tipo de intervenciones didácticas exige un cambio de la dinámica áulica, lo cual genera nuevos interrogantes tales como ¿qué condiciones contextuales se requieren?, ¿qué visión epistemológica se promueve ante la creación de animaciones?, ¿qué aspectos pedagógicos didácticos y tecnológicos se priorizan?, ¿qué procesos de aprendizaje se establecen?, ¿qué conocimientos se ponen en juego?, ¿qué desafíos conceptuales

se generan y cómo se resuelven? y por último, ¿qué sistema de comunicación se establece en un contexto de animación? En resumidas palabras, las investigaciones que se desarrollen en busca de respuestas a estos interrogantes permitirán a su vez la evolución del propio MABV.

Finalmente, quisiera plantear que desde mi perspectiva, investigar en educación solo tiene sentido cuando el conocimiento producido busca la transformación de las situaciones actuales hacia la construcción de una ciudadanía emancipada, libre y más justa. Es mi deseo que esta tesis trascienda la letra escrita y de lugar a la construcción de nuevas alternativas educativas. En palabras de Henry Giroux (1993), espero haber aportado una base teórica que permita interrogar los significados de las prácticas actuales, no desde un lugar de crítica, sino desde un lenguaje de posibilidades.

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), pp. 3-16.
- Adell, J. (1997). Tendencias en educación en la sociedad de las tecnologías de la información. *EDUTEC. Revista Electrónica de Tecnología Educativa* 7. En: <http://edutec.rediris.es/Revelec2/Revelec7/revelec7.html> (Consultado 27/02/2012).
- Adúriz-Bravo, A. (2010). Concepto de modelo científico: una mirada epistemológica de su evolución. En Galagovsky, L. (Coord.). *Didáctica de las ciencias naturales. El caso de los modelos científicos*. Buenos Aires: Lugar Editorial.
- Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo-Aymerich, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias* 4 (Número Especial 1), pp. 40-49.
- 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.
- Antal, E. (2008). Interacción entre política, ciencia y sociedad en biotecnología. La regulación de los organismos genéticamente modificados en Canadá y México. *Norteamérica* 3 (1). En: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-35502008000100002&script=sci_arttext
- Apple, M.W. (1986). *Ideología y currículo*. Madrid: Akal.
- Área Moreira (Coord). (2001). *Educación en la Sociedad de la Información*. Bilbao: Desclée de Brouwer, S.A.
- Arellano Hernández, A. y Morales Navarro, L. M. (2005). Ética e investigación, hacia una política de integridad tecnocientífica. *REDES* 11 (22), pp. 75-114.
- Arnal, J. Del Rincón, D. y Latorre, A. (1992). *Investigación educativa. Fundamentos y metodología*. Barcelona: Editorial Labor.
- Atienza, J. y Luján, J.L. (1997). *Opiniones y Actitudes 14. La imagen social de las nuevas tecnologías biológicas en España*. Madrid: Centro de Investigaciones sociológicas.
- Augsten, F. (2005). El debate actual sobre el uso de biotecnología en la Unión Europea, algunas implicaciones para los países del sur. En: Villarreal, J. Helfrich, S. y Calvillo, A. Comp. 2005. *¿Un mundo patentado? La privatización de la vida y del conocimiento*. El Salvador: Böll.
- Aznar, M. y Orcajo, T. (2005). Solving problems in genetics. *International Journal of Science Education* 27 (1), pp. 101-121.
- Aznar, V. (2000). ¿Qué sabemos sobre Biotecnología? *Alambique* 25, pp. 9-14.
- Bajtín, M. (1982). *Estética de la creación verbal*. Buenos Aires: Siglo XXI editores.
- Baker, M. y Lund, K. (1997). Promoting relective interactions in a CSDL environment. *Journal of Computer Assisted Learning* 3 (13), pp. 175-193.
- Banet, E. y Ayuso, G.E. (2003). Teaching of biological inheritance and evolution of living beings in secondary school. *International Journal of Science Education* 25 (3), pp. 373-407.
- Barak, M.; Ashkar, T. y Dori, Y. J. (2011). Learning science via animated movies: Its effect on students' thinking and motivation. *Computers & Education* 56, pp. 839-846
- Bardin, L. (1986). *Análisis de Contenido*. (3ª. Ed.). Madrid: Akal.
- Barros, B. y Verdejo, M.F. (1999). DEGREE: Un sistema para la realización y evaluación de experiencias de aprendizaje collaborative en enseñanza a

- distancia. *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial* (9), pp. 27-37. En: <http://enlace.lsi.uned.es/lts/Downloads/Publications/caepia99.pdf>
- Barrows, H. (2002). Is it Truly Possible to Have Such a Thing as dPBL? *Distance Education* 23 (1), pp. 119-122.
- Beatty, B. y Ulasewicz, C. (2006). Online teaching and learning in transition: Faculty perspectives on moving from blackboard to the Moodle learning management system. *TechTrends* 50 (4), pp. 36-45.
- Bell, H.A.; Fitches, E. C.; Down, R.E.; Marris, G.C.; Edwards, J.P.; Gatehouse, J.A. y Gatehouse, A.M.R. (1999). The effect of snowdrop lectin (GNA) delivered via artificial diet and transgenic plants on *Eulophuspennicornis* (Hymenoptera: Eulophidae), a parasitoid of the tomato moth *Lacanobiaoleracea* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Insect Physiology* 45 (11), pp. 983-991.
- Bergelson, J.; Purrington, C.B. y Wichmann, G. (1998). Promiscuity in transgenic plants. *Nature* 395 (3), pp. 25.
- Birch, A.N.E.; Geoghegan, I.E.; Majerus, M.E.N.; McNicol, J.W.; Hackett Gatehouse, A.M.R. y Gatehouse, J.A. (1999). Tri-trophic interactions involving pest aphids, predatory 2-spot ladybirds and transgenic potatoes expressing snowdrop lectin for aphid resistance. *Molecular Breeding* 5 (1), pp.75-83.
- Borba, M.C. y De Loiola Araújo, J. (2008). *Investigación cualitativa en educación matemática*. México: Limusa; Cideccyt.
- Borba, M. y Penteado, M. (2001). Reorganização do pensamento e colectivo pensante. En: Borba, M., Penteado, M. (eds.). *Informática e Educação Matemática*. Belo Horizonte: Autêntica Editora.
- Borba, M.; dos Santos Malheiros, A.P. y Amaral Zulatto, R.B. (2008). *Educação a Distância online*. Belo Horizonte: Autêntica Editora.
- Bos, N. (2000). High School Students' Critical Evaluation of Scientific Resources on the World Wide Web. *Journal of Science Education and Technology* 9 (2), pp. 161-173.
- Broncano, F. (2009). Las controversias en ciencia y tecnología como problema y como solución. Minhot, L. y Torrano, A. (Comp.). *Culturas científicas y tecnológicas. Dimensiones y realidades*. Córdoba: Brujas.
- Brooks, K. (2011). Resistance is futile: "reaccenting" the present to create classroom dialogues. *Pedagogies: An International Journal* 6 (1), pp. 66-80.
- Buteler, L., Coleoni, E. y Gangoso, Z. (2008). ¿Qué información útil arrojan los errores de los estudiantes cuando resuelven problemas de física?: Un aporte desde la perspectiva de recursos cognitivos. *Revista electrónica de enseñanza de las Ciencias* 7 (2), pp. 349-365.
- 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.
- Cabero, J. (1996). Nuevas tecnologías, comunicación y educación. *EDUTECA. Revista Electrónica de Tecnología Educativa* 1. En: <http://edutec.rediris.es/Revelec2/Revelec1/revelec1.html> (Consultado 27/02/2012).
- Cabo H.; Mirón E. 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. Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 3 (3), pp. 349-369.
- Candy, P.C.; Crebert, G. y O' Leary, J. (1994). *Developing Lifelong Learners through Undergraduate Education*. National Board of Employment, Education and Training. Australian Government Publishing Service.

- Cañal, P. y Porlán, R. (1987). Investigando la realidad próxima: un modelo didáctico alternativo. *Enseñanza de las Ciencias* 5 (2), pp. 89-96.
- Castells, M. (2001). Internet y la sociedad Red. *Conferencia del Programa de Doctorado Sobre la Sociedad de la Información y el conocimiento de la Universidad Oberta de Catalunya*. En: <http://engage.intel.com/servlet/JiveServlet/downloadBody/26111-102-1-31790/INTERNET%20Y%20LA%20SOCIEDAD%20RED.pdf> (Consultado 28/02/2012).
- Castiglioni, A.; Clucellas, M.; Sánchez Zinny, G. (2000). *Educación y nuevas tecnología ¿moda o cambio estructural?* Buenos Aires: Veredit.
- Cebrián de la Serna, M. y Gallego Arrufat, M.J. (2011). *Procesos educativos con TIC en la sociedad del conocimiento*. Madrid: PIRÁMIDE.
- Chaparro, E. (2006). *Monopolios artificiales sobre bienes inmateriales*. Fundación Vía Libre. Disponible en: <http://www.vialibre.org.ar/mabi/>
- Chen, S. y Raffan, J. (1999). Biotechnology: student's knowledge and attitudes in the UK and Taiwan. *Journal of Biological Education* 34 (1), pp. 17-23.
- Chi, M.T.H.; Feltovich, P.J.; Glaser, R. (1981). Categorization and representation of Physics problems by experts and novices. *Cognitive Science* 5, pp. 121-152.
- Chin, C. y Chia, L. (2004). Implementing Project Work in Biology through Problem-based Learning. *Journal of Biological Education* 38 (2), pp. 69-75.
- Chin, C. y Chia, L. (2006). Problem-based learning: Using ill-structured problems in biology project work. *Science Education* 90 (1), pp. 44-67.
- Choppin, A. (1980). L'histoire des manuels scolaires. Un bilan bibliométrique de la recherche français. *Histoire de l'Education*, 58, pp. 165-185. En: http://www.inrp.fr/edition-electronique/archives/histoire-education/web/fascicule.php?num_fas=180
- Cisneros Puebla, C.A. (2004). *QDA Miner. Software para Análisis Cualitativo de Datos. Guía del usuario*. Versión en español. México: Provalis Research.
- Cobo Romani, C. y Pardo Huklinski, H. (2007). *Planeta Web 2.0. Inteligencia colectiva o medios fast food*. Grup de Recerca d'Interaccions Digitals, Universitat de Vic. México DF: FLACSO México.
- Cole, M. (1997). La psicología socio-cultural-histórica: algunos comentarios generales y una propuesta para una nueva metodología genético-cultural. En: Wertsch, J.V.; del Río, P. y Álvarez, A. *La mente sociocultural. Aproximaciones teóricas y aplicadas*. Madrid: Infancia y Aprendizaje.
- Colella, V. (2000). Participatory simulations: building collaborative understanding through immersive dynamic modelling. *The Journal of the Learning Sciences* 9 (4), pp. 471-500.
- Coleoni, E. y Buteler, L. (2008). Recursos metacognitivos durante la resolución de un problema de Física. *Investigações em Ensino de Ciências* 13 (3), pp 371-383.
- Coleoni, E. y Buteler, L. (2009). Students Thinking during Physics Problem Solving: Identifying the Resources with which They Learn. *Journal of Science Education* 10 (1), pp. 10-14.
- Collins, M. y Zane B. (Eds). (1995) *Computer Mediated Communication and the Online Writing Classroom Volume Two: Higher Education*. Cresskill, NJ: Hampton Press. En: <http://www.technorhetoric.net/1.2/coverweb/cmcmday.html> (Consultado 28/01/2012).

