



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

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

**UN SISTEMA HIPERMEDIA COMO PROPUESTA
DIDÁCTICA PARA EL DESARROLLO DE UN
TRABAJO PRÁCTICO DE CICLO CELULAR Y
BIOTECNOLOGÍA**

2016

Autora: Dra. Andrea Soledad Uliana
Directora: Mgter. Marina Masullo
Co-directora: Dra. María Alejandra Pérez

ISBN 978-950-33-1274-2

Uliana, Andrea Soledad

Un sistema hipermedia como propuesta didáctica para el desarrollo de un trabajo práctico de Ciclo Celular y Biotecnología / Andrea Soledad Uliana. - 1a ed. - Córdoba : Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 2016.

Libro digital, DOC

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-950-33-1274-2

1. Enseñanza. 2. Biología Celular. 3. Tecnología de la Información y las Comunicaciones. I. Título.

CDD 660.6

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos

Deseo expresar mi sincero agradecimiento:

A la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba y en particular a los miembros de la Maestría en Educación en Ciencias Experimentales y Tecnología, por los conocimientos compartidos y por permitirme realizar esta Tesis.

A la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba y en particular a la Cátedra de Biología Celular por abrirme las puertas, escuchar mi propuesta y colaborar en todo el camino recorrido hasta finalizar este trabajo.

Al Tribunal Evaluador de por sus valiosos aportes.

A la Mgter. Marina Masullo por haber dirigido mi Tesis brindándome desde el primer día su apoyo, confianza, ayuda y lindas palabras de aliento transmitiendo gran entusiasmo por esta tarea.

A la Dra. María Alejandra Pérez por recibirme en la Cátedra de Biología Celular para llevar a cabo esta idea, por haberme invitado a formar parte de su grupo de trabajo en el que se ve reflejado su gran capacidad, experiencia y valores humanos.

A los Docentes de la Cátedra de Biología Celular de la FCA por su ayuda generosa, por compartir hermosas vivencias y por su espíritu de colaboración.

A mi compañera de esta Maestría y fundamentalmente mi amiga Adriana por haberme acompañado en este recorrido brindándome su apoyo, consejos y tanto cariño.

A todos mis amigos por darme fuerza cuando la necesito y por las alegrías compartidas.

A mis padres Héctor y Liliana y mis hermanos Analía, Daniela y Nicolás por estar incondicionalmente a mi lado siempre.

A Lisandro, Gregorio y Julia por ser el motor de mi vida, por el tiempo que me regalaron para hacer realidad este logro y por tanto amor.

RESUMEN

Un sistema hipermedia como propuesta didáctica para el desarrollo de un trabajo práctico de Ciclo Celular y Biotecnología

Resumen

En la educación universitaria las TIC presentan una alternativa en el mejoramiento de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Las aplicaciones hipermedia pueden facilitar la comprensión de procesos científicos y conceptos biológicos favoreciendo el desarrollo de habilidades cognitivas.

Se diseñó e implementó una aplicación hipermedia para un trabajo práctico sobre Ciclo Celular y Biotecnología que desarrolla los contenidos en forma interactiva y no lineal, de manera que los alumnos construyan sus conocimientos.

El sistema respondió a las necesidades de estudiantes y docentes facilitando la comprensión de los contenidos y poniendo en práctica tanto habilidades cognitivas de la enseñanza tradicional como de la era digital.

Palabras Clave: Educación en Ciencias, TIC, Hipermedia, Ciclo Celular

A hypermedia system as a didactic proposal to develop a practical class of Cell Cycle and Biotechnology.

Abstract

In higher education ICT are a valuable alternative to improve teaching and learning science. Hypermedia applications can facilitate the understanding of scientific processes and biological concepts while fostering the development of cognitive skills. A hypermedia application was designed and applied in a practical class about Cell Cycle and Biotechnology that enables students to explore the contents in an interactive nonlinear way allowing the construction of their knowledge.

The implementation of the application showed that this approach fulfilled teachers and students needs facilitating the understanding of the topic applying cognitive skills not only developed by traditional teaching, but also the ones emerging from new digital processes.

Key words: Science Education, ICT, Hypermedia, Cell Cycle

ÍNDICE

Índice

ABREVIATURAS.....	13
INTRODUCCIÓN.....	15
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
OBJETIVOS.....	21
MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES.....	23
1. Concepción de Conocimiento Científico y su Influencia en la Educación	24
1.1 - Fundamentos epistemológicos y psicopedagógicos de la innovación	27
2. Pensamiento Científico en la Enseñanza de las Ciencias.....	27
3. Tecnologías de la Información y la Comunicación	30
3.1 - Aplicaciones Hipermedia	31
4. Dificultades en la enseñanza y el aprendizaje de la Biología Celular.....	33
CONTEXTO.....	37
Contexto	38
Estudio Exploratorio	39
CARACTERÍSTICAS METODOLÓGICAS	41
DESARROLLO... ..	45
1. Diseño de la aplicación hipermedia	46
1.1 - Selección del tema.....	46
1.2 - Diseño didáctico - pedagógico	46
1.3 - Diseño Técnico	47
2. Instrumentos de evaluación para valorar la innovación.	50
3. Aplicación del sistema hipermedia con estudiantes y docentes de distintos niveles del sistema educativo y análisis de los resultados de su evaluación.....	55

3.1 - Aplicación y evaluación del sistema hipermedia por Docentes de la Cátedra de Biología Celular (FCA).....	55
3.2 - Aplicación y evaluación del sistema hipermedia por Alumnos de Biología Celular (FCA).....	65
3.3 - Aplicación y evaluación del sistema hipermedia por Alumnos del Profesorado en Ciencias Biológicas.....	74
3.4 - Aplicación y evaluación del sistema hipermedia por Docentes de Nivel Medio	76
3.5 - Aplicación y evaluación del sistema hipermedia por Alumnos de Nivel Medio.....	78
3.6 - Discusión general de los resultados.....	81
CONCLUSIÓN.....	83
REFERENCIAS.....	86
ANEXOS.....	97
Anexo 1: Test Inicial (Estudio Exploratorio)	98
Anexo 2: Test Final (Estudio Exploratorio)	100
Anexo 3: Cuestionario de evaluación de la aplicación hipermedia para docentes de Biología Celular	102
Anexo 4: Cuestionario de evaluación de la aplicación hipermedia para alumnos de Biología Celular	104
Anexo 5: Cuestionario de evaluación de la aplicación hipermedia para alumnos del Profesorado de Ciencias Biológicas	105
Anexo 6: Encuesta previa a docentes de nivel medio	107
Anexo 7: Cuestionario de evaluación de la aplicación hipermedia para docentes de Nivel Medio	108
Anexo 8: Cuestionario de evaluación de la aplicación hipermedia para alumnos de Nivel Medio	110
Anexo 9: Instructivo para ejecutar la aplicación hipermedia	111

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Índice de Tablas y Figuras

Tabla 1. Cantidad de participantes que utilizaron la AH y respuestas al CEA	53
Tabla 2. Tabla que resume las dimensiones de los procesos cognitivos que pueden desarrollarse a través de las actividades de la aplicación hipermedia.....	59
Figura 1. Mapa de navegación de la aplicación hipermedia.....	48
Figura 2. Imagen de una pantalla modelo de la aplicación hipermedia.....	48
Figura 3. Modelo de cuestionario de evaluación de la aplicación hipermedia para docentes.....	51
Figura 4. Gráfico de respuestas del cuestionario de evaluación de la aplicación hipermedia para docentes de la Cátedra de Biología Celular sobre el diseño de la aplicación.....	56
Figura 5. Gráfico de respuestas cuestionario de evaluación de la aplicación hipermedia para docentes de la Cátedra de Biología Celular sobre los procesos cognitivos que pueden desarrollar los alumnos con la aplicación.....	57
Figura 6. Actividad N°1 de la aplicación hipermedia Ciclo Celular y Biotecnología.	58
Figura 7. Actividad N° 4: Mitosis de la aplicación hipermedia.....	60
Figura 8. Actividad N° 5: Meiosis de la aplicación hipermedia.....	61
Figura 9. Actividad N°6: Integración de la aplicación hipermedia.....	62
Figura 10. Actividad N°7: Biotecnología de la aplicación hipermedia.....	62
Figura 11. Gráfico de respuestas del cuestionario de evaluación de la aplicación hipermedia para alumnos de Biología Celular sobre las características de diseño de la aplicación.....	67
Figura 12. Porcentaje de alumnos que envió una determinada cantidad de las 7 actividades propuestas en la AH.....	68
Figura 13. Porcentaje de respuestas completas a las consignas planteadas en cada una de las 7 actividades de la AH	68

Figura 14. Cantidad de alumnos cuyas respuestas de cada actividad fueron clasificadas por las categorías regular, bueno y muy bueno en base al nivel conceptual alcanzado según el criterio de sus docentes.....	69
Figura 15. Comparación del porcentaje de respuestas completas obtenidas para las actividades 2 y 3 entre los alumnos que utilizaron la AH y los que realizaron el TP.....	69
Figura 16. Comparación del porcentaje de respuestas de las actividades 2 y 3 para cada categoría de nivel conceptual entre alumnos que las realizaron a través de la AH y los que las realizaron en el libro de manera tradicional.....	70
Figura 17. Representación de la aplicación hipermedia con todos sus nodos y enlaces.....	71
Figura 18. Representación de una página modelo de la aplicación con todos sus nodos incluyendo los que se repiten en todas las páginas.....	72
Figura 19. Representación de la página modelo "ciclo celular" con los nodos que son generalmente ejecutados.....	73
Figura 20. Gráfico de respuestas del cuestionario de evaluación de la aplicación hipermedia para alumnos de Profesorado en Ciencias Biológicas sobre las características de diseño de la aplicación.....	75
Figura 21. Gráfico de respuestas cuestionario de evaluación de la aplicación hipermedia para alumnos de Profesorado en Ciencias Biológicas sobre los procesos cognitivos que pueden desarrollar los alumnos con la aplicación.....	76
Figura 22. Gráfico de respuestas del cuestionario de evaluación de la aplicación hipermedia para Docentes de Nivel Medio sobre las características de diseño de la aplicación.....	77
Figura 23. Gráfico de respuestas cuestionario de evaluación de la aplicación hipermedia para Docentes de Nivel Medio sobre los procesos cognitivos que pueden desarrollar los alumnos con la aplicación.....	78
Figura 24. Gráfico de respuestas del cuestionario de evaluación de la aplicación hipermedia para alumnos de Nivel Medio sobre las características de diseño de la aplicación.....	80

ABREVIATURAS

Abreviaturas

AH	Aplicación Hipermedia
CEA	Cuestionario de Evaluación de la Aplicación
CPC	Competencias de Pensamiento Científico
FCA	Facultad de Ciencias Agropecuarias
FCEFN	Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
TIC	Tecnologías de la Información y la Comunicación
TP	Trabajo Práctico
UNC	Universidad Nacional de Córdoba

INTRODUCCIÓN

Introducción

Para adaptarse a las necesidades de la sociedad actual los sistemas educativos en todo el mundo están atravesando una ola de cambios y uno de sus desafíos es poder desarrollar vías de integración de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la enseñanza (Herrera y Didrikson, 1999).

Las instituciones universitarias están apostando a estas tecnologías atentas a los cambios en el mundo productivo, la evolución tecnológica, la sociedad de la información y la demanda de sistemas de enseñanza-aprendizaje más flexibles y accesibles (Salinas, 2002). En el medio educativo universitario es fundamental crear, desde los inicios de la carrera, instancias para que los estudiantes puedan desarrollar competencias de pensamiento científico (CPC) y a partir de sus logros puedan convertirse en participantes exitosos en la sociedad del conocimiento y logren la comprensión del mundo (Quintanilla, 2006).

En el área de las Ciencias es clara la necesidad de dar fundamentos científicos, de fomentar la creatividad y la actitud por el cambio y la innovación, apuntando a una formación integral que pueda atender a su naturaleza compleja e interdisciplinaria (López Rupérez, 1997; Cañas y Badilla Saxe, 2005).

Es además, un compromiso para la educación superior promover la actualización permanente, el desarrollo de capacidades para desempeñarse con coherencia, autonomía y responsabilidad en ambientes científicos y profesionales. Conjuntamente a las exigencias de los conocimientos del dominio disciplinar específico, estos aspectos requieren de una educación que tenga en cuenta el desarrollo de habilidades cognitivas, metacognitivas y sociales aspirando a formar profesionales activos, críticos y responsables (Herrera y Didrikson, 1999; Marchisio et al., 2004).

En este sentido, se destaca la importancia de fomentar en los alumnos el desarrollo de CPC que les permitan situarse en la sociedad de la información y de la tecnología, que los capacite para entender y comprender la ciencia y formar su propio criterio ante diversas cuestiones científicas. Estas CPC se pondrán de manifiesto también, cuando el ciudadano, integrado en todos los órdenes sociales, ejerza sus derechos y responsabilidades y deba tomar decisiones. De esta manera las CPC constituyen una base para seguir aprendiendo a lo largo de la vida (Acevedo et al., 2005; Zabala y Arnau, 2007).

Una competencia se pone en juego cuando la realidad compleja exige utilizar conocimientos, capacidades y habilidades que se requieren para la comprensión y transformación de esa realidad. Su desarrollo demanda no sólo la capacidad de gestión global de las mismas sino también, la conjunción de actitudes y valores personales (Mateo y Martínez, 2006). Las CPC se comprenden desde una perspectiva dinámica que tiene como motor principal, la formulación de interrogantes (Chamizo e Izquierdo, 2007).

Las asignaturas científicas, proveen un entorno adecuado para el desarrollo de CPC. Enseñar a pensar contribuye a la construcción significativa de conocimiento científico. En vez de enfocarse en el aprendizaje repetitivo y en la memorización de

hechos, los estudiantes que resuelven problemas, discuten cuestiones científicas y llevan adelante indagaciones, se involucran en un pensamiento activo sobre diversos temas que les ayuda a establecer conexiones entre conceptos y a construir representaciones mentales (Zohar, 2006).

La biología celular es una de las áreas más dinámicas de las ciencias de la vida y es uno de los ejes principales de la enseñanza de las ciencias naturales. Numerosos estudios dan cuenta de las dificultades que tienen la enseñanza y el aprendizaje en esta área (Caballer y Giménez, 1992; Banet y Ayuso, 1995; Bugallo Rodríguez, 1995; Díaz y Jiménez, 1996; Rodríguez Palermo, 2000; Diez y Caballero, 2004; Mengascini, 2006; Newman y col., 2012; Coley y Tanner, 2015; Southard, Wince, Meddleton & Bolger, 2016).

La célula es un concepto fundamental de la biología y, dado que se trata de una idea compleja cuyo aprendizaje no deriva de la simple observación, resulta difícil de comprender. Por su naturaleza científica, la biología celular, requiere de estrategias didácticas que estimulen a los estudiantes a aprender, considerando sus ideas previas y favoreciendo la construcción del conocimiento desde perspectivas coherentes con la generación del conocimiento científico (Newman y col., 2012; Southard et al., 2016).

Entre diversas estrategias didácticas, las TIC presentan un importante potencial en el mejoramiento de los procesos de enseñanza y de aprendizaje de las ciencias. Estas herramientas permiten la interactividad y contribuyen a la formación de los estudiantes en procedimientos y actividades intelectuales relacionados con los procesos científicos. Los entornos virtuales de aprendizaje ofrecen nuevos medios libres de las restricciones del tiempo y el espacio en la enseñanza presencial y posibilitan además una continua comunicación entre alumnos y docentes (López García y Morcillo Ortega, 2007).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Planteamiento del Problema

Los alumnos de carreras relacionadas con las ciencias naturales requieren una formación orientada hacia la educación científica. Para ello es fundamental elaborar los contenidos y desarrollar las habilidades necesarias, especialmente CPC, que les permitan entender cómo el conocimiento que se les ha dado ha sido construido y modificado. Sin embargo, en un intento por cubrir todos los contenidos de asignaturas tan complejas, como la Biología Celular, es común que en las aulas predominen las clases expositivas (García Irles, Segovia Huertas y Sempere Ortells, 2013) y en los laboratorios el simple seguimiento de protocolos como "recetas de cocina" (Flores, Caballero y Moreira, 2009).