- 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), pp. 177-186.
- 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>
- Correa, C. (2009). Monsanto contra Argentina por la exportación de harina de soja a la UE. En: Geoff, T. y Tasmin, R. (Editores) *EL control de los alimentos transgénicos. Guía de las negociaciones y reglas internacionales sobre la propiedad intelectual, la biodiversidad y la seguridad alimentaria*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Correa, C.M. (2007). Los genes como invenciones patentables. En: Díaz, A. y Golombek, D. *ADN cincuenta años no es nada*. Buenos Aires: Siglo XXI.
- Crook, Ch. (1998). *Ordenadores y aprendizaje colaborativo*. Madrid: Ediciones Morata.
- Da-silva, C., Mellado, M., Ruiz, B. y Porlán, R. (2007). Evolution of the conceptions of a secondary education biology teacher: longitudinal analysis using cognitive maps *Science Education* 91 (3), pp. 461-491.
- Dawson, V. y Schibeci, R. (2003). Western Australian high school students' attitudes towards biotechnology processes. *Journal of Biological Education* 38 (1), pp. 7-12.
- De Cudmani, L.C.; Pesa, M. y Salinas, J. (2000). Hacia un modelo integrador para el aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias* 18 (1), pp. 3-13.
- Del Carmen, L. (2001). Los materiales de desarrollo curricular: un cambio imprescindible. *Investigación en la Escuela* 43, pp. 51-56.
- Derry, S.J.; Levin, J.R.; Osana, H.P.; Jones, M.S. y Peterson, M. (2000). Fostering students' statistical and scientific thinking: Lessons learned from an innovative college course. *American Educational Research Journal* 37, pp. 747-773.
- Díaz Martínez, J.A. y López Peláez, A. (2007). Clonación, alimentos transgénicos y opinión pública en España. *Revista Internacional de Sociología* 65 (48), pp. 75-98.
- Dietinger, T. y Maurer, H. (1998). GENTLE - (General Networked Training and Learning Environment). *Proceedings of ED-MEDIA'98*, AACE, Charlottesville, VA. En: http://www.iicm.tugraz.at/liberation/iicm_papers/edmedia98.pdf
- Diez de Tancredi, D. y Caballero, C. (2004). Representaciones externas de los conceptos biológicos de gen y cromosoma. Su aprendizaje significativo. *Revista de Investigación* 56, pp. 91-121.
- Dochy F.; Sgers M.; Bossche P. V. y Gijbels D. (2003). Effects of problem-based learning: A meta-analysis. *Learning and Instruction* 13, pp. 533-568.
- Dogan, E. B.; Berry, R.E.; Reed, G.L. y Rossignol, P.A. (1996). Biological parameters of convergent lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae) feeding on aphids (Homoptera: Aphididae) on transgenic potato. *Journal of Economic Entomology* 89 (5), pp. 1105-1108.
- Dohn, N.B. (2009). Web 2.0: Inherent tensions and evident challenges for education. *Computer-Supported Collaborative Learning* 4, pp. 343-363.
- Dolmans, D.H.J.M. y Schmidt, H.G. (2006). What Do We Know About Cognitive and Motivational Effects of Small Group Tutorials in Problem-Based Learning? *Advances in Health Sciences Education* 11, pp. 321-336.

- Donnelly, R. (2010). Harmonizing technology with interaction in blended problem-based learning. *Computers & Education* 54 (2), pp. 350-359.
- 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, pp. 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), pp. 311-322.
- Elam, M. y Bertilsson, M. (2003). Consuming, Engaging and Confronting Science. The Emerging Dimensions of Scientific Citizenship. *European Journal of Social Theory* 6 (2), pp. 233-251
- Estany, A. e Izquierdo Aymerich, M. (2001). Didactología: una ciencia de diseño. *ÉNDOXA: Series Filosóficas* 14, pp. 13-33.
- Estrela, M.T. y Estrela, A. (1998). *Investigação qualitativa em educação. Uma introdução á teoria e aos métodos*. Porto: Portoeditora.
- Ewen, S.W.E. y Pusztai, A. (1999). Effect of diets containing genetically modified potatoes expressing *Galan thusnivalis* lectin on rat small intestine. *The Lancet* 354 (9187), pp. 1353-1354.
- 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.
- Fiorentini, D. y Bueno Andrade Megig, M.A. (2010). Autobiografías e narrativas de aprendizagem. En: Urban Kleinke, M. y Megid Neto, J. (Org.) *Fundamentos de Matemática, Ciências e Informática para os Anos Iniciais do Ensino Fundamental. Livro II*. Campinas, SP: FE/UNICAMP.
- Fiorentini, D. y Lorenzato, S. (2010). *Investigación en educación matemática. Recorridos históricos y metodológicos*. Campinas, SP: Autores Asociados.
- Forestello, R. y Gallino, M. (2009) Reflexiones en torno a la coherencia pedagógico-didáctica de la enseñanza como práctica mediada por TIC. *Revista de Ciencias de la Educación* 5 (1).
- France, B. (2007). Location, Location, Location: Positioning Biotechnology Education for the 21st Century. *Studies in Science Education* 43 (1), pp. 88-122.
- Galagovsky, L. y Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las ciencias* 19 (2), pp. 231-242.
- Gangoso, Z. (1999). Investigaciones en Resolución de Problemas en Ciencias. *Investigações em Ensino de Ciências* (4) 1, pp. 7-50.
- Gangoso, Z.; Truyol, M.E.; Gattoni, A. y Brincones Calvo, I. (2008). Resolución de problemas, comprensión, modelización y desempeño: un caso con estudiantes de ingeniería. *Latin American Journal of Physics Education* 2 (3), pp. 233-240.
- García Palacios, E.M.; González Galbarte, J.C.; López Cerezo, J.A.; Luján, J.L.; Martín Gordillo, M.; Osorio, C. y Valdés, C. (2001). *Ciencia, Tecnología y Sociedad: una aproximación conceptual*. Cuadernos de Iberoamérica. Madrid: OEI.
- García Rivero, A. y Porlán Ariza, R. (2004). The difficult relationship between theory and practice in an in-service course for science teachers. *International Journal of Science Education* 26 (10), pp. 1223-1245.
- Garrison, D.R. y Anderson, T. (2005). *El e-learning en el siglo XXI. Investigación y práctica*. Barcelona: OCTAEDRO, S.L.

- Garrison, D.R.; Anderson, T. y Archer, W. (2000). Critical Inquiry in a Text-Based Environment: Computer Conferencing in Higher Education. *The Internet and Higher Education* 2 (2-3), pp. 87-105.
- Garrison, D.R. (2007). Online community of inquiry review: social, cognitive, and teaching presence issues. *Journal of Asynchronous Learning Networks* 11 (1), pp. 61-72.
- Gaulin, D.C. (2000). Tendencias actuales de la resolución de problemas Conferencia pronunciada el día 15/12/2000 en el Palacio Euskalduna (Bilbao). En: http://sferrerobravo.files.wordpress.com/2007/10/7_tendencias_actuales.pdf. Consultado 20/09/2011.
- Giere, R.N. (2002). How Models Are Used To Represent Physical Reality. *Philosophy of Science Assoc. 18 th Biennial Mtg. – PSA 2002 Symposia*.
- Giere, R.N. (2005). Scientific Realism: Old and new problems. *Erkenntnis* pp. 1-18.
- Gil Pérez, D.; Furió Más, C.; Valdés, P.; Salinas, J.; Martínez-Torregrosa, J.; Guisasola, J.; González, E.; Dumas-Carré, A.; Goffard, M. y Pessoa De Carvalho, A.M. (1999) ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias* 17 (2), pp. 311-320.
- 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, pp. 43-64.
- 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.
- Giordan, M. (2008). *Computadores e linguagens nas aulas de ciências: uma perspectiva sociocultural para compreender a construção de significados*. Ijuí, R.S: Editora Unijuí.
- Giroux, H. (1992). *Teoría y resistencia en educación*. Buenos Aires: Siglo XXI Editores.
- Giroux, H. (1993). *La escuela y la lucha por la ciudadanía*. Buenos Aires: Siglo XXI Editores.
- Goel, V. (1992). Comparison of well-structured and ill-structured task environments and problem spaces. *Proceedings of the Fourteenth Annual Conference of the Cognitive Science Society*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, pp. 844-849.
- Goetz, J.P. y LeCompte, M.D. (1988). *Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativa*. Madrid: Morata.
- 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>
- Grassino, S.B. (2003). *Abriendo Caminos. Organismos Genéticamente Modificados*. Buenos Aires: Elaleph.
- Grau, R. (1994). ¿Qué es lo que hace difícil una investigación? *Alambique* 2, pp. 27-36.
- Griffiths, B.S.; Geoghegan, I.E. y Robertson, W.M. (2001). Testing genetically engineered potato, producing the lectins GNA and Con A, on non-target soil organisms and processes. *Journal of Applied Ecology* 37 (1), pp. 159-170.