En la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba (FCA - UNC), la asignatura Biología Celular abarca los conocimientos biológicos básicos y desde una perspectiva científica permite acercar a los estudiantes a la comprensión de los procesos biológicos, la organización de la materia viva y su relación con el entorno, otorgándole significación en el contexto de las Ciencias Agropecuarias (Plan de Estudios de Ingeniería Agronómica, 2004).

Al igual que numerosas instituciones universitarias, la FCA está trabajando en la incorporación de las TIC en la formación de sus alumnos pero, para progresar en esta dirección, es necesario que desde todos los espacios curriculares comiencen a implementarse.

El cursado del espacio curricular Biología Celular tiene una duración de dos meses de clases, lo cual implica un tiempo de cursado muy corto para un área tan amplia, por lo que al abordar la totalidad de los contenidos resulta muy difícil contar con tiempo para realizar suficientes actividades que permitan el desarrollo de competencias de pensamiento científico. Por otra parte los alumnos presentan grandes dificultades en la conceptualización de la Célula en general y particularmente del tema Ciclo Celular por su gran complejidad.

A todo esto se suma el hecho de que Biología Celular es una asignatura del primer cuatrimestre de la carrera, por lo que los alumnos todavía no se han adaptado a las características del sistema universitario. Tal vez, esa sea una razón, entre otras, por la que la participación de los alumnos en las clases presenciales es muy escasa y a pesar de que los docentes buscan y prueban diferentes estrategias, es difícil lograr motivarlos.

Las TIC pueden actuar como herramientas para facilitar la comprensión de procesos científicos y conceptos biológicos propiciando el desarrollo de CPC ya que admiten representaciones de información múltiples y dinámicas, son a la vez fuente de actividades y recursos que permiten a los alumnos discutir y explorar ideas, realizar actividades de investigación y ofrecen redes a través de las cuales los alumnos pueden involucrarse en la creación del conocimiento con otros que no están físicamente presentes (Wegerif, 2002).

El aprendizaje mediado por TIC puede concebirse como un desafío, una fuente de libertad y de estímulo que al vincular al estudiante con la aplicación práctica, lo conecta con la realidad, le facilita la comunicación, la interacción, favorece la generación de CPC que le permiten comenzar a desarrollar hábitos y estrategias que lo ayudarán en la elaboración del conocimiento y al logro de un aprendizaje significativo

(Salinas, 2004). A través del uso de TIC, los estudiantes motivados y guiados de manera adecuada son capaces de construir sus conocimientos, competencias y habilidades mediante autoaprendizaje supervisado, coordinado por profesores facilitadores (Careaga y Contreras, 2004). La enseñanza virtual aporta numerosas ventajas tales como: la posibilidad de utilizar materiales hipermedia, la fácil actualización de los contenidos, la interactividad, acceso al curso desde cualquier lugar y en cualquier momento, entre otras (Gallego Rodríguez y Martínez Caro, 2004).

Los sistemas hipermedia presentan información conjugando varios medios de comunicación, tales como textos, imágenes, animaciones, videos y audio, y constituyen un gran potencial para la enseñanza de la Biología, en la medida en que posibilitan la simulación de fenómenos que pueden llevar al estudiante a reflexionar sobre los mismos, considerando además las ideas previas del alumno (Rezende y De Souza Barros, 2003) y las características intrínsecas del sujeto como: su autonomía, su individualidad y su capacidad de procesar la información (Morin, 1999b).

Por ello se pensó que el uso de este tipo de herramienta didáctica podría ayudar a resolver las dificultades que implica la enseñanza de los temas Ciclo Celular y Biotecnología en el contexto de esta asignatura entre las que se pueden mencionar cantidad y complejidad de contenidos, corto tiempo de dictado, dificultad de comprensión.

OBJETIVOS

Objetivos Generales

- Elaborar un sistema hipermedia para la realización del trabajo práctico Ciclo Celular y Biotecnología que facilite la apropiación de habilidades cognitivas a través del desarrollo de sus contenidos.
- Evaluar el sistema hipermedia mediante su aplicación y análisis por los docentes y alumnos.

Objetivos específicos

1. Diseñar un sistema hipermedia innovador para el desarrollo del trabajo práctico Ciclo Celular y Biotecnología en la asignatura Biología Celular de la FCA, UNC.
2. Elaborar instrumentos de evaluación para valorar la innovación.
3. Aplicar la innovación con estudiantes y docentes de distintos niveles del sistema educativo.
4. Analizar los resultados de la aplicación y evaluación de la innovación.

MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES

Marco Teórico y Antecedentes

1. Concepción de Conocimiento Científico y su Influencia en la Educación

La Universidad, institución que genera conocimiento, cumple un papel fundamental en nuestra sociedad como formadora de profesionales y científicos por lo que la complejidad de la enseñanza en este ámbito amerita la reflexión y el análisis atentos a las demandas sociales del contexto actual. Esto es particularmente relevante en la enseñanza de las Ciencias Experimentales (Herrera y Didriksson, 1999).

La concepción de cómo se genera el conocimiento científico ha ido cambiando en el tiempo y en relación a ello se ha ido modificando la concepción de cómo se enseña y se aprende el conocimiento científico (Campanario y Moya, 1999). El pensamiento científico, es la base de la generación de conocimiento científico, es el proceso cognitivo mediante el cual se obtienen evidencias que son luego analizadas y relacionadas con conceptos y teorías previamente desarrollados. Los puntos de vista de la naturaleza de la Ciencia se fueron modificando a lo largo de la historia (Vázquez, Acevedo, Manassero y Acevedo, 2001). A partir un abordaje empírico, Bacon afirmaba que el conocimiento se va generando a partir de la capacidad del hombre de utilizar los sentidos para realizar observaciones objetivas e inducciones. Descartes consideraba que los cimientos del conocimiento se forjan a través de razonamientos lógicos, combinando juicios o proposiciones; no se trataba sólo de conocer sino de ser capaz de fundamentar y garantizar el saber para lograr una representación verdadera del mundo. Galileo, a su vez, propuso que en los experimentos se crean situaciones artificiales en la que se observan regularidades que conforman leyes científicas (Chalmers, 1976; Sanmartí, 1995).

Más adelante a comienzos del siglo XX filósofos del *Círculo de Viena* promovieron la corriente neopositivista basada en la lógica deductiva para probar una hipótesis con objetividad y que consideraba que el conocimiento proveniente de la ciencia era verdadero e indiscutible (Vázquez et al., 2001). Karl Popper, propuso que la búsqueda de falsaciones a las teorías a través de la experimentación y el razonamiento hipotético-deductivo era la única manera de realizar verdaderamente ciencia, y cuando una teoría era refutada dejaba de ser útil (Popper, 1965; Thorton, 2005).

A partir de la publicación de Kuhn (1962) “La estructura de las revoluciones científicas”, surgen nuevas ideas y críticas al racionalismo crítico. Este autor, afirma que la ciencia no se desarrolla mediante la acumulación de descubrimientos e inventos individuales, sino gracias a una acción colectiva llevada a cabo por las comunidades científicas en base a creencias, métodos, conceptos y valores compartidos a cuyo conjunto denominó paradigmas. La investigación dentro de un paradigma constituye la denominada “ciencia normal”. Ésta desarrollará el paradigma con el propósito de compaginarlo mejor con la naturaleza. Los científicos se encontrarán con dificultades que podrán poner en tela de juicio los propios fundamentos del paradigma, desarrollando un estado de crisis. La crisis se resuelve con un paradigma nuevo y a este cambio de paradigma se lo denomina “revolución científica”.

Posteriormente, Lakatos (1971) basó su teoría en los programas de investigación científica, que constituyen una estructura que sirve de guía para la futura investigación y

constan de un centro firme de teorías y un conjunto de reglas metodológicas. Feyerabend (1985) consideró que ninguna metodología es absoluta y que cada una de ellas tiene sus límites. El principal aporte de su pensamiento ha sido desmitificar la ciencia y la metodología señalando aspectos reales de la propia dinámica de la ciencia que superan cualquier concepción normativa.

Actualmente, la mayoría de los filósofos acuerdan que los datos por sí solos no explican nada, los datos no son puros y la observación está condicionada por el conocimiento del observador. Además, muchas de las observaciones que se realizan se hacen en forma indirecta, a través de la utilización de instrumentos, indicadores, etc., que podrían distorsionar el fenómeno. Cabe destacar que si bien el surgimiento del método experimental fue importante para el crecimiento de la ciencia moderna, los científicos utilizan diversas metodologías descartando la existencia de un único método científico universal.

En la actualidad se presentan nuevos modelos de ciencia que surgen de aportes de la historia de la ciencia, la sociología de la ciencia y la psicología cognitiva. Se considera a “la ciencia como un conjunto organizado y validado de conocimientos que explican cómo es el mundo en que vivimos, que la ciencia es un tipo de actividad humana y, por ello, compleja y difícil de describir” (Izquierdo, 2000).

Dentro de esta nueva visión de las ciencias se puede considerar que el modelo cognitivo de ciencia propuesto por Giere (1992) y el concepto de ciencia como actividad como propone Echeverría (1995) son especialmente apropiados como guía para la enseñanza de las ciencias. El modelo cognitivo, sostiene que la ciencia es el resultado de una actividad cognitiva, como lo son también los aprendizajes y que para hacer ciencia, es necesario actuar con una meta, utilizando la capacidad humana de representarse mentalmente lo que se está haciendo y de emitir juicios sobre los resultados de la actuación. A esto se suman los análisis en torno a la problemática de los valores en la ciencia, considerándolos no sólo como una cuestión subjetiva, sino también objetiva, explicando su relación con los objetivos, la teoría, los procesos de producción y la aplicación de la ciencia (Rescher, 1999; Echeverría, 1995).

Uno de los pensadores más emblemáticos e importantes del siglo XX y XXI es Edgar Morin, referente del pensamiento complejo quién desde la publicación de *El Método* (Morin, 1977) plantea un paradigma integrador. Su propuesta desafía las formas tradicionales del pensamiento científico que divide el campo de los conocimientos en disciplinas aisladas y en taxonomías rígidas y sistemáticas. En su lugar, el pensamiento complejo propone una reintegración de los objetos de conocimiento, reubicándolos en sus contextos y en la globalidad a la que pertenecen (Morin, 1999b). A través del pensamiento complejo se razonan las complicaciones, las incertidumbres y las contradicciones. Pensar desde y para la complejidad va más allá de observar lo aparente, es pensar tanto los elementos constitutivos como el todo (Morin, 1990).

Con respecto a la educación Morin (1999a) destaca:

"La organización de los conocimientos (...) implica operaciones de unión (conjunción, inclusión, implicación) y de separación (diferenciación, oposición, selección, exclusión). El proceso es circular: pasa de la separación a la unión, de la unión a la separación y, más allá, del análisis a la síntesis, de la síntesis al análisis." (p. 26)

Estos procesos de pensamiento permiten a los alumnos el logro de aprendizajes pertinentes, significativos y eficaces ya que pueden comprender el conocimiento abordándolo desde los puntos de vista de la unión y la separación, de la síntesis y el análisis (Paiva Cabrera, 2004).

Las ciencias son el resultado de una actividad humana muy compleja basada en una pluralidad de sistemas de valores cuyos cambios van acompañados por cambios epistemológicos (Izquierdo, 2000). A su vez, las concepciones epistemológicas sobre la ciencia se relacionan con las ideas sobre la enseñanza y el aprendizaje del conocimiento científico (Campanario y Moya, 1999).

La evidencia del pensamiento científico en la educación no está limitada a las metas y estándares educativos, lo cual está ilustrado en numerosas teorías del aprendizaje. Inhelder y Piaget (1958) caracterizaron una serie de estadios evolutivos en el desarrollo intelectual. Los últimos dos estadios, de operaciones intelectuales concretas y operaciones intelectuales abstractas, son relevantes para el pensamiento científico ya que corresponden al desarrollo de las habilidades de razonamiento.

Por otra parte, el constructivismo y el aprendizaje a través de la investigación están basados en la premisa de que el conocimiento es activamente, construido a partir de observaciones e interacciones con el mundo. Este conocimiento es analizado y entendido respecto de la información previa, que a la vez es modificada por el nuevo conocimiento (von Glasersfeld, 1993). De esta manera es como se genera también el conocimiento a través de la investigación científica.

Desde el enfoque constructivista, el aprendizaje se define como un proceso constructivo en vez de reproductivo, en contraste a lo propuesto por la enseñanza tradicional. Piaget (1947) relaciona este tipo de aprendizaje con la construcción de diferentes operaciones que se van integrando en la estructura cognitiva del individuo y dan lugar a los diferentes estadios evolutivos mediante los procesos de asimilación, acomodación y equilibración que ayudan a comprender cómo se construye el conocimiento en la interacción con los objetos de conocimiento. Vygotsky (1931), por su parte, aporta una perspectiva desde la que el conocimiento y el aprendizaje son productos de la interacción social y de la cultura. Los estudiantes pueden resolver una tarea en la interacción con sus compañeros y docentes pero aprenderán en la medida en que lo hayan interiorizado, cuando sean capaces de resolver el problema de forma autónoma (Wertsch, 1988; Baquero, 1997).

A partir del constructivismo se plantea dejar de lado la repetición automática, evitando aprendizajes superficiales y transitorios en pos de un aprendizaje con sentido y significativo para los alumnos (De Longhi, 2002). Ausubel diferencia el aprendizaje memorístico, en el que se puede repetir verbalmente algo sin necesidad de establecer relaciones con otros conocimientos, del aprendizaje significativo en el que se incluyen como condiciones necesarias: la actitud del sujeto hacia aprender significativamente, disponibilidad en la estructura cognoscitiva de conocimientos previos que puedan relacionarse con el nuevo material y que el material de aprendizaje sea relevante (Ausubel, Novak y Hannesian, 1983).

Como lo señala Gil Pérez (1996) las nuevas tendencias constructivistas en la enseñanza de las ciencias indican que un buen escenario, que facilite el aprendizaje, requiere plantear situaciones problemáticas de interés cuya solución justificará la

necesidad epistemológica, económica o social de introducir más adelante y a título de hipótesis el nuevo concepto científico. Es por ello importante guiar a los estudiantes para que logren comprender cuál es el problema estructurante que se plantea en el estudio de la biología y saber expresar significativamente, al menos, algunos ejemplos del interés que puede tener el estudio del tema en la solución de problemas personales o sociales (relaciones Ciencia Tecnología Sociedad) (Hernando, Furió, Hernández y Calatayud, 2003). Si esta introducción de conceptos se hace de manera arbitraria, se está favoreciendo un aprendizaje memorístico, ya que el concepto no tendrá significación lógica e interés para el estudiante (Ausubel et al. 1983).

1.1 - Fundamentos epistemológicos y psicopedagógicos de la innovación.

En las últimas décadas se vienen realizando numerosos esfuerzos intentando superar el modelo pedagógico transmisionista por uno constructivista para mejorar la enseñanza de las ciencias, sin embargo el transmisionismo aun sigue estando presente en las aulas (Roa Acosta, 2006). Esto lleva a que tanto docentes como alumnos tengan todavía imágenes distorsionadas de la ciencia, su naturaleza y conocimiento lo cual se ve reflejado en la imagen reduccionista y la fragmentación del conocimiento transmitida por profesores, textos escolares y medios de comunicación. Sería importante que esta visión reduccionista y simplista fuera transformada hacia una abierta y compleja. Existen múltiples modos de enseñar y aprender capacidades, habilidades y destrezas por lo que al momento de pensar cómo enseñar se deben tener en cuenta aspectos que permitan el desarrollo del pensamiento, observación y análisis de la realidad desde el paradigma de la complejidad que puedan facilitar la formación de concepciones más cercanas a la manera de cómo se ha desarrollado el conocimiento y trabajo científico y a tomar posturas críticas y creativas ante la realidad (Morin, 1990; 1999a; 1999b).

Para aprender, los individuos, necesitan relacionar el nuevo conocimiento a conceptos y proposiciones relevantes que conocen de antemano. La adquisición y la retención del conocimiento son el producto de un proceso activo, integrativo e interrelacional entre el contenido por aprender y las ideas relevantes que ya posee el aprendiz en sus estructuras cognitivas. Esta teoría, concordante con el abordaje constructivista, propone que el sujeto construye nuevos significados y los acomoda a sus estructuras mentales, considerando también la influencia negativa que pueden tener las concepciones erróneas. Un concepto tiene más probabilidades de ser construido y retenido si se observa o se discute o se analiza e interrelaciona en la mayoría de contextos posibles en los que resulte relevante. Desde esta perspectiva, los estudiantes buscan relacionar nuevos conceptos con sus ideas previas y cobran sentido sus experiencias en la construcción del conocimiento. Por ello no se puede aislar el saber científico de la vida, de sus aplicaciones, de sus implicaciones, de su significado en relación a otras materias (Ausubel et al. 1983; Ausubel, 2000).

2. Pensamiento Científico en la Enseñanza de las Ciencias

El pensamiento es considerado un proceso cognitivo intelectual (Wilson, 2000). Sin embargo, no se ha llegado a un acuerdo sobre qué debería incluirse dentro de las categorías de competencias de pensamiento (Higgins, Baumfield, Lin, Moseley,

Butterworth, Downey, Gregson, Oberski, Rockett y Thacker, 2004).

El concepto de competencias ha ingresado en todos niveles del quehacer pedagógico. Si bien hay una gran diversidad de terminologías que giran en torno a la idea de competencias (habilidades, capacidades, destrezas, logros), se puede convenir que las competencias son la síntesis de conocimientos, habilidades y actitudes que permiten actuar de manera eficaz ante una situación (Sarramona, 2007). El concepto de *competencias* a la vez que se ha extendido en la enseñanza, ha generado intercambios de opiniones favorables o detractoras según criterios orientados a diferentes paradigmas pedagógicos (Zabala y Arnau, 2007).

El pensamiento humano implica un proceso de adquisición de conocimiento, que se modifica y que se aplica mediante razonamiento a la solución de problemas o en la toma de decisiones, y que nos permite desarrollar competencias con mayor eficacia. Para desarrollar ideas mediante el pensamiento científico es necesario utilizar medios particulares como observar, pensar, experimentar y probar (Garduño, Morales Cerón y Méndez Cadena, 2006).

En el ámbito de la educación, la competencia consiste en intervenciones eficaces que, a lo largo de la vida, ponen en juego de manera articulada componentes actitudinales, procedimentales y conceptuales en diversos ámbitos incluyendo no sólo el educativo sino también social, personal y profesional (Zabala y Arnau, 2007).

Las competencias permiten a los individuos obtener éxito en tareas o actividades con un cierto grado de dominio conceptual, de habilidades, actitudes, valores; y de recursos, así como control sobre la situación y sobre sí mismo. Posibilitan que el individuo desarrolle las acciones de captar, pensar, explorar, atender, percibir, formular, manipular e introducir cambios que le posibiliten la interacción con el medio donde está inserto. La promoción de CPC en la educación está orientada al dominio de habilidades que faciliten a los estudiantes por ejemplo: leer, escribir, pensar, explorar, captar, formular, percibir, argumentar y explicar el conocimiento científico de una manera ágil y comprensiva (Quintanilla, 2006).

La propuesta realizada por McGuinness (1999) resume las taxonomías de las competencias de pensamiento más mencionadas en la literatura y que incluyen: tomar información, clasificarla, analizarla, sacar conclusiones en base a esa información, esbozar nuevas ideas, resolver problemas, determinar causa y efecto, evaluar opciones, planificar y establecer metas, monitorear progreso, tomar decisiones y reflejar el propio progreso. Al respecto, Zohar (2006) sostiene que la memorización y la recuperación de información son clasificadas como pensamiento de orden inferior; mientras que actividades cognitivas como analizar, sintetizar y evaluar son entendidas como de orden superior, así como argumentar, hacer comparaciones, resolver problemas complejos, trabajar con controversias e identificar suposiciones subyacentes. Además, la mayor parte de las habilidades de indagación científica clásicas, tales como formular preguntas de investigación, proponer hipótesis, planear experimentos o sacar conclusiones, también se clasifican como pensamiento de orden superior.

Para elaborar estructuras y objetivos de procesos de enseñanza y aprendizaje así como para analizar su puesta en práctica, el desarrollo de taxonomías ha sido una herramienta metodológica muy utilizada (Couch et al., 2015). Las taxonomías usan criterios explícitos para identificar sistemáticamente, clasificar y definir elementos

dentro de una estructura más amplia. Por ello son de utilidad para el diseño de currículos, evaluación de programas y construcción de instrumentos (Chatterji, 2003).

Couch et al. (2015) formularon una taxonomía de "enseñanza científica" (ST) para mejorar la enseñanza de las ciencias en la universidad en la que tuvieron en cuenta los lineamientos del curso, las prácticas científicas, la participación de los alumnos y los procesos cognitivos cultivados.

La taxonomía de Bloom (Bloom, Englehart, Furst, Hill y Krathwohl, 1956) es una herramienta bien definida y ampliamente difundida para categorizar los tipos de pensamiento en seis niveles: conocimiento, comprensión, aplicación, análisis, síntesis y evaluación. Una versión revisada de esta taxonomía (Anderson, Krathwohl y Bloom, 2001) la recategoriza y convierte los nombres de las diferentes categorías en verbos: recordar, comprender, aplicar, analizar, crear y evaluar.

Estas taxonomías, centradas en el dominio cognitivo, atienden a muchas de las prácticas tradicionales del aula pero no las relacionadas con las TIC ni a los procesos y acciones asociados a ellas. Ante esto se realizó una actualización de la Taxonomía Revisada de Bloom (Churches, 2009) que tiene en cuenta además, los nuevos comportamientos, acciones y oportunidades de aprendizaje que aparecen a medida que las TIC avanzan y toman mayor protagonismo en la educación.

A pesar de la amplia aplicación de estas taxonomías, cada disciplina debe definir la clasificación original dentro del contexto de su área. En biología se ha utilizado para diseñar rúbricas para evaluar el desempeño de alumnos en exámenes, desarrollar preguntas de evaluación, diseñar informes de cursos y como herramienta de evaluación para guiar a los docentes en el desarrollo de actividades que ayuden a los alumnos a mejorar su aprendizaje (Crowe, Dirks y Wenderoth, 2008).

En general, la meta principal de los currículos de biología en la educación superior es la adquisición de contenidos conceptuales, sin embargo la apropiación de CPC y de conceptos son mutuamente dependientes (Means y Voss, 1996). Para poder realizar un buen razonamiento es necesario profundizar el conocimiento de los conceptos a partir de los cuales identificar información apropiada, obtener evidencias y explicaciones alternativas. A su vez, individuos con habilidades de razonamiento comprenden mejor los conceptos. De esta manera, la combinación de la enseñanza de competencias con la enseñanza del contenido disciplinar concreto mejora dos aspectos del aprendizaje: el pensamiento y la comprensión conceptual. Por otra parte el uso de la metacognición puede mejorar el aprendizaje de la indagación y de las CPC (Zohar, 2006). Aprovechar las estrategias de la metacognición es especialmente relevante en el aprendizaje de las ciencias (Campanario y Moya, 1999) de manera de hacer conscientes a los estudiantes, de los propios procedimientos cognitivos y de controlar y regular los propios procesos de pensamiento.

Indudablemente es un reto, en el ámbito universitario, cultivar en los estudiantes la conciencia crítica y su espíritu científico desde el marco curricular y de las disciplinas. Esto merece una reflexión sobre el papel docente de acompañar a los estudiantes para que desarrollen competencias que les permitan examinar, identificar, comprender e interpretar, explicar y argumentar con adecuación y pertinencia, la significación y las diversas connotaciones que tiene el conocimiento en cada disciplina y en cada experiencia de su formación profesional. Asumir esta responsabilidad no

resulta fácil para el profesorado. Sin embargo, podría lograrse sin dificultades si se reconoce la importancia del desarrollo de estas competencias y se las aborda transversalmente y continuamente propiciando un contexto de aprendizaje disciplinar en un ambiente de reflexión y cuestionamiento en torno a problemas vinculados a la formación profesional y de aquellos propios de la sociedad (Serrano de Moreno, 2008).

"Las competencias de pensamiento científico representan una combinación dinámica de atributos en relación con conocimientos, habilidades, actitudes, valores y responsabilidades que describen los resultados de aprendizajes dentro de un programa educativo mucho más amplio y enriquecedor, en el que los estudiantes son capaces de demostrar de manera no reproductiva, que comprenden la ciencia" (Quintanilla, Joglar, Jara, Camacho, Ravanal, Labarrere, Cuellar, Izquierdo y Chamizo, 2010, p186).

De acuerdo con lo planteado, el aprendizaje logrado por los estudiantes no puede ser evaluado sólo a través del mejor aprendizaje de los contenidos conceptuales. Lejos de ser un aprendizaje mecánico, el aprendizaje de competencias implica un alto grado de significatividad y funcionalidad que da respuestas a situaciones, conflictos y problemas cercanos a la vida real (Zabala y Arnau, 2007).

La mejor oportunidad para que los alumnos practiquen y desarrollen sus CPC, es mediante las actividades experimentales. Sin embargo, la mayoría de los ejercicios de laboratorio están planteados como "recetas de cocina", diseñados para la afirmación de conceptos más que para la construcción de los mismos (Flores et al., 2009). Además el uso de actividades orientadas a la investigación han demostrado desarrollar en los alumnos competencias científicas y la comprensión de conceptos (Leonard, 1989). La adquisición de un concepto científico parece implicar la capacidad de saber usarlo en sus relaciones con otros conceptos, dentro de una estructura conceptual. Por lo tanto, el conocimiento del concepto científico es más procedimental o funcional (Jiménez Aleixandre, 1992) que declarativo, es decir, implica la capacidad de transferirlo a un contexto diferente.

Un aspecto importante en la enseñanza actual radica en la creación de nuevos escenarios para la interacción interdisciplinaria y transdisciplinaria, en función de la construcción del conocimiento y la transformación de las realidades dentro y fuera del contexto educativo a partir de un pensamiento complejo, sistémico y articulado que rompa las fronteras de lo disciplinar para facilitar una visión coherente del mundo (Morin, 1990).

3. Tecnologías de la Información y la Comunicación

Los nuevos modelos pedagógicos para la enseñanza de las ciencias experimentales deben prestar atención también a los objetivos procedimentales, que persiguen el desarrollo de determinadas competencias intelectuales en relación con los procesos científicos. Las TIC, en tanto que permiten la interactividad del estudiante, suponen una contribución importante para el desarrollo de competencias en los estudiantes (López García y Morcillo Ortega, 2007).

Las TIC constituyen instrumentos que permiten a los estudiantes re-presentar de diversas maneras su conocimiento y reflexionar sobre él, apropiándose de manera más significativa (Coll, Mauri y Onrubia, 2008) y se presentan como herramientas para mediar y facilitar procesos cognitivos profundos basados en el contexto sociocultural (Valeiras y Meneses Villagra, 2006). Las TIC ofrecen, además, la oportunidad de cambiar el papel del profesor, que deja de ser fuente de todo conocimiento y pasa a actuar de guía de alumnos para facilitarles el uso de recursos y herramientas que necesitan para explorar y elaborar nuevo conocimiento. Reemplazar los antiguos medios por nuevas tecnologías tiene sentido sólo si se acompaña por un cambio en los sistemas de enseñanza (Salinas, 2004). Por otra parte, un ambiente donde existe una interacción continua y dinámica entre profesores, estudiantes y actividades es óptimo para el aprendizaje, de acuerdo con el constructivismo social planteado por Vygotsky (Coll et al., 2008).

Actualmente, al tratar la problemática de la enseñanza y aprendizaje de contenidos científico-tecnológicos no puede dejarse de lado el uso de las TIC. Sin embargo, se debe superar la idea de que con ellas se enseña lo mismo que antes, pero de una manera más eficiente. Se sabe que las TIC permiten generar sistemas potencialmente útiles para seleccionar información, procesar, interpretar, integrar, simular, modelizar, diseñar, criticar, comunicar, lo que constituye objetivos esenciales en la educación en Ciencias. Sin embargo, esto no significa que estos recursos sean intrínsecamente eficaces y facilitadores de aprendizajes. Para aprovechar el gran potencial de estas tecnologías es necesario realizar un importante cambio de enfoque pedagógico de las actividades de enseñanza, lo cual abarca objetivos generales, contenidos específicos y metodologías (Marchisio et al., 2004).

El éxito del uso de las TIC en el aula depende de manera importante de las actitudes de los docentes. Y aun cuando los docentes sean competentes en las TIC y tengan una actitud positiva hacia ellas, es común que no logren integrarlas a sus actividades pedagógicas en el aula. Al incorporar las TIC simplemente como nuevas herramientas para hacer lo mismo de siempre, los impactos educativos son escasos o nulos. La actitud de los docentes hacia las computadoras y el cambio de sus prácticas educativas desempeñan un papel crítico en el impacto de esta innovación (Minzi et al, 2007; Vaillant, 2007).

Sin dudas el docente juega un papel fundamental para alcanzar el éxito de toda tarea educativa. Por ello, en la nueva educación resulta prioritario generar estrategias integrales para un aprovechamiento didáctico de todo lo positivo que ofrecen las TIC (Área, 2001). El docente a través de la utilización adecuada y pertinente de las tecnologías podrá conducir a sus alumnos por el camino del descubrimiento, posibilitándole el desarrollo de estrategias y experiencias variadas (Manero, Milano, Danieles, Acuña y Perotti, 2010).

3.1 - Aplicaciones Hipermedia.

La co-evolución de las TIC y los métodos de enseñanza y de aprendizaje, presentan oportunidades inigualables para generar un impacto profundo en la educación a través de las aplicaciones o sistemas hipermedia. El aprendizaje basado en sistemas hipermedia es cada vez más frecuente en cursos de educación superior, tanto en formato

en línea, videoconferencia o presencial. Hipermedia se está convirtiendo en una herramienta importante para los docentes universitarios de ciencias experimentales debido a la creciente complejidad conceptual y funcional que presentan los desafíos educativos, que no pueden ser abordados adecuadamente con los métodos tradicionales (Bockholt, West y Bollenbacher, 2003).