- 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), pp. 243-247.
- Gunawardena, C. N.; Lowe, C.A. y Anderson, T. (1997). Analysis of a global online debate and the development of an interaction analysis model for examining social, construction of knowledge in computer conferencing. *Journal Educational Computing Research* 17 (4), pp. 397-431.
- 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), pp. 81-112.
- Guzdial, M. (2000). Soporte tecnológico para el aprendizaje basado en proyectos, en Dede, C. (Ed.): *Aprendiendo con Tecnología*. Buenos Aires: Paidós.
- Habermas, J. (1986). *Ciencia y técnica como «ideología»*. Madrid: Tecnos.
- Hacking, I. (1996). *Representar e intervenir*. México DF: Paidós.
- Hammersley, M. y Atkinson, P. (2007). *Etnography. Principles in practices*. (3^a. Ed.) New York: Taylor & Francis.
- Hand, M. y Levinson, R. (2012). Discussing controversial issues in the classroom: some helps and hindrances. *Educational Philosophy and Theory* 44 (6), 614-629.
- Hansen Jesse, L.C. y Obrycki, J.J. (2000). Field deposition of Bt transgenic corn pollen: lethal effects on the monarch butterfly. *Oecologia* 125, pp. 241-248.
- Hilbeck, A.; Baumgartner, M.; Fried, P.M. y Bigler, F. (1998). Effects of transgenic *Bacillus thuringiensis* corn-fed prey on mortality and development time of immature *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Environmental Entomology* 27 (2), pp. 480-487.
- Hmelo-Silver, C.E. (2004). Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? *Educational Psychology Review* 16 (3), pp. 236-266.
- Hmelo-Silver, C.E. y Barrows, H.S. (2006). Goals and Strategies of a Problem-based Learning Facilitator. *The Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning* 1 (1), pp. 21-39.
- Hmelo-Silver, C.E. y Lin, X. (2000). Becoming self-directed learners: Strategy development in problem-based learning. En Evensen, D.y Hmelo-Silver, C.E. (Eds.), *Problem-based learning: A research perspective on learning interactions* (pp. 227-250). Mahwah: Erlbaum.
- Hmelo-Silver, C.E.; Duncan, R.G. y Chinn, C.A. (2007). Scaffolding and Achievement in Problem-Based and Inquiry Learning: A Response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist* 42 (2), pp. 99-107.
- Hodson, D. (2003). Time for action: Science education for an alternative future. *International Journal of Science Education* 25 (6), pp. 645-670
- Hopp, E. (2007). ¡Mozo!, hay un transgén en mi sopa... En: Díaz, A. y Golombek, D. *ADN cincuenta años no es nada*. Buenos Aires: Siglo XXI.
- Horton, R. (1999). Genetically modified foods: "absurd" concern or welcome dialogue? *The Lancet* 354 (9187), pp. 1314-1315.
- Hull, D.M. y Saxon, T.F. (2009). Negotiation of meaning and co-construction of knowledge: An experimental analysis of asynchronous online instruction. *Computers & Education* 52, pp. 624-639
- Jackson, R.; Barbagallo, F. y Haste, H. (2005). Strengths of Public Dialogue on Science-related Issues. *Critical Review of International Social and Political Philosophy* 8 (3), pp. 349-358

- 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.
- Jobim e Souza, S. (1994). *Infância e linguagem: Bakhtin, Vygotsky e Benjamin*. Campinas, SP: Papirus.
- Johnson, D.W. y Johnson, R.T. (1976). *Learning together and alone*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- Johnson, D.W.; Johnson, R.T. y Smith, K. (2007). The State of Cooperative Learning in Postsecondary and Professional Settings. *Educational Psychology Review* 19, pp. 15-29.
- Johnstone, A.H. (2001) Can problem solving be taught? *University Chemistry Education, The Higher Education Chemistry Journal of the Royal Society of Chemistry* 5 (2), pp. 69-73.
- Joyanes, L. (1997). *Cibersociedad: los retos sociales ante un nuevo mundo digital*. Madrid: Mc Graw Hill.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de las ciencias basadas en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias* 24 (2), pp. 173-184.
- Kauertz, A.; Neumann, K. y Haertig, H. (2012). Competence in Science Education. *Handbooks of Science Education*. Springer International.
- Ke, F. (2010). Examining online teaching, cognitive, and social presence for adult students. *Computers & Education* 55, pp. 808-820.
- Kendler, B.S. y Grove, P.A. (2004). Problem-based learning in the biology curriculum. *The American Biology Teacher* 66 (5), pp. 348-354.
- Khan, S. (2011). New Pedagogies on Teaching Science with Computer Simulations. *Journal of Science Education and Technology* 20 (3), pp. 215-232.
- Kirschner, P.A.; Sweller, J. y Clark, R.E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist* 41, pp. 75-86.
- Klop, T. y Severiens, S. (2007). An Exploration of Attitudes towards Modern Biotechnology: A study among Dutch secondary school students. *International Journal of Science Education* 29 (5), pp. 663-679.
- Koschmann, T. (1992). Computer support for collaborative learning: design, theory and research issues. *SIGCUE Outlook* 21 (3), pp. 1-2
- Koschmann, T. (Editor). (1996). *CSCL: Theory and Practice of an emerging paradigm*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Kottow, M. (2005). *Introducción a la bioética*. Buenos Aires: Mediterráneo.
- Krajcik, J.; Soloway, E.; Blumenfeld, P. y Marx, R. (2000). Un andamiaje de herramientas tecnológicas para promover la enseñanza y el aprendizaje de ciencias. En Dede, C. *Aprendiendo con tecnología*. Buenos Aires: Paidós.
- Larrosa, J. (2002). Notas sobre a experiència e saber da expèriencia. *Revista de Educaçao* 19, pp. 20-28.
- Lee, R.M.K.W. y Chiu-Yin, K. (1997). The use of Problem-Based Learning in Medical Education. *Journal of Medical Education* 1 (2), pp. 149-157.
- 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.

- Leonard W. J.; Gerace, W.J. y Dufresne, R.J. (2002). Resolución de problemas basada en el análisis. Hacer del análisis y del razonamiento el foco de la enseñanza de la Física. *Enseñanza de las ciencias* 20 (3), pp. 387-400.
- Levinson, R. (2001). As Ciências ou as Humanidades: Quem deve ensinar as controversias em Ciência? *Pro-Posições* 12 (1), pp. 62-72.
- Levinson, R. (2006). Towards a Theoretical Framework for Teaching Controversial Socio-scientific Issues. *International Journal of Science Education* 28 (10), pp. 1201-1224.
- Lévy, P. (1993). *As tecnologias da inteligência. O futuro do pensamento na era da informática*. Editora 34, Río de Janeiro.
- Lévy, P. (1996) *O que é o virtual?* Sao Paulo: Editora 34.
- 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), pp. 177-195.
- Linn, M.C. (2002). Promover la educación científica a través de las tecnologías de la información y la comunicación. *Enseñanza de las Ciencias* 20 (3), pp. 347-355
- Lion, C. (2006). *Imaginar con tecnologías. Relaciones entre tecnologías y conocimiento*. Stella: Buenos Aires.
- Lipponen, L. y Lallimo, J. (2004). Assessing applications for collaboration: from collaboratively usable applications to collaborative technology. *British Journal of Educational Technology* 35 (4), pp. 433-442.
- Litwin, E.; Maggio, M. y Lipsman, M. (comps). (2005). *Tecnologías en las aulas. Las tecnologías en las prácticas de la enseñanza. Caos para el análisis*. Buenos Aires: Amarrourtu.
- 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 y P, Scott (Ed.), *Research in Science Education in Europe. Current issues and themes*. London: Falmer Press.
- Losey, J.E.; Rayor, L.S.; Carter, M.E. (1999). Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature* 399, pp. 214.
- Lowy, E. (1999). Utilización de Internet para la enseñanza de las ciencias. *Alambique* 19, pp. 65-72.
- Loyens, S.M.M.; Magda, J. y Rikers, R.M.J.P. (2008). Self-Directed Learning in Problem-Based Learning and its Relationships with Self-Regulated Learning. *Educational Psychology Review* 20, pp. 411-427.
- Lyle, K.S. y Robinson, W.R. (2001). Teaching Science Problem Solving: An Overview of Experimental Work. *Journal of Chemical Education* 78 (9), pp. 1162-1163.
- Mamede, S.; Schmidt, H. G. y Norman, G .R. (2006). Innovations in Problem-based Learning: What can we Learn from Recent Studies? *Advances in Health Sciences Education* 11, pp. 403-422.
- Marín, M. y Battistoni, J. (2001). Impacto de los organismos genéticamente modificados. En: Marín, M.; Battistoni, J.; Sanguinetti, C. y Señorale, M. (Editores). *Organismos genéticamente modificados. Reflexiones desde el sur*. Montevideo: DIRAC Facultad de Ciencias.
- Martín-Blas, T. y Serrano-Fernández, A. (2009). The role of new technologies in the learning process: Moodle as a teaching tool in Physics. *Computers & Education* 52, pp. 35-44.
- Martínez Aznar, M.M. e Ibáñez Orcajao, M.T. (2005). Solving problems in genetics. *International Journal of Science Education* 27 (1), pp. 101-121.

- Martínez Aznar, M.M. e Ibáñez Orcajo, M.T. (2006). Resolver situaciones problemáticas en Genética para modificar las actitudes con la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias* 24 (2), pp. 193-206.
- Martínez Bonafé, J. (2002). *Políticas del libro escolar*. Madrid: Ediciones Morata.
- Martínez Pons, J.A. (2000). Un problema planteado como actividad de investigación: estudio de las posibles trayectorias para el lanzamiento efectivo de un tiro libre de baloncesto. *Enseñanza de las Ciencias* 18 (1), pp. 131-140.
- Martínez Sánchez, F. y Prendes Espinosa, M.P. (2003). Redes para la formación. En: Martínez Sánchez, F. (Comp.). *Redes de comunicación en la enseñanza. Las nuevas perspectivas del trabajo corporativo*. Paidós: Buenos Aires.
- Mateos, M. (2001). *Metacognición y evaluación*. Buenos Aires: Aique.
- Matthews, M.R. (2009). Science, Worldviews and Education: An introduction. *Journal Science & Education*, 18 (6-7), pp. 641-666.
- Mayer, R.E. (2003). The promise of multimedia learning: using the same instructional design methods across different media. *Learning and Instruction* 13, pp. 125-139.
- Mayr, E. (2006). *Por qué es única la Biología: Consideraciones sobre la autonomía de una disciplina científica*. Buenos Aires: Katz.
- Meneses Freitas, M.T. y Fiorentini, D. (2007). As possibilidades formativas e investigativas da narrativa em educação matemática. *Horizontes* 25 (1), pp. 63-71.
- Merino, G. (1998). *Enseñar Ciencias Naturales en el Tercer Ciclo de la EGB*. Buenos Aires: Aique.
- 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.
- Mohapatra, A.K.; Priyadarshini, D. y Biswas, A. (2010). Genetically Modified Food: Knowledge and Attitude of Teachers and Students. *Journal of Science Education and Technology* 19, pp. 489-497.
- Monereo, C. (Coord.). (2005). *Internet y competencias básicas*. Barcelona: Grao.
- Morales Bueno, P. y Landa Fitzgerald, V. (2004). Aprendizaje Basado en problemas Problem – Based Learning. *Theoría* 13, pp. 145-157.
- Mosquera, A. (2009). La semiótica de Lotman como teoría del conocimiento. *Enl@ce: Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento* 6 (3), pp. 63-78.
- Muñoz de Malajovich, M.A. (2006). *Biotecnología*. Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes.
- Nachmias, R. y Tuvi, I. (2001). Taxonomy of Scientifically Oriented Educational Websites. *Journal of Science Education and Technology* 10 (1), pp. 93-104
- Nafría, I. (2007). *Web 2.0. El usuario el nuevo rey de Internet*. Barcelona: Gestión 2000.
- Neto, J.M. y Fracalanza, H. (2003). O livro didático de ciências: problemas e soluções. *Ciência & Educação* 9 (2), pp. 147-157.