Los sistemas hipermedia procesan información conjugando varios medios de comunicación tales como textos, imágenes, animaciones, vídeos, audio, ofreciendo además la posibilidad de interactuar con los usuarios. El término hipermedia toma su nombre de la suma de hipertexto y multimedia. Multimedia es un sistema que utiliza más de un medio de comunicación al mismo tiempo en la presentación de la información, incluyendo texto, imagen, animación, vídeo y sonido. En general, en este sistema, la información se presenta de forma lineal y secuenciada. Hipertexto, por su parte, presenta documentos que puedan bifurcarse o ejecutarse cuando sea solicitado, cuya forma más habitual en documentos es la de hipervínculos o referencias cruzadas automáticas que van a otros documentos. De esta manera la multimedia proporciona una gran riqueza en los tipos de datos, el hipertexto aporta una estructura que permite que los datos puedan presentarse y explorarse siguiendo distintas secuencias, de acuerdo con las necesidades y preferencias del usuario (Tolhurst, 1995).

La estructura de un hipermedia es similar a la de un hipertexto pero más compleja. Está formada por nodos que se conectan mediante enlaces, pero a diferencia de los hipertextos, los nodos contienen elementos de diferentes medios o morfologías. Las anclas ya no sólo son palabras sino pueden, por ejemplo, ser una imagen o una secuencia de audio o de vídeo. La interacción de los diferentes medios y la sincronización entre ellos suele ser uno de los aspectos más complejos en el desarrollo de aplicaciones hipermedia (Díaz Pérez, Catenazzi y Aedo Cuevas, 1996).

Los elementos básicos que constituyen la estructura de los hipermedia son (Tolhurst, 1995; Díaz Pérez et.al, 1996):

Nodos. Un nodo es un segmento de información que entra en relación con otro u otros nodos. Son los elementos que contienen la información o las unidades básicas del hipertexto y pueden estar compuestos de un sólo tipo de datos de información o de la conjunción de varios medios: texto, gráficos, imágenes, secuencias de audio o vídeo. Los nodos se conectan mediante enlaces y su ejecución (normalmente un clic de ratón) permite conmutar entre nodos.

Enlaces. Los enlaces, *links* o vínculos, son los elementos más característicos de un hipertexto ya que a ellos se debe la posibilidad de de conectar la información. Los enlaces interconectan nodos o bloques de información de todo tipo y morfologías (texto, imágenes, audio, vídeo) y cada enlace puede conducir a un documento, parte de él, a un índice. Los enlaces son los que permiten una estructura no secuencial o multisequencial al ofrecer la posibilidad de ir de un nodo a otro. Así, es posible saltar de un nodo A a un nodo C sin pasar por el nodo B, al contrario de lo que ocurre en una estructura secuencial que, inevitablemente, obliga a pasar del nodo A al nodo B y del nodo B al C.

Al activar un enlace se puede dar lugar a una gran variedad de resultados, como son: trasladarse a un nuevo tema; mostrar una referencia, una definición o una

anotación; presentar un esquema o una ilustración; ver un índice o una tabla de datos; activar un sonido o un vídeo.

Un enlace no es más que el vínculo que se establece entre distintos segmentos de información contenidos en los nodos.

Un **ancla** o **anclaje** es el inicio y el destino de cada enlace. De forma más precisa, un anclaje es el punto de activación o punto de destino de un enlace. **Ancla de partida:** es la zona activa sobre la que el lector pulsará con el ratón (puntero o pantalla táctil) para llamar a una nueva página, sección de página o nodo. **Ancla de llegada:** es una zona inactiva que especifica el punto de llegada de un enlace de hipertexto.

Los sistemas hipermedia permiten la presentación de diferentes tipos de códigos y lenguajes: textuales, icónicos sonoros, icónicos visuales, tanto de forma estática como dinámica. Los recursos multimedia, como elementos tecnológicos incorporados al aula, son un factor que influye de manera relevante para mejorar el rendimiento académico de los estudiantes, que hacen la educación más dinámica y más constructivista (Manero et al., 2010).

En los medios de comunicación, el lenguaje visual adquiere cada vez más importancia, por lo que los hipermedia facilitan el aprendizaje por su riqueza visual. Sin embargo, para el diseño de las aplicaciones se debe evitar el exceso de información que aparece en la pantalla ya que podría distraer al usuario. Por otra parte, deben ofrecer una navegación sencilla e intuitiva (Armenteros Gallardo, 2006).

Los hipermedios ofrecen el potencial de organización y representación no lineal del conocimiento para trascender los esquemas en evolución del pensamiento lineal al pensamiento relacional y proveen la flexibilidad que ofrecen las nuevas tecnologías permitiendo representar de mejor manera, la complejidad de la actual era de las relaciones (Cañas y Badilla Saxe, 2005).

Parte del éxito comunicativo de los hipermedia educativos depende de conocer previamente a los destinatarios de la aplicación. Las posibilidades interactivas de estos sistemas permiten adaptar la información a diferentes perfiles de usuarios. Además, dado que esta presentación no es lineal ni secuencial, sino altamente ramificada, permite al sujeto interactuar con el medio avanzando por la información de forma personal y de esa manera construye de forma significativa el conocimiento, el cual responderá a las necesidades que en ese momento se plantea el sujeto (Cabero Almenara y Duarte Hueros, 1999).

4. Dificultades en la enseñanza y el aprendizaje de la Biología Celular

Existen numerosos estudios que señalan problemas en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la Biología Celular (Rodríguez Palmero, 2000).

Uno de los problemas a los que se enfrentan los docentes de Biología Celular de nivel superior es la gran cantidad de conocimiento generado en las últimas décadas en el ámbito de la biología celular y molecular a un ritmo crecimiento muy rápido. Este gran incremento de la información lleva a la reflexión sobre cómo enseñar la biología celular, ya que es prácticamente imposible cubrir todos los contenidos que se espera que los

estudiantes universitarios sean capaces de aprender. Por esta razón muchas veces los docentes se preocupan por transmitir la mayor cantidad posible de información, lo que se ve reflejado en clases predominantemente expositivas y en evaluaciones que consisten en exámenes que promueven la memorización de conceptos y datos (García Irlles et al., 2013).

Conjuntamente con el rápido avance de los conocimientos en esta área, la complejidad de los mecanismos involucrados y el lenguaje específico que se utiliza generan un ambiente abrumador para los estudiantes y una tarea difícil para los profesores (Southard et al., 2015). Algunos estudios refieren dificultades para relacionar la estructura con la función y los procesos biológicos a nivel bioquímico (Caballer y Giménez, 1992), una pobre percepción de la morfología celular y organización tisular (Díaz y Jiménez, 1996), dificultades en la comprensión de la célula como unidad estructural de todos los organismos vivos, así como en la organización celular (Mengascini, 2006). En relación a los contenidos abordados, la genética es uno de los temas centrales dentro de la didáctica de la biología celular, debido a los importantes avances científicos alcanzados, de los cuales toda la sociedad es destinataria. Con respecto a ello, se han encontrado grandes deficiencias en la comprensión de conceptos relacionados a la genética (Banet y Ayuso, 1995; Díez y Caballero, 2004).

El **Ciclo Celular** es un tema que presenta particularmente grandes dificultades dado que a los alumnos les cuesta comprender los caracteres tridimensional y continuo del proceso, no logran diferenciar claramente cuándo se produce la división de los cromosomas y cuándo la de las células, no consiguen relacionar de forma evidente a la mitosis con el crecimiento de los organismos pluricelulares ni a la meiosis con la reproducción y la variabilidad genética lo cual requiere que los estudiantes integren conceptos relacionados a la estructura y función de los cromosomas (Newman et al., 2012; Fantini y Joselevich, 2014). Se ha identificado en esta área la existencia de numerosas concepciones alternativas (Coley y Tanner, 2015), falta de claridad en la relación de conceptos y la dificultad de realizar algunos experimentos que requieren materiales costosos y mucho tiempo (semanas o incluso meses) por lo que resultan incompatibles con los tiempos académicos (Bugallo Rodríguez, 1995).

Con respecto a los enfoques con los que se abordaron problemáticas en la enseñanza de la Biología Celular se encontraron numerosos trabajos. Algunos más teóricos realizaron una revisión bibliográfica en relación al aprendizaje de la Biología centrada en el papel que tiene la comprensión del contenido celular (Rodríguez Palmero, 2000), así como una interpretación de las respuestas de alumnos en relación al concepto célula, basándose para el análisis en la Teoría de Modelos Mentales y la de Campos conceptuales (Rodríguez Palermo y Moreira, 2002). Se efectuaron estudios de fundamentación teórica unificando observaciones de clases, análisis de datos y entrevistas para explicar las deficiencias de los alumnos en la comprensión de la estructura y función de los cromosomas involucrados a su vez en procesos más complejos como la meiosis los cuales presentan mayores dificultades (Newman et al., 2012). A partir de estudios sobre errores conceptuales en los alumnos y dificultades para construir imágenes y modelos mentales relacionados con la célula, se realizó una investigación cualitativa y descriptiva en la que se analizó el manejo de las ilustraciones como estrategia para la enseñanza de la célula, la cual mostró que son de gran utilidad si se manejan adecuadamente en el aula (Tapia Luzardo y Arteaga Quevedo, 2009). Se presentaron cuadros sinópticos como herramientas para apropiarse de conceptos y organizar información en torno a la biología celular revisando la utilidad de estas herramientas

para hacer cambios conceptuales en torno a la estructura y función celular en base a lo cual se sugirió que esta metodología ayuda a identificar problemas de comprensión y ubicar conceptos que son poco utilizados (Vargas Quintero, 2005). Se diseñó una herramienta basada en la Taxonomía de Bloom para que los docentes de Biología evalúen las actividades, los materiales de estudio y evaluación que utilizan para la enseñanza apuntando al desarrollo de habilidades de pensamiento crítico, además se utilizó para ayudar a los alumnos a mejorar sus habilidades de estudio y metacognición (Crowe et al., 2008).

Con el fin de desarrollar el aprendizaje autónomo, el trabajo en equipo y mejorar la comunicación tanto oral como escrita de los alumnos de Biología Celular se diseñaron actividades en grupo fundamentadas en el aprendizaje basado en problemas a partir de enfermedades humanas causadas por un funcionamiento defectuoso de alguna proteína de membrana en las que se incluyó búsqueda de información, presentación de un trabajo escrito y oral (García Irlés et al., 2013).

A partir de las dificultades en el trabajo con microscopios se abordaron las destrezas de observación microscópica de células analizando las ilustraciones de los alumnos tratando los aspectos que se refieren al grado de precisión y de fidelidad con que plasman sus observaciones, referidos a morfología celular y organización tisular; paralelamente, se ha investigado la idea de célula que como objeto tridimensional tiene cada alumno (Díaz y Jiménez, 1996). A partir de la necesidad de superar obstáculos materiales del poder de resolución y cantidad de microscopios disponibles, dificultades para su utilización la limitación para visualizar correcta y detalladamente de las células, se trabajó de manera grupal con tarjetas con fotografías de microscopía electrónica con escalas, estableciendo relaciones estructura-función y comparaciones para lograr una mejor comprensión de su organización y las diferencias entre los distintos tipos celulares (Mengascini, 2006).

En relación al trabajo experimental, que presenta gran importancia en la Biología Celular, estudiantes de grado realizaron experiencias con cultivos celulares para explorar la división celular y la respuesta a los cambios ambientales, lo que permitió a los alumnos acercarse a la investigación científica, a la creatividad, manejo del tiempo, habilidades de interacción grupal y comunicación de ideas de manera escrita y oral (Palombi y Jagger, 2008). Por otra parte, se realizaron trabajos experimentales incluyendo diseño de experimentos, análisis de datos para incrementar el interés de los alumnos por la investigación científica y mejorar la actitud hacia el aprendizaje (Howard y Miskowski, 2005).

Destacándose la importancia de incorporar las TIC a la enseñanza y el aprendizaje de la Biología Celular, se elaboró un recurso basado en TIC denominado “Webquest: Genética Humana para estudiantes del área Biomédica”. La metodología utilizada demostró ser novedosa, didáctica y entretenida. Los alumnos demostraron gran interés y entusiasmo al respecto del trabajo que tuvieron que realizar para estudiar la enfermedad genética asignada (Márquez et al., 2012). Se puso a prueba la utilización de laboratorios virtuales que constituyen un recurso que permite simular las condiciones de trabajo de un laboratorio presencial superando algunas de las limitaciones de estas actividades y propiciando nuevos enfoques (López García y Morcillo Ortega, 2007). Además se realizó una experiencia en colaboración docente on-line usando herramientas virtuales en educación universitaria que incluyeron el uso de aulas virtuales, video

conferencias, uso de laboratorio virtual en Biología Celular, Histología y Embriología (Ávila; Spinelli, Ferreira, Soñez, Samar y Ferreira Junior, 2011).

Las nuevas propuestas educativas promueven metodologías de aprendizaje activas que desarrollen nuevas modalidades de enseñanza-aprendizaje en las que el alumno se convierte en sujeto activo y protagonista de su proceso formativo. Desde esta perspectiva los aportes que planteen a las TIC como innovación y propuesta metodológica alternativa o complementaria a la tradicional exposición teórica, representarán un impulso de renovación para la docencia universitaria (Holgado, 2010).

Como innovación metodológica asociada a las TIC, los sistemas hipermedia presentan un gran potencial para la enseñanza de la biología, en la medida en que posibilitan la simulación de fenómenos que pueden llevar al estudiante a reflexionar, considerando además el estilo cognoscitivo del alumno y sus ideas previas (Rezende y De Souza Barros, 2003). Además para trabajar sobre los procesos de la ciencia, las aplicaciones hipermedia pueden incluir el uso de laboratorios virtuales que permiten desarrollar objetivos educativos propios del trabajo experimental y ofrecen nuevos entornos para la enseñanza y el aprendizaje (López García y Morcillo Ortega, 2007) dando a los estudiantes la oportunidad de realizar experimentos y experiencias interactivas que de otra manera, no serían posibles por la complejidad, los peligros experimentales, costos, dilemas éticos, tiempo, disponibilidad de espacio y materiales, entre otros aspectos. La investigación científica en ambientes virtuales puede involucrar el análisis de evidencias experimentales de múltiples fuentes, incluyendo datos de experimentos realizados en el laboratorio y publicaciones científicas (Bockholt et al., 2003).

CONTEXTO

Contexto

El presente trabajo de tesis se basa en el diseño y aplicación de un sistema hipermedia para desarrollar un trabajo práctico de la asignatura Biología Celular que incluye los temas Ciclo Celular y Biotecnología. Este espacio curricular corresponde al primer año de la carrera Ingeniería Agronómica de Facultad de Ciencias Agropecuarias de la U.N.C.

Biología Celular aborda el estudio de la organización estructural y funcional de la célula como unidad constituyente de los seres vivos. Por sus contenidos, corresponde al grupo de asignaturas de fundamentación, ya que aporta conocimientos para las áreas Básica y Básica Profesional, rescatando los conocimientos del Ciclo de Conocimientos Iniciales. El aporte de la biología celular a la formación del Ingeniero Agrónomo, como ciencia básica, permite el avance hacia el conocimiento e interpretación de los sistemas productivos agropecuarios.

Generalmente cursan esta asignatura aproximadamente 300 alumnos a los que se divide en comisiones de unos 20 alumnos para los trabajos prácticos.

Este espacio curricular tiene una carga horaria total de 32 horas distribuidas en 8 semanas de cursado, con una carga horaria semanal de 4 horas (2hs teórico; 2hs práctico). Está organizada en 8 unidades: organización de los seres vivos, membrana plasmática, citoesqueleto, pared y superficie celular, sistema de endomembranas, orgánulos de conversión energética, otros componentes celulares, núcleo celular interfásico, ciclo celular y biotecnología.