- O'Reilly, T. (2005). What is Web 2.0. Design patterns and business models for the next generation of software. En: <http://oreilly.com/web2/archive/what-is-web-20.html> (Consultado 28/02/2012).
- Ocelli, M. (2011). *“La enseñanza de la biotecnología en la escuela secundaria y su abordaje en los libros de texto: Un estudio en la ciudad de Córdoba”*. Tesis de la Maestría en Educación en Ciencias Experimentales y Tecnología, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba.
- Ocelli, 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 desarrolladas del 7 al 10 de Octubre de 2010 en Tucumán. (en prensa)
- Ocelli, M. y Vázquez Abad, J. (2010). Teacher training through the solution of a biotechnological problem in a computer supported collaborative learning environment. *Virtualidad, Educación y Ciencia*, 1 (1), pp. 51-63.
- Ocelli, M.; Garcia, L. y Masullo, M. (2012). Integración de las TIC en la formación inicial de docentes y en sus prácticas educativas. Aceptado para su publicación en *Virtualidad, Educación y Ciencia*.
- Ocelli, M.; Garcia, L.; Biber, P. y Valeiras, N. (2009). Las plantas transgénicas desde el Aprendizaje Basado en Problemas: Una propuesta de capacitación docente mediada por las Tecnologías de la Información y la Comunicación. Memorias del II Encuentro de Innovadores Críticos. ADBiA, San Juan.
- Ocelli, M.; Malin Vilar, T. y Valeiras, N. (2011). Conocimientos y actitudes de los estudiantes de la ciudad de Córdoba (Argentina) en relación a la Biotecnología. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 10 (2), pp. 227-242.
- Olsher, G. y Dreyfus, A. (1999). The ostension-teaching approach as a means to develop junior-high student attitudes towards biotechnologies. *Journal of Biological Education* 34 (1), pp. 25-31
- Onrubia, J. (2007). Las tecnologías de la información y la comunicación como instrumento de apoyo a la innovación de la docencia universitaria. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado* 21 (1), pp. 21-36.
- Onrubia, J.; Colomina, R. y Engel, A. (2008). Los entornos virtuales de aprendizaje basado en el análisis de casos y la resolución de problemas. En: Coll, C. y Monereo, C. (Eds.) *Psicología de la educación virtual*. Madrid: Morata.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2001). Los organismos genéticamente modificados, los consumidores, la inocuidad de los alimentos y el medio ambiente. *Estudio FAO: Cuestiones de ética*.
- Oulton, C.; Day, V.; Dillon, J. y Grace, M. (2004). Controversial issues -teachers' attitudes and practices in the context of citizenship education. *Oxford Review of Education* 30 (4), pp. 489-507
- Owen M.D.K. y Zelaya, I. A. (2005). Herbicide-resistant crops and weed resistance to herbicides. *Pest Management Science* 61, pp. 301-311.
- 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), pp. 745-754.
- Pea, R.D. (2001). “Prácticas de inteligencia distribuida y diseño para la educación”. En: Salomón, G. comp. *Cogniciones distribuidas. Consideraciones Psicológicas y educativas*. Buenos Aires: Amorrurto.
- Pease, M.A. y Kuhn, D. (2011). Experimental Analysis of the Effective Components of Problem-Based Learning. *Science Education* 95, pp. 57-86.

- Pedauy  Ruiz, J.; Ferro Rodríguez, A. y Pedauy  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 de Carvalho Nunes, W.M. (2008). Saber científico e conhecimento espontáneo: opini es de alunos do ensino médio sobre transgénicos. *Ci ncia & Educa o* 14 (1), pp. 135-146.
- Pengue, W. (2000). *Cultivos Transgénicos  Hacia dónde vamos?* Buenos Aires: Lugar Editorial.
- Pifarre, M. y Cobos, R. (2010). Promoting metacognitive skills through peer scaffolding in a CSCL environment. *Computer-Supported Collaborative Learning* 5, pp. 237-253.
- PISA. (2006 / 2009). En: <http://www.pisa.oecd.org>
- Plantin, C. (2004). Pensar el debate. *Revista signos* 37 (55), pp.121-129.
- Porlán, Ariza, R.; Rivero Garcia, A. y Martín del Pozo, R. (1998). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores II: estudios empíricos y conclusiones. *Enseñanza de las Ciencias* 16 (2), pp. 271-288.
- Pozo Municio, J.I. y Gómez Crespo, M.A. (1998). *Enfoques para la enseñanza de la ciencia. En Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Morata.
- Praia, J.; Cachapuz, A. y Gil-Pérez, D. (2002). A hipótese e a experiència científica em educa o em ci ncia: contributos para uma reorienta o epistemológica. *Ci ncia & Educa o* 8 (2), pp. 253-262.
- Pro Bueno, A. y Ezquerro, A. (2005).  Qu  ciencia ve nuestra sociedad? *Alambique*, 43, pp. 37-48.
- Prokop, P.; Le kov , A.; Kubiato, M. y Diran, C. (2007). Slovakian Students' Knowledge of and Attitudes toward Biotechnology. *International Journal of Science Education* 29 (7), pp. 895-907.
- Putzai, A. (2001). Genetically Modified Foods: Are They a Risk to Human/Animal Health? Disponible en: <http://www.actionbioscience.org/biotech/pusztai.html>
- Ramírez García, H.S. (2009). Biopirater a: notas en torno a sus significados jur dicos. *Cuadernos de Bioética* 1, pp. 21-38.
- Robert, S. y Baumann, U. (1998). Resistancetotheherbicideglyphosate. *Nature* 395 (3), pp. 25-26.
- Rodríguez-Arocho, W.C. (2003). Interacción social y mediación semiótica: herramientas para reconceptualizar la relación desarrollo-aprendizaje. *EDUCERE* 6 (20), pp. 369-379.
- Roth, W-M. y Lee, S. (2004). Science Education as/for Participation in the Community. *Science Education* 88, pp. 263-291.
- Sadler, D.T. y Fowler, S.R. (2006). A Threshold Model of Content Knowledge Transfer for Socioscientific Argumentation. *Science Education* 90 (6), pp. 1-19.
- Sadler, T.D. y Zeidler, D.L. (2004). Negotiating gene therapy controversies. *The American Biology Teacher* 66 (6), pp. 428-433.
- Sadler, T.D. (2004). Informal Reasoning Regarding Socioscientific Issues: A Critical Review of Research. *Journal of Research in Science Teaching* 41 (5), pp. 513-536.
- Sadler, T. D.; Amirshokoochi, 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), pp. 353-376.

- Salomon, G. (1992). What Does the Design of Effective CSCL Require and How Do We Study Its Effects? *SIGCUE Outlook* 21(3), Special Issue on CSCL, ACM Press 843.
- Salomon, G. (2001). *Cogniciones Distribuidas*. Buenos Aires: Amorrortu.
- Salomon, G., Perkins, D. y Globerson, T. (1991). Partners in cognition: Extending human intelligence with intelligent technologies. *Educational Researcher* 20 (4), pp. 9-20.
- Sánchez Gamboa, S.A. (2006). A dialética na pesquisa em educação: elementos de contexto. Em: Fazenda, I. (Comp.). *Metodologia da pesquisa educacional*. São Paulo: Cortez Editora.
- Sánchez-Cuevas, M.C. (2003). Biotecnología: Ventajas y desventajas para la agricultura. *Revista Científica UDO Agrícola - Universidad de Oriente Press* 3 (1), pp. 1-11. Disponible en: <http://www.bioline.org.br/request?cg03001>
- Savery, J.R. (2006). Overview of Problem-based Learning: Definitions and Distinctions. *The Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning* 1 (1), pp. 9-20.
- Scardamalia, M. y Bereiter, C. (1994). Computer support for knowledge-building communities. *The Journal of the Learning Sciences* 3 (3), pp. 265-283.
- Scardamalia, M., Bereiter, C. y Lamon, M. (1994). The CSILE Project: trying to bring the classroom into World 3. En K. Mc Gilly (Ed.): *Classroom Lessons: Integration Cognitive Theory and Classroom Practice*. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Schmidt, H.G.; Loyens, S.M.M.; van Gog, T. y Paas, F. (2007). Problem-Based Learning is Compatible with Human Cognitive Architecture: Commentary on Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist* 42 (2), pp. 91-97.
- Scott, D.G.; Washer, B.A. y Wright, M.D (2006). A Delphi Study to Identify Recommended Biotechnology Competencies for First-Year/Initially Certified Technology Education Teachers. *Journal of Technology Education* 17, pp. 43-55.
- Siciliano, S.D. y Germida, J.J. (1999). Taxonomic diversity of bacteria associated with the roots of field-grown transgenic Brassica napus cv. Quest, compared to the non-transgenic B-napus cv. Excel and B. rapa cv. Parkland. *Fems Microbiology Ecology* 29 (3), pp. 263-272.
- Siciliano, S.D.; Theoret, C.M.; de Freitas, J.R.; Hucl, P.J. y Germida, J.J. (1998). Differences in the microbial communities associated with the roots of different cultivars of canola and wheat. *Canadian Journal of Microbiology* 44 (9), pp. 844-851.
- Sigüenza Molina, A.F. (2000). Formación de modelos mentales en la resolución de problemas de genética. *Enseñanza de las Ciencias* 18 (3), pp. 439-450.
- Sigüenza, A.F. y Sáez, M.J. (1990). Análisis de la resolución de problemas como estrategia de enseñanza de la biología. *Enseñanza de las Ciencias* 8 (3), pp. 223-230.
- Silva, D. y Vasconcelos, C. (2004). La resolución de problemas en la enseñanza de geología: una investigación en el ámbito del impacto ambiental. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 12 (3), pp. 266-280.
- 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), pp. 619-644.
- Skovsmose, O. y Borba, M.C. (2004) Research Methodology and Critical Mathematics Education. En Valero, P. & Zevenbergen, (Eds.) *Researching the*

- Socio-Political Dimensions of Mathematics Education*. Mathematics Education Library, 35, 207-226. Springer.
- Slavin, R.E. (1983). When does cooperative learning increase student achievement? *Psychological Bulletin* 94 (3), pp. 429-445.
- Smith, J.E. (2004). *Biotechnology. Studies in Biology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- So, H. y Brush, T.A. (2008). Student perceptions of collaborative learning, social presence and satisfaction in a blended learning environment: Relationships and critical factors. *Computers & Education* 51, pp. 318-336
- Solaz-Portolés, J.J. y Sanjosé-López, V. (2008). Conocimientos y procesos cognitivos en la resolución de problemas de ciencias: consecuencias para la enseñanza. *Magis, Revista Internacional de Investigación en Educación* 1, pp. 147-162.
- 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), pp. 337-348.
- Soley, M. (1996). If it's controversial, why teach it? *Social Education* 60, pp. 9-14.
- Soller, A.; Martinez, A.; Jermann, P. y Muehlenbrock, M. (2005). From Mirroring to Guiding: A Review of State of the Art Technology for Supporting Collaborative Learning. *International Journal of Artificial Intelligence in Education* 15, pp. 261-290.
- Sommer, S. (2001). *Por qué las vacas se volvieron locas. La biotecnología: organismos transgénicos, riesgos y beneficios*. Buenos Aires: Biblos.
- Spanhel, D. (2008). La importancia de las nuevas tecnologías en el sector educativo. En: Sevillano García, M.L. (Coord.). *Nuevas tecnologías en educación social*. Madrid: Mc Graw Hill.
- Stahl, G. y Hesse, F. (2009). Paradigms of shared knowledge. *Computer-Supported Collaborative Learning* 4, pp. 365-369.
- Stahl, G.; Koschmann, T. y Suthers, D. (2006). Computer-supported collaborative learning: An historical perspective. En: Sawyer, R.K. (Ed.). *Cambridge handbook of the learning sciences*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Steele, F. y Aubusson, P. (2004). The Challenge in Teaching Biotechnology. *Research in Science Education* 34, pp. 365-387.
- Sungur, S. Tekkaya, C. y Geban, O. (2006). Improving achievement through problem-based learning. *Journal of Biological Education* 40 (4), pp. 155-160.
- Suthers, D.; Weiner, A.; Connelly, J. y Paolucci, M. (1995). Belvedere: Engaging students in critical discussion of science and public policy issues. En: Greer, J. (Ed). *Proceedings of the International Conference in Artificial Intelligence in Education*, Washington, pp. 266-273
- Taconis, R.; Ferguson-Hessler, M.G.M. y Broekkamp, H. (2001). Teaching Science Problem Solving: An Overview of Experimental Work. *Journal of Research in Science Teaching* 38 (4), pp. 442-468.
- Talavera Fernández, P. (2004). Patentes sobre genes humanos: entre el derecho, el mercado y la ética. *Cuadernos de Bioética* 2, pp. 213-255
- Tanja, K.; Severiens, S.E.; Knippels, M.C.P.J.; Marc H.W.VM. y Geert T.M.T.D. (2010). Effects of a Science Education Module on Attitudes towards Modern Biotechnology of Secondary School Students. *International Journal of Science Education* 32 (9), pp. 1127-1150.
- Tedesco, J.C. (1999). Educación y sociedad del conocimiento y de la información. *Encuentro Internacional de Educación Media*. Secretaría de Educación de Bogotá.

- Tesch, R. (1990). *Qualitative research. Análisis types & software tools*. Gran Bretaña: LSL Press Ltd, Bedford.
- Torp, L., y Sage, S. (2002). *Problems as possibilities: Problem-Based Learning for K-16 Education*. 2nd edn. Alexandria V.A.: ASCD.
- Torres Barzabal, L. (2005). Elementos que deben contener las páginas Web educativas. *Pixel-Bit Revista de Medios y Educación* 25, pp. 75-83.
- Tsai, C.C. (2001). A review and discussion of epistemological commitments, metacognition, and critical thinking with suggestions on their enhancement in Internet-assisted chemistry classrooms. *Journal of Chemical Education* 78 (7), pp. 970-974.
- Tsaparlis, G. y Angelopoulos, V. (2000). A Model of Problem Solving: Its Operation, Validity, and Usefulness in the Case of Organic-Synthesis Problems. *Science Education* 84, pp. 131-153.
- 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. (2006). *Las tecnologías de la información y la comunicación integradas en un modelo constructivista para la enseñanza de las ciencias*. Universidad de Burgos Ed.
- Valeiras, N. y Meneses Villagrà, J.A. (2005). Modelo constructivista para la enseñanza de las ciencias en línea. *Enseñanza de las Ciencias*. Número extra.
- 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), pp. 71-84.
- Van Der Linden, J.; Erkens, G.; Schmidt, H. y Renshaw, P. (2000). Collaborative learning. En: R.J. Simons; J. Van der Linden y T. Duffy (eds.), *New Learning*, pp. 37-54. Dordrecht: Kluwer.
- Van Der Vlueten, C.P.M.; Verwijnen, G.M. y Wijnen, W.H.F.W. (1996). Fifteen years of experience with progress testing in a problem-based learning curriculum. *Medical Teacher* 18 (2), pp. 103-109.
- Vasconcelos, C. (2012) Teaching Environmental Education through PBL: Evaluation of a Teaching Intervention Program. *Research in Science Education* 42 (2), pp. 219-232.
- Vázquez Bernal, B.; Jiménez Pérez, R. y Mellado Jiménez, V. (2007). El desarrollo profesional del profesorado de ciencias como integración de la reflexión y la práctica. La hipótesis de la complejidad. *Revista Eureka de Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 4 (3), pp. 372-393.
- Vigotsky, L. (1991). *El Desarrollo de los Procesos Psicológicos Superiores*. Barcelona: Crítica.
- Vigotsky, L. (1995). *Pensamiento y Lenguaje*. Paidós: Barcelona.
- Vigotsky, L. (2008). El problema de la enseñanza y el desarrollo mental en la etapa escolar. En: En: Schneuwly, B. y Bronckart, J.P. (Coord.) *Vigotsky hoy*. Madrid: Editorial popular.
- Waldegg, G. (2002). El uso de las nuevas tecnologías para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 4 (1).
- Watson, J. D. (2003). *DNA. The secret of life*. New York: Alfred A. Knopf.
- Wertsch, J.V. (1999). *La mente en acción*. Aique: Capital Federal.

- Wertsh, J.V (2008). Capítulo 7: La mediación semiótica de la vida mental: L.S. Vigotsky y M.M. Bajtín. En: Schneuwly, B. y Bronckart, J.P. (Coord.) *Vigotsky hoy*. Editorial popular: Madrid.
- Wikipedia 2012. www.wikipedia.org
- Wolfenbarger, L.L. y Phifer, P.R. (2000). The Ecological Risks and Benefits of Genetically Engineered Plants. *Science* 290, pp. 2088-2093.
- Woods, P. (1987). *La escuela por dentro. La etnografía en la investigación educativa*. Barcelona: Paidós.
- Wraight, C.L.; Zangerl, A.R.; Carroll, M.J. y Berenbaum, M.R. (2000). Absence of toxicity of *Bacillus thuringiensis* pollen to black swallowtails under field conditions. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A* 97 (14), pp. 7700-7703.
- Wright, J.C. (1996). Authentic learning environment in analytical chemistry using cooperative methods and open-ended laboratories in large lecture courses. *Journal of Chemical Education* 73(9), pp. 827-832.
- Yarden, H. y Yarden, A. (2011). Studying Biotechnological Methods Using Animations: The Teacher's Role. *Journal of Science Education and Technology* 20 (6), pp. 689-702.
- 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.
- 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), pp. 157-172.

Anexos

Anexo 1: Listado de escuelas públicas de secundaria que presentaban la especialidad en Ciencias Naturales en el año 2009

Código	I.P.E.M	NOMBRE	BARRIO
A	I.P.E.M. No 155	"JUAN JOSÉ PASO"	Zumarán
B	I.P.E.M. No 270	"GRAL MANUEL BELGRANO"	Alberdi
C	I.P.E.M. No 206	"FERNANDO FADER"	Parque Corema
D	I.P.E.M. No 103	"ESTEBAN ECHEVERRÍA"	San Martín
E	I.P.E.M. No 176	"GRANADERO JOSE MARQUEZ"	San Javier
F	I.P.E.M. No 13	"Dr. PEDRO ESCUDERO"	Colón
G	I.P.E.M. No 21	"ALFONSINA STORNI"	Parque. Liceo II Sec.
H	I.P.E.M. No 124	"ADELA ROSA OVIEDO de DE LA VEGA"	Coronel Olmedo
I	I.P.E.M. No 338	"Dr. SALVADOR MAZZA"	Marquez de Sobremonte Anexo
J	I.P.E.M. No 115	"DOMINGO FAUSTINO SARMIENTO"	Alberdi
K	I.P.E.M. No 268	"DEÁN FUNES"	Nueva Córdoba
L	I.P.E.M. No 138	"JERÓNIMO LUIS DE CABRERA"	Alberdi
M	Esc. Normal Sup.	"Dr. ALEJANDRO CARBÓ"	Alberdi
N	I.P.E.M. No 269	"Dr. CESAR MILSTEIN"	Centro
O	I.P.E.M. No 202	"Dr. LUIS FEDERICO LELOIR"	Los Boulevares
P	I.P.E.M. No 38	"FRANCISCO PABLO DE MAURO"	Rogelio Martínez
Q	Esc. Normal Sup.	"DOCTOR AGUSTIN GARZON AGULLA"	General Paz
R	I.P.E.M. No 134	"INGENIERO REGINO MADERS"	General Bustos
S	I.P.E.M. No 35	"RICARDO ROJAS"	Villa Cabrera
T	I.P.E.M. No 40	"DEODORO ROCA"	Jardín
V	I.P.E.M. No 18	"Dr. FEDERICO ANIBAL CUMAR"	Granja de Funes

Anexo 2: Cuestionario para docentes de la escuela secundaria

Esta encuesta es **anónima** y tiene como objetivo conocer cómo se enseña Biotecnología en la Escuela Secundaria. Esta información nos permitirá diseñar un modelo educativo para ésta temática. Agradecemos mucho este tiempo dedicado para completar la encuesta y le garantizamos la privacidad de estos datos.