Si bien el sistema hipermedia Ciclo Celular y Biotecnología fue diseñado específicamente para ser implementado en el contexto descripto, se consideró que además de ser aplicado y analizado por los docentes y alumnos de Biología Celular de la FCA, resultaría valioso y pertinente ponerla a prueba en otros contextos:

- Se trabajó con los alumnos de la asignatura Problemática de la Educación en Ciencias del Profesorado en Ciencias Biológicas de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEFN), UNC. Uno de los trabajos prácticos que realizan los alumnos en esta asignatura es el análisis de un capítulo de un libro de textos de Biología, por lo que se pensó que sería interesante que analizaran la aplicación hipermedia como material didáctico digital. Gracias a la valiosa colaboración de los docentes de la asignatura se realizó este trabajo en el año 2012. En este caso se seleccionó el capítulo de Ciclo Celular para trabajar con el libro de texto, de manera que pudieran ver el desarrollo de los mismos conceptos en ambos materiales didácticos.

- Los temas (ciclo celular y biotecnología) desarrollados en la aplicación hipermedia están incluidos en los diseños curriculares de la educación de nivel medio y dado que los alumnos de los últimos años de la escuela secundaria tienen edades cronológicas similares a las de los alumnos que cursan por primera vez Biología Celular (que se da en el primer cuatrimestre de la carrera), se consideró interesante poner a prueba el uso de la aplicación "Ciclo Celular y Biotecnología" en ese nivel educativo también. Por ello se presentó la aplicación hipermedia tanto a docentes como a alumnos de los últimos años de Escuelas de Nivel Medio que trabajaron con la aplicación en el aula de informática de la FCA. Estas actividades se realizaron en el año 2014 en el marco del Programa de Transferencia de Resultados de la Investigación y

Comunicación Pública de la Ciencia (PROTRI) que aprobó y subsidió este proyecto tendiente a contribuir al mejoramiento de la enseñanza y aprendizaje de las Ciencias Naturales en las Escuelas de Nivel Medio a través de la incorporación de nuevas tecnologías de la comunicación y la información al ámbito educativo y al fortalecimiento de vínculos solidarios entre la FCA y las escuelas.

Estudio Exploratorio

En función de lo planteado en este trabajo se pensó en la importancia que tiene en la formación universitaria y especialmente en las Ciencias Agropecuarias, una educación que se aproxime a lograr un escenario en el que se ayude a los alumnos, no sólo a construir conocimientos, sino también a desarrollar CPC a lo largo de su carrera, contribuyendo a una formación profesional integral.

A partir de esta reflexión surgió el interés por conocer qué CPC presentan los alumnos al comenzar el cursado de la asignatura Biología Celular y cuáles se desarrollan y/o evolucionan durante el cursado de la misma.

En busca de respuesta a estos interrogantes y de conocer algunas características de esta situación de enseñanza-aprendizaje concreta se realizó un estudio exploratorio.

Durante los dos meses de cursado de la asignatura Biología Celular se observaron todas las clases teóricas dictadas por la coordinadora de la cátedra y todos los trabajos prácticos de dos comisiones.

Se analizó el material que utilizan los alumnos para el estudio de la asignatura constituido principalmente por el libro, diseñado por los docentes de la cátedra, "La Célula en las Ciencias Agropecuarias" (Pérez et al., 2011) y que comprende la información teórica y las actividades que se resuelven en el trabajo práctico. Además cuentan con un Manual de Laboratorio, en el cual se presenta al alumno los procedimientos para las actividades prácticas a desarrollar. Se examinaron también los instrumentos de evaluación compuestos por dos parciales de suficiencia un parcial recuperatorio, un parcial integrador y un examen final.

Las actividades del libro así como la de los exámenes incluyen preguntas de opciones múltiples, verdadero o falso con fundamentación de la respuesta, preguntas abiertas, esquemas que deben completar con palabras correspondientes a conceptos claves del tema, comparaciones e ilustraciones de las partes de la célula.

En los trabajos prácticos se realiza un repaso de los conceptos teóricos utilizando una presentación power point, diseñada y discutida entre todos los docentes de la cátedra, en la que también se ponen en común las respuestas a las actividades del libro. La última parte del práctico consiste en la observación al microscopio de preparados donde los alumnos identifican los elementos celulares más relevantes del tema correspondiente.

Para identificar las CPC de los alumnos al comenzar la asignatura Biología Celular y las que podrían desarrollar durante su cursado, se administró un mismo test en la primera clase teórica (Anexo 1) y en la última (Anexo 2) a los alumnos que cursaron la asignatura en el año 2011. El test incluyó actividades de: lectura crítica de textos y

artículos cortos (Brill y Yarden, 2003; Lynd-Balta, 2006), preguntas abiertas (Chamizo e Izquierdo, 2007), preguntas con respuestas con escalas de tipo Likert (Sierra, 1995), confección de mapas conceptuales (Domínguez, Castiñeiras, De Pro Bueno y García-Rodeja Fernández, 1998; Novak y Gowin, 1988; Moreira y Buchweitz, 1987). Este test permitió también explorar ideas previas de los alumnos con respecto a los temas Ciclo Celular y Biotecnología.

La única diferencia entre el test inicial y el final fue que en el primero se incluyó una pregunta para conocer si alguna vez habían utilizado medios digitales con fines educativos, a la cual la mayoría respondió que habían buscado información en internet y habían utilizado programas como word o power point para presentar trabajos, un pequeño porcentaje indicó que había usado previamente algún programa educativo y alrededor de un 10 % dijo no haber utilizado medios digitales en relación a la educación.

El análisis cualitativo de las respuestas evidenció que en el test inicial la mayoría de los alumnos mostraron escasos conocimientos del tema Ciclo Celular y Biotecnología y muy pocos lograron referir palabras relacionadas a los conceptos que se mencionaban. Esta respuesta mejoró bastante en el test que realizaron luego de cursar la asignatura ya que todos pudieron relacionar correctamente al menos un nuevo concepto a los básicos incluidos en la actividad.

Con respecto al resto de las actividades que intentaban dar cuenta de las CPC básicas de los alumnos tales como interpretar la información (de texto, gráficos y tablas), realizar análisis crítico, sacar conclusiones, justificar y comunicar, mostraron resultados muy elementales que evidenciaron, en la mayoría de los casos, escaso desarrollo de CPC pero que además no se modificaron, al menos de forma notoria, en el test final.

Estos resultados toman sentido al conocer, a partir de la observación de clases teóricas y prácticas durante todo el cursado, el contexto y las características de la asignatura, el elevado número de estudiantes y los tiempos de cursado tan reducidos para desarrollar un tema tan amplio como es la biología celular. Probablemente, esperar que los alumnos muestren un cambio notorio en el desarrollo de CPC durante los dos meses de cursado de una asignatura como Biología Celular sea demasiado ambicioso. Esto podría lograrse a través de cambios pedagógicos institucionales a mayor escala que acompañen al trabajo de los docentes y el uso apropiado de herramientas didácticas a lo largo de la carrera. Sin embargo desde cada espacio curricular se pueden iniciar estos cambios.

A partir de estas conclusiones, y en base al análisis cualitativo general de las respuestas obtenidas en el estudio exploratorio, se pensó en realizar una innovación educativa basada en la utilización de una aplicación hipermedia para realizar el TP Ciclo Celular y Biotecnología de la asignatura Biología Celular de la FCA. Se consideró que la incorporación de las TIC se presenta como alternativa valiosa, en el mejoramiento de los procesos de enseñanza y de aprendizaje de las ciencias (Linn, 2002) y que constituyen herramientas importantes para afrontar uno de los retos actuales de renovación metodológica orientada a propiciar el aprendizaje autónomo y guiado de los estudiantes (Zabalza, 2004). En particular, se podría aprovechar el potencial de las aplicaciones hipermedia para contribuir a la construcción del conocimiento y el desarrollo de habilidades cognitivas.

CARACTERÍSTICAS METODOLÓGICAS

Características Metodológicas del Trabajo

El desarrollo del presente trabajo se fundó en el diseño, implementación y evaluación de una innovación educativa basada en la utilización de una aplicación hipertexto para realizar el trabajo práctico Ciclo Celular y Biotecnología de la asignatura Biología Celular de la FCA.

Más allá de los matices que puedan encontrarse entre diversos autores, en términos generales, se acuerda que una innovación implica cambios. Pero el término *cambio* es un concepto descriptivo y genérico que remite a alteraciones en una estructura o forma al que habría que agregarle la noción de *mejora*, presentando un componente valorativo ya que remite a cambios deseables en las prácticas del aula y de las instituciones educativas. De esta manera el término innovación connota una valoración cualitativa dado que adopta un sentido positivo y puede decirse que no todo cambio supone innovación, pero toda innovación lo implica necesariamente. A estas ideas cabe sumar la de transformación sustantiva de las prácticas educativas y la reflexión sobre sus finalidades. Sobre esto se refiere Brunner (2000):

"Las innovaciones educacionales nacen menos de un plan o diseño que de una manera distinta de organizar las prácticas; suponen un cambio de perspectiva, quizá una teoría distinta, pero sobre todo una forma diferente de comunicación pedagógica, una nueva relación con el conocimiento, un desplazamiento del control sobre los procesos de aprendizaje. Recién cuando se producen las innovaciones pueden ser adaptadas para su difusión y transmitidas, de modo que puedan ser adoptadas por otros grupos y establecimientos. No siguen pues una trayectoria lineal, evolutiva, sino que - cuando son exitosas- producen algo así como un contagio" (p 46).

Zabalza (2004) considera que innovar es introducir cambios justificados con un compromiso de mejora, que sean además viables y prácticos. Estos cambios además, deberían ir acompañados de sistemas de documentación que tengan en cuenta estudios que provean de datos iniciales para saber porqué se introducen y una evaluación para analizar su efectividad y pertinencia. Considera también que innovar es una posibilidad cuyo pronóstico depende de que se produzca una conjunción positiva de varios factores: una idea que mejoraría las cosas, unas personas dispuestas a llevarla a cabo, unas condiciones institucionales que faciliten su desarrollo y que la apoyen.

La caracterización de una innovación educativa presenta dificultades, en primer lugar por la falta de marcos teóricos suficientemente desarrollados y compartidos que permitan identificar qué es o no innovador y que proporcione un marco de referencia para el desarrollo de innovaciones. Así mismo se trata de un concepto que tiene un enorme grado de relatividad por diferentes razones. Por un lado, la innovación no es neutra sino que está condicionada por posicionamientos políticos, sociales, culturales y epistemológicos, de manera tal que lo que es innovador para una persona o grupo no lo es para otros. La apreciación de lo que es o no innovador depende de la perspectiva y de las representaciones o concepciones de los distintos sujetos involucrados respecto de la educación, la institución, la enseñanza, el aprendizaje, la sociedad. Por otra parte, las innovaciones se definen en función del contexto y del tiempo, de tal forma que lo que en un contexto puede ser innovador, no lo es en otro, y lo que en un momento fue

innovador en un determinado contexto puede dejar de serlo al convertirse en rutina. Las innovaciones dan respuesta a una situación determinada que se quiere cambiar, y lo nuevo se define en relación con lo anterior. Finalmente, la relatividad de la innovación se manifiesta en el hecho de que depende de la sociedad cuyas demandas intenta satisfacer y, al mismo tiempo, está condicionada por el sistema educativo y social en el que está inscripta (Blanco Guijarro, 2000).

Desde una perspectiva tecnológica, muchas veces se presenta la visión del tipo investigación-desarrollo-difusión con características evolutivas lineales suponiendo que la innovación será aplicada a nuevos contextos como si ésta se replicara en ellos. Sin embargo, si se considera la especificidad del campo educativo, los modos de innovar, más que aplicarse, se transfieren de manera que la innovación puede reinventarse, adaptándose a las características propias del espacio en el que se desarrolla. Puede no tratarse de una invención absoluta sino pensarse como una invención relativa a un contexto singular (Poggi, 2011). El impulso de innovaciones educativas es muchas veces desvalorizado por concepciones que las consideran como una simple aplicación de los conocimientos construidos por las investigaciones, desmereciendo el papel fundamental de las innovaciones controladas en la construcción y validación de dichos conocimientos además de potenciar investigaciones relevantes en torno a los problemas que plantea los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias (Vilches y Gil Pérez, 2013).

La concepción de innovación se complejiza y enriquece cuando la producción de *recursos*, ya sean contenidos educativos (incorporación de contenidos novedosos en áreas o disciplinas existentes y/o estrategias de enseñanza o metodológicas), nuevas formas de organización institucional, o formas de tratamiento novedosas para problemáticas específicas, produzca además una transformación de las *prácticas* institucionales cotidianas y en las *representaciones*, creencias y valores que subyacen en los nuevos recursos y prácticas lo que requiere una internalización del nuevo marco y el compromiso con ella (Poggi, 2011).

Por todo esto, y tomando las palabras de Poggi (2011), se define a la innovación educativa como *"la configuración novedosa de recursos, prácticas y representaciones en las propuestas educativas de un sistema, subsistema y/o institución educativa, orientados a producir mejoras"* (p.10).

El desarrollo de la presente innovación implicó diferentes niveles que pueden resumirse en (Lucarelli, 2004):

- la determinación de las metas y estrategias a llevar a cabo en el cambio de prácticas que implica la innovación;
- la implementación de las decisiones en el aula de clases y en el contexto institucional afectado por la innovación;
- la evaluación de procesos y resultado de todo el proceso.

Para ello se realizó un estudio inspirado en modelos de investigación cualitativa que consideran que: no es necesario parcelar la realidad ni los sujetos a variables, no se persigue una concepción unánime de la verdad, sino una descripción comprensiva de los diversos significados y puntos de vista, los datos que se obtienen de los escenarios no

son reducidos a números y ecuaciones y se intenta abordar situaciones naturales en las que la noción de contexto adquiere gran relevancia y pertinencia pues con él se abarca un cúmulo amplio de variables difícilmente abordables de forma aislada. Este tipo de estudios puede realizarse a partir de un caso aislado o de un estudio de caso colectivo en el que se indaga sobre un fenómeno o acontecimiento a partir del estudio de varios casos relacionados con el mismo (Gutierrez, 1999; Imbernón et al., 2002).

DESARROLLO

1. Diseño del sistema hipermedia.

1.1 - Selección del tema

El tema a desarrollar en la aplicación se eligió dado que representa un desafío a nivel conceptual. Ciclo Celular ha sido identificado por los docentes de la cátedra como un tema que a los alumnos les cuesta entender siendo clave para la comprensión del funcionamiento celular. Por su parte la Biotecnología es un área que presenta gran interés por incluir avances científicos y tecnológicos y por tener gran relevancia en el área de las Ciencias Agropecuarias donde en la actualidad tiene un papel protagónico. Por lo tanto no sólo es un tema que despierta interés en los alumnos sino que además permite integrar contenidos de la asignatura, plantear situaciones problemáticas, interpretar textos científicos o de divulgación, realizar juicios críticos, análisis éticos, sacar conclusiones, pensar en nuevos desarrollos creativos. poniendo en juego múltiples competencias de pensamiento científico.

La organización conceptual comienza por la concepción general de la célula planteando un repaso sobre cromosomas, que se estudió en la unidad anterior, y exploración de ideas previas, para luego entrar en ciclo celular en el cual se diferencia la interfase y la división celular. La interfase no se profundiza ya que, dentro de la asignatura, se desarrolla en la unidad anterior de Núcleo Celular Interfásico, aunque sí se muestran sus tres etapas: G1, S y G2. La División Celular se divide en Mitosis y Meiosis, cada una con sus características, etapas y funciones. La Biotecnología es un eje transversal dentro de la asignatura ya que permite aplicar e integrar los conceptos a través de ejemplos, por lo que está presente en todas las ventanas de la aplicación pudiendo acceder desde cualquiera de ellas a esa sección.