Nombre de la Escuela en la que recibe la encuesta:

Sexo:

Edad:

Título/s que posee:

Antigüedad en la docencia:

¿En esta escuela tiene a su cargo Biología de 6º? Si No

¿En esta escuela tiene a su cargo Biología de 3º? Si No

Las siguientes preguntas están referidas a la asignatura que usted tiene a cargo (Biología de 6º o 3º año), en el caso de que usted tenga a cargo ambas materias en esta escuela por favor conteste las preguntas que siguen en referencia a Biología de 6º año.

1) ¿Trabaja la temática de Biotecnología en la asignatura de Biología? Si su respuesta es negativa por favor indique por qué no trabaja esta temática. Si su respuesta es positiva ¿cuántas clases le dedica aproximadamente en el año a Biotecnología?

2) Marque la opción que mejor represente su concepto de Biotecnología

- Ciencia que estudia procesos biológicos
- Tecnociencia que modifica a los seres vivos o a su metabolismo para obtener provecho de ellos
- Tecnociencia que modifica genéticamente a los seres vivos para obtener provecho con ello
- Tecnología que se aprovecha de procesos de los seres vivos para obtener beneficios a partir de ello
- Ciencia que estudia cómo modificar genéticamente a los seres vivos.

3) Marque la opción que mejor represente su punto de vista acerca de la Biotecnología

- La Biotecnología puede mejorar la vida de las personas
- La Biotecnología puede empeorar la vida de las personas
- La Biotecnología no impacta en la vida de las personas
- Si bien hay ventajas y desventajas, sus aplicaciones son beneficiosas.
- Si bien hay ventajas y desventajas, sus aplicaciones son perjudiciales.
- Otra ¿Cuál?

4) Marque qué conceptos usted normalmente trabaja con su curso en la temática de Biotecnología

<input type="checkbox"/>	Elaboración de Vacunas	<input type="checkbox"/>	Clonación
<input type="checkbox"/>	Cultivo de microorganismos	<input type="checkbox"/>	Producción de Hormonas
<input type="checkbox"/>	Producción de cerveza	<input type="checkbox"/>	Elaboración de vino
<input type="checkbox"/>	Cultivo de plantas	<input type="checkbox"/>	Organismos Transgénicos
<input type="checkbox"/>	Elaboración de pan	<input type="checkbox"/>	Biorremediación
<input type="checkbox"/>	Fertilización in vitro	<input type="checkbox"/>	Producción de alimentos
<input type="checkbox"/>	Ingeniería Genética	<input type="checkbox"/>	Terapias Génicas
<input type="checkbox"/>	Proyecto Genoma Humano	<input type="checkbox"/>	Producción de medicamentos
<input type="checkbox"/>	Procesos enzimáticos	<input type="checkbox"/>	Conservación de alimentos
<input type="checkbox"/>	Bioética	<input type="checkbox"/>	Biocombustibles
<input type="checkbox"/>	Producción de anticuerpos	<input type="checkbox"/>	Transplantes de órganos

¿Otros que no estén mencionados aquí? ¿Cuáles?

5) Marque la frecuencia con que utiliza en sus clases las siguientes estrategias de enseñanza/aprendizaje para la temática de Biotecnología:

	Muy frecuentemente	Frecuentemente	Poco frecuentemente	Una vez	Nunca
Lectura comprensiva de materiales seleccionados por usted					
Exposición dialogada					
Lectura de libros de texto					
Resolución de actividades presentes en libros de texto					
Análisis de notas periodísticas					
Trabajos prácticos de laboratorio guiados					
Trabajos prácticos de laboratorio abiertos					
Trabajos de indagación bibliográfica					
Resolución de problemas					
Realización de encuestas y entrevistas					
Diseño y ejecución de investigación por parte del estudiante					
Diseño de la investigación por parte del docente y ejecución por parte del estudiante					
Planteo de un interrogante al inicio de un tema					
Análisis de documentos de divulgación científica					

Análisis de datos para la elaboración de conclusiones					
Escritura de informes					
Análisis de páginas Web					
Búsqueda de información libre en páginas Web					
Búsqueda de información guiada en páginas Web					
Resolución de Webquest en Internet					
Proyección de videos					
Utilización de simulaciones					
Realización de trabajos grupales					
Realización de trabajos individuales					
Juego de roles (ej: representación de un juicio)					
Discusiones grupales guiadas					

¿Otras que no estén incluidas aquí? ¿Cuáles?

6) Algunos procesos biotecnológicos como la obtención de transgénicos, la utilización de células madres y la clonación han sido causa de grandes debates públicos. Los argumentos que se discuten derivan de publicaciones de científicos de universidades e instituciones científicas nacionales, de científicos de instituciones privadas o de Organizaciones no gubernamentales.

a) **¿Trabaja estos debates en el aula? ¿Qué estrategias utiliza para ello?**

b) Si usted aborda estos debates en el aula **¿qué elementos de análisis le ofrece a los estudiantes? ¿Cómo les enseña a identificar una fuente válida para que puedan tomar una postura personal?**

7) Marque la opción que mejor represente su punto de vista en relación a que se lleven a cabo cada uno de los siguientes procesos biotecnológicos:

	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
Modificar los genes de plantas para que puedan cultivarse en suelos salinos				
Modificar los genes de bacterias para el mejoramiento de alimentos				
Modificar genes de frutas para mejorar su sabor				
Modificar genes de plantas para incrementar su valor nutricional				
Modificar genes de tomates para hacer que su maduración sea más lenta y entonces su duración sea mayor				
Insertar genes de microorganismos en maíz para proveerle resistencia a insectos.				
Clonar plantas que presenten características de interés (rápido crecimiento, mayor calidad nutricional, resistencia a plagas, etc.).				
Aplicar ingeniería genética en vacas para producir medicamentos de uso humano				
Modificar genes de células humanas para el tratamiento de enfermedades genéticas (terapias génicas)				
Manipular genes de animales para mejorar la calidad de su carne o leche				
Aplicar ingeniería genética en microorganismos para producir medicamentos				
Clonar animales que presenten características de interés (carne, leche, rápido desarrollo, supervivencia, etc.)				

8) Para cada frase marque la opción que mejor representa su punto de vista:

	Si	No	En algunas ocasiones
En general, priorizo los contenidos de Biotecnología porque los considero de gran importancia para la alfabetización científica			
En general, no llego a desarrollar los contenidos de Biotecnología ya que el programa es muy extenso			
En general, priorizo otros contenidos antes que Biotecnología, ya que los considero más importantes			
Siento que necesitaría capacitación para la temática de Biotecnología			

Utilizo las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en el aula			
Siento que necesitaría capacitación para integrar a las TIC con la Biología			
Evito abordar en el aula los aspectos bioéticos porque creo que le corresponden a otra área			
Trabajo en clase los aspectos bioéticos			
Siempre intento presentar diversas posturas ante los dilemas de procesos biotecnológicos (ventajas/desventajas)			
Creo que el enfoque Ciencia Tecnología Sociedad y Ambiente es el más adecuado para la temática de Biotecnología			
Pienso que en la temática de Biotecnología se expresan las pugnas actuales de distintos sectores de la sociedad			
Creo que la Biotecnología pone en evidencia que la ciencia no es neutral y responde a diversos intereses			

9) Describa brevemente una experiencia didáctica que le haya resultado positiva para enseñar Biotecnología

10) Marque aquella bibliografía que utiliza para la temática de Biotecnología

- Libro de texto (indique editorial y año para el cual está destinado el libro: Polimodal, EGB 7, 8 9, etc.):
- Páginas Web ¿cuáles?:
- Libros de divulgación ¿cuáles?:
- Revistas de divulgación ¿cuáles?:
- Revistas periodísticas ¿cuáles?:
- Diarios
- Otros ¿cuáles?:

11) Otro comentario que usted quiera hacernos

Si usted desea quedar en contacto con nosotros por favor indíquenos su mail:

Anexo 3: Cuestionario para estudiantes de escuela secundaria

Esta encuesta es **anónima** y tiene como objetivo conocer cuáles son los conocimientos de Biotecnología que aprendiste en la Escuela Secundaria. Esta información nos permitirá diseñar un modelo educativo tendiente a mejorar las propuestas de enseñanza actuales. Te agradecemos mucho este tiempo dedicado para completar la encuesta y te garantizamos la privacidad de estos datos.

I) Completa la siguiente información

Nombre de tu escuela:

Año y División de tu curso:

Especialidad que cursas:

Edad:

Sexo:

II) Responde las siguientes preguntas:

1) **¿Qué es Biotecnología?**

2) **Marca con una cruz (X) la frase que mejor representa tu punto de vista acerca de la Biotecnología:**

- La Biotecnología mejora la vida de las personas
- La Biotecnología empeora la vida de las personas
- La Biotecnología no impacta en la vida de las personas
- Si bien hay ventajas y desventajas, sus aplicaciones son beneficiosas.
- Si bien hay ventajas y desventajas, sus aplicaciones son perjudiciales.
- Otra ¿Cuál?

3) **Para cada actividad marca con una (X) cuál crees que es su relación con la Biotecnología:**

	Muy relacionada	Medianamente relacionada	Poco Relacionada	Nada Relacionada
Elaboración de Vacunas				
Cultivo de microorganismos				
Producción de cerveza				
Cultivo de plantas				
Elaboración de pan				
Fertilización in vitro				
Ingeniería Genética				

Proyecto Genoma Humano				
Procesos enzimáticos				
Bioética				
Producción de anticuerpos monoclonales				
Clonación				
Producción de Hormonas				
Elaboración de vino				
Organismos Transgénicos				
Biorremediación				
Producción de alimentos				
Terapias Génicas				
Producción de medicamentos				
Conservación de alimentos				
Biocombustibles				
Transplantes de órganos				

4) ¿Qué es un organismo transgénico?

5) ¿Cómo crees que se hace un organismo transgénico?

6) ¿Has utilizado un organismo transgénico (o algún producto derivado de un transgénico) en tu vida cotidiana? ¿cuál/es?