1.2 - Diseño didáctico-pedagógico

Para el diseño de la aplicación hipermedia, se adoptó una postura que considera que el aprendizaje de nuevos conceptos debe estar apoyado sobre las ideas previas de manera que el alumno sea capaz de dar sentido a lo que aprende reconstruyendo lo que ya sabe con los nuevos conocimientos en un contexto que despierte el interés de los estudiantes. Estos aspectos se enmarcan en los aportes realizados por Ausubel en su modelo de aprendizaje significativo (Gutiérrez, 1987). Se reconoce además al aprendizaje como un proceso social de acuerdo con Vygotsky (Ivic, 1999), que necesita adaptar estrategias y contenidos de los proyectos curriculares al contexto histórico y cultural en que viven los alumnos.

Es así como el correcto uso de hipermedias puede contribuir a la construcción del conocimiento del estudiante a partir de lo que ya sabe, ayudándolo a reestructurar, relacionar y reorganizar los conceptos, ofreciéndole un entorno estimulante para el aprendizaje y favoreciendo la generación de CPC que le permitan comenzar a desarrollar hábitos y estrategias que lo ayudarán en la elaboración del conocimiento y al logro de un aprendizaje significativo (Rezende y De Souza Barros, 2003).

Este tipo de herramienta didáctica, puede ayudar a situar al conocimiento dentro de una realidad social analizada en su contexto, en su globalidad, en sus procesos advertidos como inesperados, con el fin de alcanzar, a la luz de la complejidad, una

reflexión integral de los fenómenos analizados y no su descomposición en fragmentos que no alcanzan a reconstituir un todo (Morin, 1990).

1.3 - Diseño técnico

Este material fue realizado utilizando la herramienta de programación Multimedia Builder 4.8.01 (MediaChance, Canadá) que permite el diseño de aplicaciones multimedia con una interfase que admite la combinación botones, videos, y una gran variedad de acciones para generar una producción interactiva de fácil ejecución.

Los requerimientos del equipo computacional para el correcto funcionamiento y posterior ejecución son mínimos, ocupa menos de 160 MB y puede ejecutarse desde un dispositivo usb portátil, CD o descargarlo de un *dropbox* disponible en internet. No presenta, por lo tanto, dificultades para el acceso a la aplicación ni representa costos económicos para los estudiantes ni para la institución.

Se confeccionó un mapa de navegación libre y de estructura no lineal, en donde el alumno puede entrar libremente a cada tema. Esta manera de estructurar y organizar los ejes sobre los cuales los alumnos irán desarrollando sus actividades, es consistente con la idea de la interrelación de los elementos dentro de una trama temática. Sin importar en que punto de la trama se encuentren, los alumnos podrán ubicar los contenidos sobre los cuales están trabajando. El mapa de navegación (Fig. 1) se puede visualizar a través de un botón presente en todas las pantallas del hipermedia.

Esta aplicación desarrolla de manera clara y sencilla las etapas del ciclo celular, la división celular mitótica y meiótica, sus características e implicancias a nivel celular teniendo en cuenta los conocimientos previos necesarios para su comprensión. Además incluye información y actividades de aplicación de los conocimientos de la biología celular en la biotecnología.

Contiene toda la información teórica y actividades del libro de la cátedra de Biología Celular además de imágenes adicionales, videos, animaciones y actividades que de manera ramificada permiten al estudiante interactuar con el medio y avanzar por la información de forma personal construyendo de forma significativa el conocimiento.

También incluye una actividad en un laboratorio virtual para determinar el tiempo que pasa una célula en las diferentes fases del ciclo celular que, al igual que en el trabajo práctico tradicional, se basa en la observación de células de la punta de la raíz de cebolla en distintos estadios del ciclo celular. Los laboratorios virtuales permiten desarrollar objetivos educativos propios del trabajo experimental y ofrecen nuevos entornos para la enseñanza y el aprendizaje (López García y Morcillo Ortega, 2007).

Cada alumno puede navegar por la aplicación libremente avanzando a su ritmo y volviendo a páginas anteriores cuantas veces quiera. En cada una encontrará diferentes íconos para acceder a imágenes, videos, animaciones, información de texto y actividades (Fig. 2).

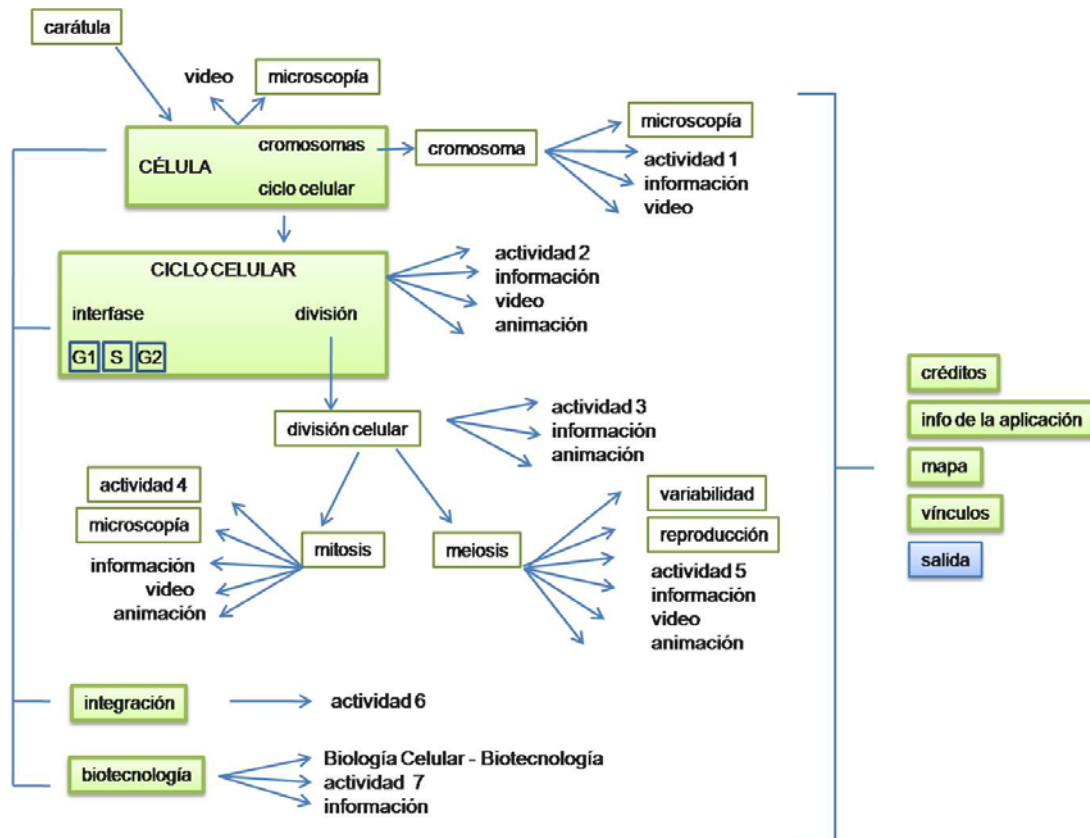


Figura 1. Mapa de navegación de la aplicación hipertexto. Muestra la organización del sistema y ayuda a visualizar si se realizó una navegación completa.

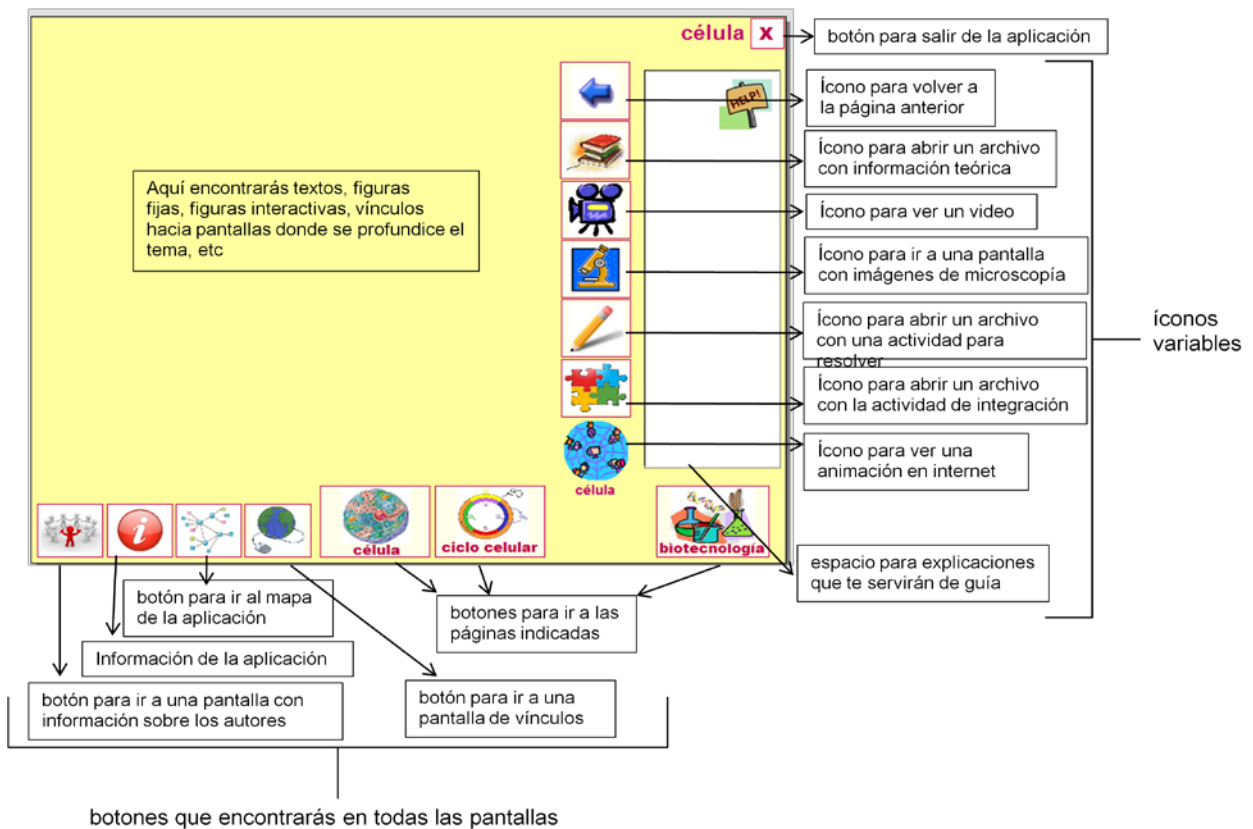


Figura 2. Imagen de una pantalla modelo. Permite identificar la función de los distintos botones.

Todas las pantallas tienen los botones que permiten volver a las páginas de célula, de ciclo celular y de biotecnología, así como para ver los vínculos recomendados, salir de la aplicación o ver el mapa e información de la misma. Otros botones van variando en las distintas pantallas. Además se incluyeron espacios para explicaciones que sirven de guía para los alumnos que pudieran estar desorientados.

Se puede acceder a algunas pantallas pulsando sobre textos subrayados y con negrita y en algunas imágenes. Para realizar la actividad de laboratorio virtual, para ver las animaciones y para acceder a los vínculos es necesaria la conexión a internet, para el resto no lo es.

Las siete actividades de la aplicación están en archivos de word o power point y se pueden guardar para responderlas, conservar esos archivos, para enviar las respuestas por e-mail al profesor o imprimirlas.

Los archivos en formato pdf de los textos con información sobre todos los temas desarrollados también se pueden guardar o imprimir.

Parte de la información se repite en diferentes formatos ya que la aplicación hipermedia permite que el usuario elija la manera que le resulte más clara, completa o atractiva para comprender mejor el tema.

El modo de salir de la aplicación utilizado es bastante intuitivo ya que puede hacerse tanto pulsando en una X en el extremo superior derecho (como en la mayoría de los programas) o presionando el botón *Esc* del teclado.

Si bien el diseño de la aplicación es de sencilla navegación, se consideró la posibilidad de que estudiantes que utilicen este tipo de herramientas por primera vez pudieran desorientarse. Por ello se incluyó en todas las pantallas un botón con la información de estructura y funciones del sistema, el mapa de organización del mismo para conocer todos los elementos que lo componen y las rutas que se pueden seguir para explorarlo. Además se incluyó un espacio de ayuda, que aunque resta espacio a los elementos principales del sistema, sirve de guía para los usuarios más inexpertos.

2. Instrumentos de evaluación para valorar la innovación.

Para realizar la evaluación del diseño e implementación del sistema hipermedia se tuvo en cuenta el análisis de diversos aspectos y sus conclusiones se basan en la triangulación de datos provenientes de diferentes instrumentos y fuentes de información.

Algunas dimensiones que se consideraron tanto en el diseño del programa como en los instrumentos para su evaluación fueron: características técnicas del programa, diseño del programa desde el punto de vista técnico y didáctico, contenidos, utilización por parte del estudiante (manipulación, interactividad), material complementario, aspectos económicos y distribución del programa y contexto. Los indicadores utilizados fueron el producto de un proceso de selección y ajuste propuestos por diversos autores (Jiménez, 2008; Narvaez, Martínez, Vargas y Goset, 2007; Galán Fajardo, 2007; Rosadilla, Bühl, Queirolo, Tissot, Gómez y Labandera, 2006; Bockholt, Paige West y Bollenbacher, 2003; Martínez Sánchez, Prendes Espinosa, Alfageme González, Amorós Poveda, Rodríguez Cifuentes y Solano Fernández, 2002; Cabero Almenara y Duarte Hueros, 1999).

Antes de ponerse en práctica, se consideró la evaluación del diseño de la aplicación hipermedia por un experto, la cual fue realizada por la Mgter. Diana Manero, Ingeniera Agrónoma, Especialista en Docencia Universitaria en Genética, Máster en Nuevas Tecnologías de la Información y de la Comunicación, Directora de la Carrera de posgrado “Especialización en Tecnologías Multimedia para Desarrollos Educativos”, FCA-UNC (Manero, 2006; Manero et al., 2008; Manero et al., 2010; Manero et al., 2011; Manero et al., 2013). Sus apreciaciones positivas sobre la aplicación tanto como sus sugerencias sobre algunos cambios que podrían mejorarla fueron tenidas en cuenta para obtener la versión de la aplicación hipermedia que se utilizó para realizar este trabajo.

La evaluación en contexto tanto de alumnos como de docentes que utilizaron la aplicación hipermedia incluyó: cuestionarios con escalas de tipo Likert, preguntas abiertas de opinión, observación de las clases, actividades realizadas por los alumnos (que permiten evaluar la experiencia desde los objetivos de formación), opinión de los docentes sobre el desarrollo de las clases, nivel de confusión de los alumnos, consultas recibidas y dificultades manifestadas.

Se confeccionaron dos tipos de Cuestionarios de Evaluación de la Aplicación (CEA), uno para alumnos y otro para docentes. A través de éstos, los participantes expresaron su opinión luego de haber trabajado con aplicación hipermedia (Anexos 3, 4, 5, 7 y 8). En los dos cuestionarios se valoraron las dimensiones antes mencionadas. Estos instrumentos contienen algunos puntos cuya escala de valoración fue de tipo Likert de cuatro niveles 1: nada, 2: poco, 3: bastante, 4: mucho y también algunas preguntas abiertas que den cuenta de la opinión tanto de estudiantes como de profesores.