7) Para cada término marca la opción que mejor representa tu conocimiento:

	Nunca escuché hablar de ello	Escuché este término pero no sé realmente qué es	Escuché sobre este término y podría decir algo acerca de lo que significa	Escuché sobre este término y podría explicarlo
Genes				
ADN				
Cromosomas				
Alelo				
Enzimas de restricción				
Plásmido				
Cultivo de células				
PCR				
Bacteriófago				
Enzimas				
Marcadores genéticos				
Terapia génica				
Proyecto Genoma Humano				
Mutación				

8) Marca la opción que mejor represente tu punto de vista en relación a que se lleven a cabo cada uno de los siguientes procesos biotecnológicos:

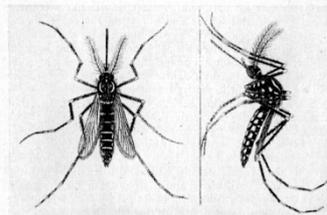
	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
Modificar los genes de plantas para que puedan cultivarse en suelos salinos				
Modificar los genes de bacterias para el mejoramiento de alimentos				
Modificar genes de frutas para mejorar su sabor				
Modificar genes de plantas para incrementar su valor nutricional				
Modificar genes de tomates para hacer que su maduración sea más lenta y entonces su duración sea mayor				
Insertar genes de microorganismos en maíz para proveerle resistencia a insectos.				
Clonar plantas que presenten características de interés (rápido crecimiento, mayor calidad nutricional, resistencia a plagas, etc.).				

Aplicar ingeniería genética en vacas para producir medicamentos de uso humano				
Modificar genes de células humanas para el tratamiento de enfermedades genéticas (terapias génicas)				
Manipular genes de animales para mejorar la calidad de su carne o leche				
Aplicar ingeniería genética en microorganismos para producir medicamentos				
Clonar animales que presenten características de interés (carne, leche, rápido desarrollo, supervivencia, etc.)				

9) ¿Estarías de acuerdo en que se utilicen y manipulen células embrionarias (también llamadas células madres) para el desarrollo de terapias génicas? Justifica tu respuesta.

10) Lee el texto y resuelve las siguientes actividades:

El dengue es una enfermedad viral endémica de una región de Argentina y de algunos países limítrofes. Es transmitida por la picadura del mosquito *Aedes aegypti*. Actualmente se está trabajando en la creación de una vacuna que impida el desarrollo de la enfermedad, pero por el momento la única forma de evitarla es a través de la eliminación del vector, es decir del mosquito.

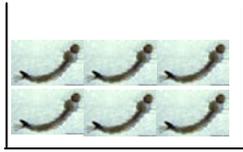


En el año 2007 un grupo internacional de científicos completó la secuencia del genoma del mosquito. El esfuerzo de secuenciar su ADN es un intento para colaborar en la investigación de insecticidas y posibles modificaciones genéticas para prevenir la expansión del virus.

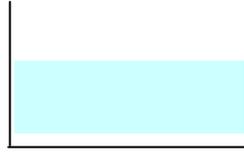
a) Marca la opción que consideras correcta en relación con qué es secuenciar ADN

- Conocer cuántas moléculas de ADN tiene el mosquito
- Conocer qué combinaciones de aminoácidos componen el ADN del mosquito
- Conocer en qué orden se encuentran los nucleótidos en el ADN del mosquito
- Conocer qué tipo de alelos tiene un mosquito
- Conocer el ciclo de vida determinado por el ADN del mosquito

b) Se desea probar la efectividad de un insecticida desarrollado a partir del conocimiento aportado por la secuenciación del ADN del mosquito *Aedes aegypti*. A continuación se detallan diferentes materiales que podrían utilizarse. Con los materiales que consideres necesarios diseña un experimento para probar la efectividad del insecticida.



Agua con larvas de mosquito
Aedes aegypti



Recipiente con agua



Insecticida con una
concentración al
10%



Insecticida con una
concentración al
50%

Ten en cuenta que el dibujo es sólo una representación del material, puedes utilizar tantas copias de recipientes, larvas o frascos de insecticida como creas necesario.

c) Se está estudiando cómo realizar una vacuna contra el Dengue; una vacuna es una solución que contiene:

- Una sustancia química que evita que ingresen virus al cuerpo humano
- Partículas virales activas pero en muy pequeña cantidad lo cual sirve como antígeno pero no desarrolla la enfermedad
- Partículas virales completas, sub-unidades o virus vivos atenuados que sirven como antígeno pero no desarrollan la enfermedad
- Un conjunto de anticuerpos contra la enfermedad viral

11) Marca cuál de las siguientes frases refleja tu punto de vista acerca de las bacterias

- Son microorganismos que causan enfermedades
- Existen algunas bacterias que causan enfermedades y otras que pueden ser beneficiosas para el hombre y el ecosistema
- Son microorganismos beneficiosos para el hombre
- Son microorganismos útiles para el ecosistema y para el hombre
- Son microorganismos que sólo causan problemas al ecosistema y al hombre

13) ¿Alguna vez comiste algún alimento producido a través del metabolismo de bacterias? ¿cuál/les?

14) En algunos debates referidos a procesos biotecnológicos se presentan opiniones muy opuestas en los medios de comunicación. Marca la o las opciones que tenes en cuenta para elegir qué postura apoyar:

- Que el autor de la opinión sea reconocido por su carrera científica
- Que la opinión aparezca publicada en un medio de comunicación periodístico confiable
- Que el autor de la opinión sea conocido para vos
- Que la opinión aparezca publicada en un medio de comunicación científica
- Que la opinión te haya llegado a través de algún conocido tuyo en el cual confías
- Que la opinión se base en resultados de investigaciones
- Que en la opinión se presente cómo se analizaron los datos para llegar a esa conclusión

15) ¿Estudiaste Biotecnología en la Escuela? ¿en qué materia? ¿en qué año?

16) ¿Qué actividades recuerdas haber hecho en la escuela con el tema de Biotecnología? (Por ejemplo, lectura comprensiva, resolución de problemas, trabajos prácticos de laboratorio, juegos, etc.).

17) Algún comentario que quieras hacernos

Anexo 4: Listado de páginas Web analizadas

Nº	Dirección Web	Título de la página
1	http://www.food-info.net/es/qa/bt.htm	Food-Info
2	http://w3.cnice.mec.es/recursos/bachillerato/bioygeo/genetica/index.htm	Principios de genética
3	http://fai.unne.edu.ar/biologia/index.html	Hipertextos del área de biología
4	http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material082/index.html	Isla de las Ciencias
5	http://www.joseacortes.com/	Recursos didácticos para biología
6	http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/	Medline Plus
7	www.educ.ar	Educación
8	http://learn.genetics.utah.edu/es/	Learn.Genetics
9	http://web.educastur.princast.es/proyectos/bioygeo%5Fov/index.htm	Biología y Geología 2º del bachillerato
10	http://www.biologia.arizona.edu/	El Proyecto biológico
11	http://www.icarito.cl/medio/articulo/0,0,38035857_255397353_1,00.html	Enciclopedia virtual ICARITO
12	http://enfénix.webcindario.com/	ENFénix Portal Educativo
13	http://www.educarchile.cl/Personas/informate%5Fgenetica/	Educación
14	http://www.librosvivos.net/smtc/homeTC.asp?TemaClave=1185	Libros Vivos
15	http://www.ucm.es/info/genetica/grupod/	Genética
16	http://www.educared.net/ProfesoresInnovadores/unidades/verUnidad.asp?id=1033	Herencia Genética
17	http://recursos.cnice.mec.es/biologia/index.html	Ciencias de la Naturaleza
18	http://w3.cnice.mec.es/eos/MaterialesEducativos/mem2001/biologia/	Manual de Biología Celular
19	http://www.telefonica.net/web2/mantmedina/	Biología Fácil

Anexo 5: Instrumento utilizado para el análisis de páginas Web

DIRECCIÓN:		
TITULO DEL ESPACIO WEB:		
AUTORES/ PRODUCTORES:		
CIUDAD / PAÍS:		
1. Autoría y actualización	Sí	No
¿Se señala el nombre de la entidad o el responsable de la página?		
¿El autor o responsable aparece perteneciendo a alguna organización o empresa?		
¿La página contiene un <i>link</i> hacia una página que describe los objetivos de la organización?		
¿Aparece algún medio para verificar la legitimidad de esta mención: número de teléfono o dirección postal para contactar con la organización?		
¿Se señala si la información cuenta con algún tipo de evaluación?		
¿Se señalan antecedentes del autor que permitan su calificación para abordar el tema?		
¿El contenido es revisado u aprobado por el responsable de la página?		
¿Se señalan las fuentes de la información de tal modo que se pueda verificar con otras fuentes?		
¿Aparece la fecha de instalación o de actualización en la web?		
¿Se indica si el contenido se actualiza con regularidad?		

2. Contenidos y Recursos

Para el análisis de las páginas Web de biotecnología, el estudio de los contenidos se realizó a través del siguiente listado de de conceptos, indicando su presencia/ ausencia, y luego su nivel de profundidad según 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:

2.A: Conceptos incluidos y nivel de profundidad con el cual son abordados				
2 A I: Temas incluidos en el desarrollo de Biotecnología	no	a	b	c
Biotecnología				
Bioética				
Genoma Humano				
Terapias génicas				
Ingeniería Genética				
Transgénicos				
Clonación				
Fertilización asistida				
Producción de hormonas por IG				
Control de Plagas con hormonas				
Revolución verde				
Producción de Antibióticos				
Creación de sueros				
Producción de vacunas				
Producción de anticuerpos monoclonales				
Producción de fármacos				
Biotecnología y guerras				

Transplantes				
Conservación de alimentos				
Pasteurización				
Producción de alimentos con Biotecnología				
Aprovechamiento de procesos enzimáticos				
Producción de nuevos alimentos con Biotecnología				
Biorremediación				
Biocombustibles				

Para el análisis de los contenidos referidos a división celular, cromosomas y genes se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos.

2AII: División Celular	SI	NO
¿Hace referencia a la herencia?		
¿Considera la variabilidad genética?		
¿Hace referencia a la diversidad de organismos en los cuáles suceden estos procesos?		
¿Hace referencia a los diferentes tipos de células en las cuáles ocurre?		
2AIII: Cromosomas		
¿Nombra el número de cromosomas de la especie humana?		
¿Incluye a los números de cromosomas de otras especies?		
¿Destaca que la información que porta cada cromosoma es específica?		
2AIV: Genes		
¿Hace referencia a genes humanos?		
¿Hace referencia a genes humanos normales?		
¿Sólo se hace referencia a genes humanos de enfermedades?		
¿Hace referencia a genes de otros organismos?		