Los CEA tanto para alumnos como para docentes son muy similares, pero el cuestionario para los docentes incluye además una pregunta con el fin de valorar si a través de las actividades de la aplicación hipermedia se favorece el desarrollo de habilidades cognitivas o CPC (Fig. 3). Con la misma escala de tipo Likert los docentes

respondieron respecto a los procesos cognitivos que creen que los alumnos pueden trabajar a partir de 6 categorías que consideran no sólo las habilidades cognitivas tradicionales sino también las que provienen de las TIC (Anderson et al., 2001; Crowe, Dirks y Wenderoth, 2008; Churches, 2008):

recordar (reconocer, listar, identificar, encontrar, buscar, utilizar motores de búsqueda)

comprender (interpretar, ejemplificar, clasificar, resumir, inferir, comparar, explicar, etiquetar, categorizar)

aplicar (ejecutar, implementar, editar, subir archivos, jugar, correr un programa)

analizar (diferenciar, organizar, atribuir, integrar, recopilar información de medios, mapas conceptuales)

evaluar (revisar, criticar, detectar, juzgar, comentar en diferentes medios, formular opiniones, concluir)

crear (diseñar, elaborar, planear, producir, filmar, publicar, generar videos, elaborar publicidad, dibujar).

Cuestionario de opinión sobre la aplicación hipermedia diseñada para el TP
"Ciclo celular y Biotecnología" para docentes.

1. Marque con una cruz la opción que te resulta más apropiada, puede incluir algunas observaciones personales.

	Aspectos analizados	nada	poco	bastante	mucho	observaciones
1	Es posible utilizar la aplicación con conocimientos básicos de informática.					
2	El tamaño de textos e imágenes es adecuado para su correcta observación.					
3	El manejo de la aplicación es complicado.					
4	El nivel de navegación desorienta al estudiante.					
5	Es fácil volver al menú principal.					
6	Es fácil de ejecutar.					
7	La calidad de imágenes, audio y video es buena.					
8	La aplicación permite al estudiante elegir los contenidos con los que quiere interaccionar y la forma simbólica (texto, imagen, video, etc.) como quiere interaccionar.					
9	Posee información que sirve de ayuda para el uso de la aplicación.					
10	La información presentada es					

	suficiente para la comprensión del tema planteado.					
11	Los contenidos son presentados de forma original y atrayente.					
12	La forma de presentación de los contenidos y actividades motiva al estudiante.					
13	Las actividades están en relación con los contenidos desarrollados en la aplicación.					
14	Las actividades son variadas.					
15	El estudiante participa activamente en el proceso de aprendizaje.					
16	La aplicación podría remplazar al TP tradicional cumpliendo con los objetivos del mismo.					
17	A través de su diseño y actividades, la aplicación favorece el desarrollo de habilidades cognitivas o competencias de pensamiento científico.					

2. ¿Cuáles de los siguientes procesos cognitivos cree que pueden desarrollarse a través de la aplicación hipermedia Ciclo Celular?

	Dimensiones	nada	poco	bastante	mucho	observaciones
1	Recordar (reconocer, listar, identificar, encontrar, buscar, utilizar motores de búsqueda)					
2	Comprender (interpretar, ejemplificar, clasificar, resumir, inferir, comparar, explicar, etiquetar, categorizar)					
3	Aplicar (ejecutar, implementar, editar, subir archivos, jugar, correr un programa)					
4	Analizar (diferenciar, organizar, atribuir, integrar, recopilar información de medios, mapas conceptuales)					
5	Evaluar (revisar, criticar, detectar, juzgar, comentar en diferentes medios, formular opiniones, concluir)					
6	Crear (diseñar, elaborar, planear, producir, filmar, publicar, generar videos, elaborar publicidad, dibujar)					

3. ¿Cuánto tiempo le llevó completar la navegación? (esto correspondería a visitar todas las pantallas, abrir videos, animaciones, etc., pero **no** incluye leer todo el texto del libro ni realizar las actividades)

4. ¿Cuál es su opinión general con respecto a este tipo de material didáctico?

5. ¿Cuál es su opinión con respecto a esta aplicación hipermedia en particular?

6. ¿Tiene alguna sugerencia para mejorar la aplicación hipermedia teniendo en cuenta los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales que considera necesarios para el correcto desarrollo del trabajo práctico?
7. ¿Tiene alguna sugerencia para mejorar algún otro aspecto de la aplicación hipermedia?

Figura 3. Modelo de CEA para docentes.

Los alumnos del profesorado que analizaron la aplicación como herramienta didáctica respondieron al CEA para docentes.

A los dos CEA (para alumnos y para docentes) se le hicieron pequeñas modificaciones según el contexto en el que fueron utilizados pero todos mantuvieron los aspectos principales (Anexos: 3 Docentes de la Cátedra de Biología Celular, 4 Alumnos de Biología Celular, 5 Alumnos de Profesorado de Ciencias Biológicas, 7 Docentes de Nivel Medio, 8 Alumnos de Nivel medio).

Los CEA se administraron a 9 docentes de la cátedra de Biología Celular, a 75 alumnos que utilizaron la aplicación hipermedia en el trabajo práctico de la asignatura Biología Celular, a 40 alumnos del Profesorado de Ciencias Biológicas de la FCFN (respondieron distribuidos en 14 grupos), 10 docentes y 111 alumnos (20 respondieron de manera individual y el resto en 45 grupos) de Nivel Medio (Tabla 1).

Tabla 1. Cantidad de participantes que utilizaron la AH y respuestas al CEA.

Participantes	Cantidad	Tipo de CEA (Anexo)	Modalidad de entrega
Docentes de la cátedra de Biología Celular (FCA-UNC)	9	Para docentes (Anexo 3)	Papel
Alumnos de Biología Celular (FCA-UNC)	75	Para alumnos (Anexo 4)	Digital por correo electrónico
Alumnos del Profesorado de Cs. Biológicas (FCFN-UNC)	40 (14 respuestas del CEA)	Para docentes (Anexo 5)	Digital por aula virtual
Docentes de Nivel Medio	10	Para docentes (Anexo 7)	Papel
Alumnos de Nivel Medio	111 (65 respuestas del CEA)	Para alumnos (Anexo 8)	Papel

Las actividades planteadas en la aplicación hipermedia se encontraban en archivos de *Power Point* (Actividad 1) y de *Word* (Actividades 2 a 7). Si bien los alumnos de Biología Celular fueron abriendo las actividades durante la navegación que realizaron en la facultad, terminaron de resolverlas de manera completa como tarea no presencial. Por ese motivo y sumado a que se trataba del último TP de la asignatura (no debiendo asistir a ninguna otra actividad presencial hasta el día del parcial), resultó apropiado que los alumnos enviaran a sus docentes de la Cátedra de Biología Celular las respuestas a las actividades planteadas en formato digital por correo electrónico junto con las respuestas del CEA. Estas respuestas se compararon con las de las actividades del libro de texto que utilizaron todos los alumnos de la asignatura, para lo cual se tomaron al azar los libros de 4 alumnos de 4 comisiones que no utilizaron la aplicación hipermedia cuyos docentes estuvieron, en paralelo, a cargo de comisiones que utilizaron la aplicación.

Este análisis tuvo en cuenta la cantidad de actividades resueltas enviadas por los alumnos, si las respuestas estaban completas y además se estableció un nivel de la calidad conceptual de las respuestas en base a los objetivos del TP utilizando una escala con las categorías regular, bueno y muy bueno. La comparación con las actividades resueltas por alumnos que realizaron el TP tradicional contempló a las actividades 2 y 3 de la aplicación hipermedia que fueron tomadas del libro de texto de la asignatura.

3. Aplicación del sistema hipermedia con estudiantes y docentes de distintos niveles del sistema educativo y análisis de los resultados de su evaluación

3.1 - Aplicación y evaluación del sistema hipermedia por Docentes de la Cátedra de Biología Celular (FCA)

El sistema hipermedia puede utilizarse tanto de manera presencial, en el aula de informática, como virtual, pero en cualquiera de los casos es importante la guía del docente.

Las TIC se presentan como una innovación que permite mejorar la calidad de la enseñanza, pero su éxito depende de que docentes y alumnos las usen de manera efectiva y que de su interacción surjan mejores formas de enseñar y aprender. Si bien el uso de sistemas hipermedia promueve el aprendizaje activo de los alumnos brindándoles la posibilidad conectar sus ideas previas con el contenido a aprender y elaborar significados sobre las relaciones entre ellos, el docente, por su parte tiene el importante papel de guiar al estudiante en la conexión de ideas y representaciones y en la construcción de significados sobre los nuevos contenidos integrándolos en su red de significados y representaciones y confiriendo el carácter social y cultural (Onrubia, 2007).

El docente deberá fomentar la discusión y el intercambio, considerados claves para la formación de nuevos conceptos científicos, y futuras estrategias para intervenir en el mundo a partir de los mismos. Por otra parte, es necesario que los docentes conozcan aspectos técnicos y de ejecución del instrumento didáctico digital a utilizar así como también sus limitaciones y alcances para el proceso de enseñanza aprendizaje.

En función de lo mencionado y dado que no todos los docentes están familiarizados con las TIC, antes de hacer la selección al azar de las comisiones que utilizarían la aplicación hipermedia en el trabajo práctico, se realizó un taller con todos los docentes de la cátedra en el que se exploró la aplicación, se trabajó con ella y se analizaron las posibles dificultades que podrían presentarse en su uso, el papel del docente y demás aspectos que contribuirían a un uso efectivo de esta herramienta didáctica.

Se realizó con los docentes de la Cátedra una charla introductoria sobre las características de los sistemas hipermedia teniendo en cuenta su estructura, diseño, alcances, limitaciones, aplicaciones didácticas en general y en particular para el trabajo práctico de Ciclo Celular y Biotecnología. En la misma tuvieron la oportunidad de preguntar dudas técnicas, de utilización y sobre los contenidos disciplinares incluidos en la aplicación hipermedia.

Luego, de manera individual, exploraron la aplicación hipermedia por completo y, teniendo en cuenta los contenidos conceptuales que se incluyen, tanto en textos como en los diferentes formatos multimedia además de las actividades planteadas, los docentes de la Cátedra de Biología Celular, respondieron al cuestionario (Anexo 3, Fig.

3). A través del CEA pudieron expresar su opinión sobre la aplicación hipermedia diseñada para reemplazar al trabajo práctico tradicional de Ciclo Celular y Biotecnología. Las respuestas correspondientes a escalas de tipo Likert sobre los procesos cognitivos trabajados y las características de la aplicación hipermedia se resumen en las figuras 4 y 5 respectivamente.

A pesar de que pocos docentes conocían este tipo de aplicaciones, luego de una breve presentación de la misma, fueron capaces de navegarla sin dificultades. En promedio necesitaron 50 minutos para completar la navegación. Su apreciación sobre la aplicación fue muy positiva y expresaron que posiblemente los alumnos se sientan más entusiasmados al realizar un trabajo práctico diferente utilizando herramientas tecnológicas. Si bien algunos docentes hicieron algunas sugerencias de cambios para aclarar o reforzar determinados conceptos que les suelen resultar complejos a los alumnos, todos estuvieron de acuerdo en que la aplicación presenta de manera completa los contenidos que se trabajan en el trabajo práctico tradicional, ofreciendo una variedad de elementos didácticos para que los alumnos logren comprender mejor el tema. Encontraron muy interesantes algunas actividades que se plantean en la aplicación ya que son diferentes a las que se venían planteando en el libro de la cátedra y ayudan a enriquecer el trabajo de los alumnos y, además de facilitarles la comprensión de los conceptos a través de la puesta en práctica de los mismos de manera más variada, favorece el desarrollo de nuevas competencias. Además, les pareció muy apropiado el hecho de incluir una actividad (Actividad 1, Fig. 6) de repaso de la unidad anterior (Núcleo Celular) y de reconocimiento de ideas previas, ya que ayuda tanto a los profesores como a los estudiantes a repensar algunos conceptos claves y corregir errores de comprensión que resultan ser bastante comunes.

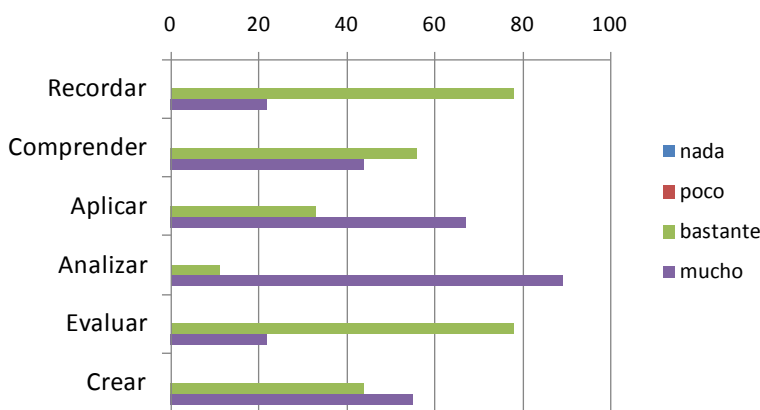


Figura 4. Gráfico que resume las respuestas de la pregunta 2 del cuestionario de evaluación de la aplicación hipermedia para docentes de la Cátedra de Biología Celular sobre los procesos cognitivos que pueden desarrollar los alumnos con la aplicación. El mismo expresa los porcentajes de respuestas obtenidas para las categorías nada, poco, bastante, mucho de la escala de tipo Likert (n=9).

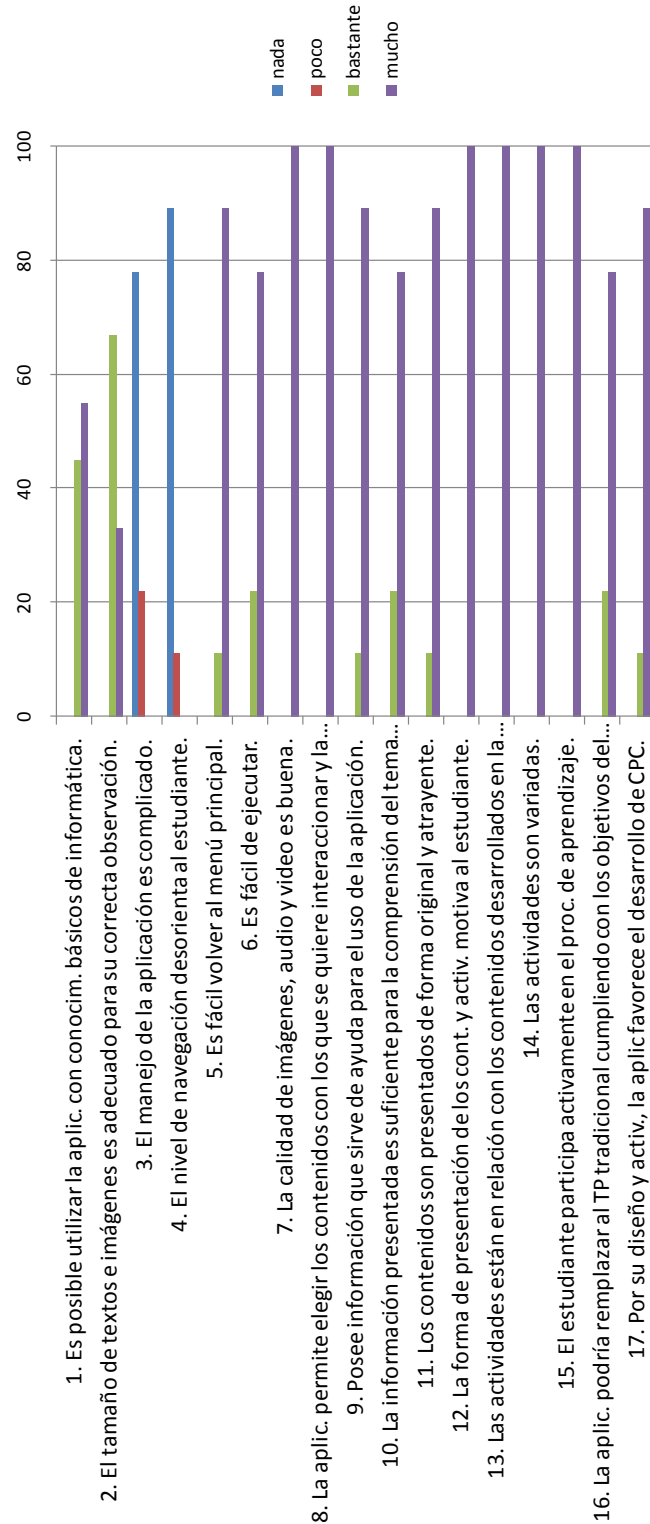

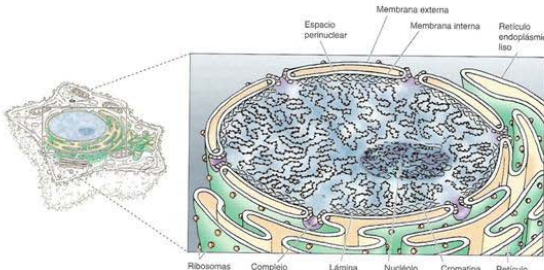


Figura 5. Gráfico que resume las respuestas de la pregunta 1 del cuestionario de evaluación de la aplicación hipermedia para docentes de la Cátedra de Biología Celular sobre las características de diseño técnicas y didácticas de la aplicación. El mismo expresa los porcentajes de respuestas obtenidas para las categorías nada, poco, bastante, mucho de la escala de tipo Likert (n=9). Algunos enunciados fueron abreviados pero pueden visualizarse de manera completa en el Anexo 3.