2.B: Organización conceptual en función del soporte electrónico			
Estructura	Nada	Poco	Mucho
Lineal			
Ramificada			
Ramificada – lineal			
Paralela			
Concéntrica			
Jerárquica			
Hipertextual			
Mixta			

2.C: Recursos audiovisuales incorporados			
Imagen	Nada	Poco	Mucho
Esquemática: gráfico, mapa, tabla			
Sólo texto			
Texto e imagen			
Imagen real- fija			
Imagen animada- real			
Imagen animada- creada por el ordenador			
¿La imagen está en relación con el texto?			
¿Tiene epígrafes explicativos?			
¿La imagen presenta escalas?			
Audio	Nada	Poco	Mucho
¿Hay sonido?			
¿El sonido está relacionado con el texto?			
Adecuación de banda sonora al ritmo de las imágenes			

3.Construcción del conocimiento científico		
Ideología / Creencia	Sí	No
Creencia o ideología personal con relación a un determinado tema o teoría		
Se presenta como única o radical		
Se presenta no radical, de forma implícita		
Tipo de ciencia	Sí	No
¿Se considera una ciencia objetiva, no mediatizada por las ideas u otras características de las personas?		
¿Se presenta la ciencia como actividad social, producto del esfuerzo humano?		
¿Se presenta la ciencia en relación con las aplicaciones tecnológicas?		
¿Se sitúa la ciencia en un contexto social?		
¿Muestra un enfoque de ciencia como un elemento que mejora la calidad de vida de los seres humanos?		

4. Actividades y procesos cognitivos	Si	No
¿Presenta preguntas sólo para repetir definiciones de conceptos?		
¿Presenta actividades para relacionar conceptos y deducir conclusiones?		
¿Presenta actividades con nuevas situaciones en las cuales se requiera la aplicación de los conceptos?		
¿Presenta problemas para resolver?		
Los problemas ¿incluyen datos y preguntas?		
¿Presenta ayuda o guía para el razonamiento que exige la resolución del problema?		
¿Presenta algunos problemas resueltos a modo de ejemplo?		
¿Presenta las soluciones de los problemas?		
¿Invita a buscar información en otros sitios web?		
¿Presenta juegos educativos interactivos?		
¿Los juegos hacen referencia a conceptos?		
Luego de jugar ¿propicia una reflexión de los conceptos involucrados?		
Luego de jugar ¿propicia la metacognición?		
Operaciones cognitivas	Sí	No
Observar		
Interpretar		
Inferir		
Transferir / Aplicar		
Relacionar		
Sintetizar		
Informar		
Plantear / Resolver problemas		
Experimentar		
Decidir		

Anexo 6: Detalle de los conceptos seleccionados para el análisis del contenido de páginas Web.

Concepto	Nomenclatura
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

Anexo 7: Encuesta de participación

A fin de evaluar la metodología del curso te pedimos que por favor nos respondas las siguientes preguntas:

- 1) ¿Crees que tu experiencia-inexperiencia en aulas virtuales condiciona tu cantidad o calidad de participaciones en este curso?

- 2) ¿Qué tipo de conexión a Internet utilizas para acceder al curso?

- 3) ¿Crees que este tipo de conexión a Internet condiciona tu participación en el curso?

- 4) ¿Tenés experiencia anterior a este curso en trabajo virtual colaborativo?

- 5) ¿Crees que tu experiencia-inexperiencia en grupos de trabajo colaborativo condiciona tu participación en este curso?

- 6) ¿Alguna sugerencia que quieras hacernos para mejorar el curso?

Anexo 8: Entrevistas de explicitación conceptual

Encabezado común:

Para evaluar el curso tengo que hacerte algunas preguntas conceptuales, por favor no te sientas en evaluación, la idea es que me contestes lo que pensás ya que eso nos permite conocer si el curso promueve aprendizajes.

Preguntas específicas según el rol

Rol de Genetista

Pregunta de explicitación	Concepto implicado
En la formación de un OGM se aprovechan los mecanismos naturales de recombinación bacteriana ¿cómo entiendes a estos mecanismos? ¿Crees que estos mecanismos podrían transferirse al OGM?	Sistema de Recombinación en Bacterias
¿Las mutaciones pueden transmitirse a la descendencia?	Herencia de Caracteres
¿Cuál es la diferencia entre la modificación ancestral-tradicional de las plantas y los transgénicos actuales?	Elaboración de transgénicos incorporando genes de otras especies.

Rol de Médico

Pregunta de explicitación	Concepto implicado
Si aspiramos ADN foráneo ¿qué crees que sucede en el cuerpo?	Reacciones inmunológicas ante agentes foráneos
¿Qué crees que sucede en el cuerpo ante la ingesta de un alimento con ADN?	Procesos fisiológicos de la ingesta de ADN
¿Cuáles crees son los posibles efectos de exponerse ante agentes químicos mutagénicos?	Posibles impactos de agentes mutagénicos en células humanas

Rol de Productor

Pregunta de explicitación	Concepto implicado
¿Cómo crees que impacta el sistema de importación de paquetes tecnológicos en la producción agronómica?	Importación de paquetes tecnológicos
	Sistemas de patentes
¿Cómo crees que era la relación producción- mano de obra antes y cómo es actualmente? y ¿Cuáles son los efectos económicos de dicho cambio?	Producción tradicional vs producción actual

Rol de Médico

Pregunta de explicitación	Concepto implicado
¿Cuál crees que es el impacto de cultivar organismos Bt en la Biodiversidad?	Impacto del cultivo de organismos Bt en la biodiversidad
¿Cuáles crees que son las consecuencias de simplificar los sistemas ecológicos en los cultivos?	Efectos de la simplificación de los sistemas ecológicos
¿De qué factores crees que depende el posible uso de un suelo de manera sustentable?	Componentes del suelo y uso sustentable

Preguntas finales comunes

¿Qué tipo de aprendizajes crees que se promovieron en vos hasta ahora con la metodología propuesta por el curso?

¿Algunas sugerencias que puedas hacernos para mejorar?

Anexo 9: Evaluación inicial y final (para cada pregunta se indica la opción correcta).

Este cuestionario resulta necesario para el proceso de enseñanza-aprendizaje del curso, pero su fin no es el de acreditación. Por favor complete este cuestionario marcando verdadero o falso, según lo crea apropiado.

- 1) Cuando en un laboratorio se introducen porciones cromosómicas de virus o bacterias a una célula, estas porciones se incorporan al genoma celular y no pueden escindirse ni actuar como unidades independientes. *(verdadero)*
- 2) Las mutaciones que se producen en el cuerpo humano, tanto en células germinales como somáticas, pueden transmitirse a la progenie. *(falso)*
- 3) La modificación tradicional de las plantas, llevada a cabo por nuestros ancestros, resultaba en la creación de plantas transgénicas. *(falso)*
- 4) Se sabe que cuando en el cuerpo humano ingresan por alguna mucosa células vivas (que transportan ADN) se activa el sistema inmunológico que captura a la célula invasora y la paraliza. Esto posibilitaría que porciones independientes de ADN se liberaran de la célula e invadieran a la célula huésped. *(falso)*
- 5) Si consumimos un alimento que contiene ADN, estas moléculas luego de pasar por el sistema digestivo, son degradadas a nucleótidos que se absorben en el intestino sin transportar la información original. *(verdadero)*
- 6) Existen sustancias químicas que simulando ser un nucleótido se incorporan al ADN, provocando mutaciones puntuales. *(verdadero)*
- 7) Para producir soja transgénica se necesita tener un paquete tecnológico que incluye semilla, herbicida y maquinaria específica. *(verdadero)*
- 8) Es común que los productores intercambien semillas entre ellos. Esta práctica no resulta legal actualmente debido al sistema de patentes de propiedad intelectual aplicado a los productos biotecnológicos como las semillas transgénicas. *(verdadero)*
- 9) En el cultivo tradicional, los productores acostumbran a guardar una parte de las semillas para la próxima siembra. En la utilización de semillas transgénicas, esta costumbre sólo se ve alterado por el pago de regalías. *(verdadero)*
- 10) En revistas científicas con referato internacional, se encuentran trabajos que muestran efectos negativos en la Biodiversidad, ante el cultivo de plantas transgénicas con propiedades insecticidas provenientes de genes del *Bacillus thuringiensis* (conocidas como plantas Bt). *(verdadero)*
- 11) En los sistemas de cultivo se disminuye la complejidad natural de los sistemas biológicos, esto puede evitarse a través de la producción orgánica. *(falso)*
- 12) La composición microbiana de un suelo, es lo que determina su capacidad productiva. *(falso)*

Anexo 10: Porcentaje de abordaje de cada uno de los contenidos seleccionados según los 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”.

	% Páginas Web (N=19)			% Libros de texto (N=12)		
	a	b	c	a	b	c
Aprovechamiento de procesos enzimáticos	0,00	0,00	5,26	16,67	0,00	8,33
Biocombustibles	0,00	5,26	31,58	0,00	8,33	8,33
Bioética	10,53	10,53	42,11	16,67	8,33	8,33
Biorremediación	10,53	10,53	15,79	16,67	8,33	0,00
Biotecnología	0,00	10,53	52,63	16,67	33,33	41,67
Biotecnología y células madres	10,53	10,53	21,05	0,00	0,00	16,67
Clonación	21,05	15,79	36,84	8,33	16,67	25,00
Conservación de alimentos	5,26	10,53	5,26	8,33	16,67	16,67
Control de Plagas con hormonas	15,79	0,00	10,53	0,00	8,33	8,33
Creación de sueros	15,79	21,05	10,53	8,33	33,33	8,33
Fertilización asistida	15,79	36,84	15,79	8,33	41,67	50,00
Genoma Humano	10,53	26,32	31,58	8,33	16,67	41,67
Ingeniería Genética	21,05	42,11	36,84	16,67	33,33	25,00
Pausterización	10,53	5,26	5,26	8,33	25,00	8,33
Producción de alimentos con Biotecnología	21,05	15,79	26,32	8,33	25,00	33,33
Producción de Antibióticos	10,53	21,05	10,53	25,00	33,33	8,33
Producción de anticuerpos monoclonales	0,00	26,32	10,53	0,00	8,33	33,33
Producción de Fármacos	15,79	10,53	15,79	25,00	16,67	8,33
Producción de hormonas por IG	10,53	0,00	26,32	33,33	25,00	25,00
Producción de nuevos alimentos con Biotecnología	26,32	31,58	21,05	16,67	0,00	25,00
Producción de vacunas	15,79	21,05	10,53	8,33	16,67	33,33
Revolución verde	15,79	10,53	10,53	8,33	8,33	16,67
Terapias génicas	21,05	26,32	21,05	8,33	16,67	16,67
Transgénicos	15,79	5,26	57,89	0,00	16,67	50,00
Transplantes	26,32	0,00	5,26	8,33	25,00	33,33