Actividad N°1
Repaso de la unidad anterior
Ideas previas

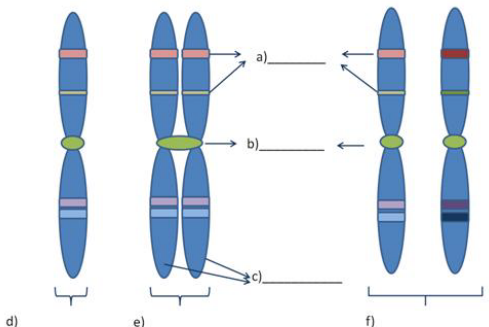


El ADN se encuentra en el núcleo de las células eucariotas.
 ¿De qué depende el grado de enrollamiento de esta molécula?





3) Cuando la célula:
 a) no se está dividiendo el ADN se encuentra de una manera extendida, no condensada llamada _____
 b) se prepara para la división el ADN se condensa formando _____

5) Completá el dibujo con el nombre que corresponda:
 (centrómero, cromátidas hermanas, cromosoma sin duplicar, cromosomas homólogos, genes, cromosoma duplicado)

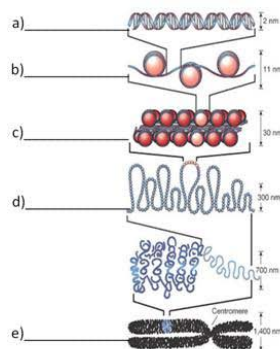


A partir de tus conocimientos previos...

¿Cómo hacen los seres vivos para crecer?
 ¿Se dividen todas las células de nuestro cuerpo con la misma frecuencia?
 ¿Están todas las células de nuestro cuerpo en la misma fase del ciclo celular?
 ¿Cuales son las distintas fases del ciclo celular?

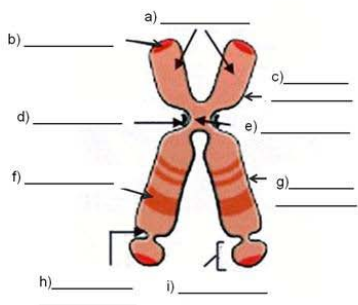


1) Indica qué representa este esquema.



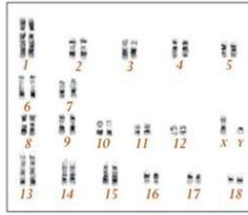
2) Porqué es necesaria esta disposición?

4) Indicá en el dibujo el nombre de cada una de las partes del cromosoma (satélite, brazo p, cinetocoro, bandas, región organizadora del nucleolo, brazo q, telómero, centrómero, cromátidas)



6) Los organismos o células que presentan:
 a) dos complementos cromosómicos se denominan _____. Se representa por ____n.
 b) un solo complemento cromosómico se llaman _____. Se representa por ____n.

7) Figura característica del cariotipo de cerdo



a) ¿Corresponde a una célula somática o sexual?

 b) ¿Haploide o diploide?

 c) ¿Es de un individuo masculino o femenino?

Figura 6. Actividad N°1 de la aplicación hipermedia Ciclo Celular y Biotecnología.

Los docentes reconocieron los procesos cognitivos que se ponían en juego en cada una de las actividades de la aplicación hipermedia en función de las dimensiones que se plantearon en el cuestionario, como para unificar la manera de definir las (Tabla 2). Las actividades 1, 4, 5, 6 y 7 fueron diseñadas para la aplicación mientras que las actividades 2 y 3 corresponden al libro de texto de la cátedra para esta unidad.

Tabla 2. Tabla que resume las dimensiones que dan cuenta de los procesos cognitivos que los docentes de Biología Celular identificaron que pueden desarrollarse a través de las actividades de la aplicación hipermedia.

Dimensiones	Actividades
Recordar (reconocer, listar, identificar, encontrar, buscar, utilizar motores de búsqueda)	1, 2, 3, 4, 5, 7
Comprender (interpretar, ejemplificar, clasificar, resumir, inferir, comparar, explicar, etiquetar, categorizar)	1, 2, 3, 4, 5, 7
Aplicar (ejecutar, implementar, editar, subir archivos, jugar, correr un programa)	4, 5, 7
Analizar (diferenciar, organizar, atribuir, integrar, recopilar información de medios, mapas conceptuales)	4, 5, 6, 7
Evaluar (revisar, criticar, detectar, juzgar, comentar en diferentes medios, formular opiniones, concluir)	4, 5, 7
Crear (diseñar, elaborar, planear, producir, filmar, publicar, generar videos, elaborar publicidad, dibujar)	5, 7

La "Actividad N°4: Mitosis" (Fig. 7) intenta reemplazar la actividad que los alumnos realizarían en el laboratorio observando células en mitosis en el microscopio óptico por una actividad en internet. La actividad seleccionada corresponde a la página web del Departamento de Bioquímica y Biofísica Molecular de la Universidad de Arizona (<http://www.biologia.arizona.edu/cell/act/onion/onion.html>) y se fundamenta en la misma actividad que se realiza en el Trabajo Práctico de Biología Celular de la FCA y que consiste en la observación de células de las puntas de raíz de cebolla. Es innegable que observar fotos de microscopía de células difícilmente supere a la experiencia de que los alumnos coloquen el preparado en un microscopio, logren enfocarlo y observen directamente las células. Sin embargo este tipo de procedimiento se repite en cada uno de los 8 Trabajos Prácticos de la asignatura. Los estudiantes no realizan el protocolo de procesamiento y tinción de las raicillas de cebolla para este práctico ya que la técnica requiere de tiempos que los alumnos no llegan a manejar por lo que observan preparados realizados previamente por los docentes de la cátedra. Así mismo para observar células en división es necesario hacer una búsqueda recorriendo atentamente muchos campos del preparado ya que en general se encuentran pocas células en diferentes estadios de la mitosis predominando ampliamente células en interfase, las cuales se observan y analizan más en detalle el Trabajo Práctico anterior de Núcleo Celular. En algunos microscopios los lentes objetivos de 40X no permiten hacer

foco correctamente dado que están deteriorados por el uso que reciben lo cual les dificulta mucho la observación. Ante estas dificultades, el docente generalmente deja enfocado en el mejor microscopio un campo con células en diferentes etapas de la mitosis para que observen los alumnos que no puedan encontrarlas en su microscopio. Por todo esto, el hecho de hacer un práctico diferente en un laboratorio virtual ofrece, no sólo la ventaja del interés que puede despertar una situación novedosa, sino también logra superar algunas dificultades de las actividades en el laboratorio de la facultad.

Esta actividad sirve para ejercitar el reconocimiento de los patrones que permiten identificar cada etapa de la división celular y clasificarlas, pero además la cuantificación de la cantidad de células que se encuentran en cada etapa para elaborar una conclusión sobre el tiempo que pasará una célula a lo largo de su ciclo celular en interfase o en división y dentro de ésta en cada una de sus etapas.

Dentro de las dimensiones que utilizaron los docentes para definir qué procesos cognitivos se desarrollaban a través de las actividades, consideraron para la Actividad N° 4: recordar, comprender, aplicar, analizar y evaluar.

Actividad 4: Mitosis

Puntas de Raíz de Cebolla online

<http://www.biologia.arizona.edu/cell/act/onion/onion.html>

Determinación del tiempo usado en las diferentes fases del ciclo celular

Trabajo práctico
 En esta actividad vas a ver células de la punta de una raíz de cebolla. Clasificá cada célula según en qué fase está. Al finalizar contá las células encontradas en cada fase y usá esos números para predecir cuánto tiempo pasa una célula en cada fase.

	interfase	profase	metafase	anafase	telofase	total
N° de células						36
% de células						100%

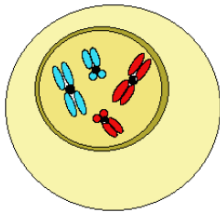
¿Cuál es tu conclusión a partir del resultado obtenido?

Figura 7. Actividad N° 4: Mitosis de la aplicación hipermedia.

Para la Actividad N° 5: Meiosis (Fig. 8) se identificaron las dimensiones recordar, comprender, aplicar, analizar, evaluar y crear.

Actividad 5: Meiosis

La figura siguiente representa el esquema de una célula que va a dividirse por meiosis.



- 1) ¿Cuántos pares de cromosomas homólogos y cuántas cromátidas contiene?
- 2) ¿Esta célula ya atravesó la fase S de la interfase? ¿Por qué?
- 3) ¿Qué hechos de la meiosis dan como resultado gametos con diferentes cromosomas?
- 4) ¿Qué diferencia notaste entre la primera y la segunda división meiotica?
- 5) ¿Se produce recombinación genética en ambas divisiones meioticas? ¿Por qué?
- 6) ¿Cuál crees que es el objetivo de la meiosis?
- 7) ¿Este tipo de división sólo se realiza en las células de los organismos con reproducción sexual? ¿Por qué?
- 8) Realiza un dibujo digital que represente las etapas de la Meiosis utilizando el programa que prefieras (Corel draw, Paint, etc.).

Figura 8. Actividad N° 5: Meiosis de la aplicación hipermedia.

La Actividad N°6: Integración de Ciclo Celular (Fig. 9) se centra principalmente en la dimensión analizar.

Actividad 6: Integración de Ciclo Celular

Esperamos que este recorrido por diferentes caminos del ciclo celular te haya ayudado a lograr los siguientes objetivos:

- Establecer la importancia del ciclo celular.
- Identificar las etapas y los cambios nucleares en el ciclo celular.
- Interpretar la división celular mitótica y meiótica.
- Diferenciar características, función y resultado de los dos tipos de división celular.
- Relacionar la meiosis con la recombinación génica y la reproducción.
- Integrar las diferentes etapas del ciclo celular con los procesos y estructuras celulares estudiados anteriormente.

Como cierre de este tema te proponemos la siguiente actividad:

- Confeccioná un mapa conceptual que integre todos los conceptos principales sobre ciclo celular vistos en este trabajo práctico. Podés realizarlo en este archivo de word o podés hacerlo en power point o CmapTools según te resulte mejor.

Figura 9. Actividad N°6 de la aplicación hipermedia.

La Actividad N° 7: Biotecnología (Fig. 10) abarca todas las dimensiones presentadas.

Actividad 7: Biotecnología

1. A continuación se presentan pares de términos. Para cada par redacta con tus palabras un breve texto (alrededor de 2 o 3 líneas) en el cual ambos conceptos estén relacionados.

- a. ingeniería genética / genes
- b. Clonación / organismo transgénico
- c. ADN / enzimas de restricción

2. Analizá el esquema y respondé a las consignas:



- a. ¿Qué representa el esquema?
- b. ¿Cuál es la característica que se transfiere de un organismo a otro?
- c. ¿Qué componente celular se transfiere de un organismo a otro?
- d. ¿Qué características presenta el organismo que aporta el rasgo deseado?
- e. ¿Qué ventaja podría representar obtener un cultivo de maíz con esta nueva característica?
- f. ¿Quién se vería beneficiado con este nuevo cultivo transgénico? ¿Por qué?

3. A continuación se presentan dos artículos seguidos de preguntas que deberás responder en base al análisis de los mismos:

a) Maní transgénico con alto contenido de beta-carotenos

Extraído de Novedades de Biotecnología. www.argenbio.org. Enero 2005

El Instituto de Investigación de Cultivos de los Trópicos Semi-Áridos (ICRISAT) inició un proyecto para aumentar la cantidad de beta-caroteno en el maní. La investigación es parte del "programa de desafío global" del Grupo Consultor para la Investigación Agrícola Internacional que tiene como objetivo la biofortificación de los cultivos para combatir la desnutrición por deficiencia de nutrientes como el zinc, el hierro y al vitamina A en los alimentos. El Dr K. K. Sharma, fitomejorador del ICRISAT, señaló: "la investigación del ICRISAT ayudará a combatir la deficiencia de vitamina A, particularmente, en los niños y mujeres desnutridos. La mayoría de las personas desnutridas viven en las regiones tropicales semi-áridas y esta variedad de maní puede cultivarse en India". También explicó que en el ICRISAT los métodos de transformación genética de las plantas de maní han sido optimizadas y que están empleando esta tecnología para obtener maní transgénico con altos niveles de beta-carotenos (precursor de la vitamina A). Los investigadores también creen que esta nueva variedad de maní transgénico podría servir de base para la incorporación posterior de otras características, como resistencia a enfermedades y tolerancia a estreses abióticos, para aumentar también la productividad del cultivo en al región. "La deficiencia en vitamina A puede llevar a la ceguera. Según al Organización Mundial de la Salud, casi 350.000 chicos quedan parcial o totalmente ciegos cada año debido a esa deficiencia y alrededor del 60% de ellos mueren a los pocos meses de haber quedado ciegos", explicó el Dr Sharma.

- a.1) ¿Qué aspectos /hechos de la realidad observaron los investigadores y captaron su atención?
- a.2) ¿Cuál es la principal modificación realizada en el maní por los investigadores?
- a.3) ¿Cuál es objetivo final de las investigaciones realizadas en esta especie y cuáles han sido los avances logrados hasta el momento?
- a.4) ¿Por qué se eligió esta especie para realizar las modificaciones genéticas?
- a.5) ¿Cuáles pueden haber sido los pasos en la investigación y cuáles serán los pasos a seguir en el futuro?

b) Clonan por primera vez un caballo en Argentina

Extraído de Novedades de Biotecnología. www.argenbio.org. Octubre de 2010.

Nació en 2010, el año del Bicentenario y lo bautizaron así: BS Ñandubay Bicentenario. Es un caballo criollo con la fuerza y agilidad necesarias para las competencias deportivas. Pero no es un caballo "normal" es uno clonado. El primero en Argentina y en América Latina.

"El primer clon equino viable de Latinoamérica, bautizado BS Ñandubay Bicentenario, nació el 4 de agosto en una cabaña de la localidad de Baradero", dijo en una conferencia de prensa Marcelo Argüelles, que mantuvo el experimento en secreto hasta hoy.

Con este logro Argentina se posiciona como el cuarto país del mundo con capacidad de reproducir caballos de alto valor mediante clonación. La técnica utilizada permitirá obtener clones equinos de igual genética que los "donantes de elite", carentes de capacidad reproductiva (debido a castración u otros motivos). Es de particular importancia para caballos de salto, polo o endurance (prueba de resistencia). BS Ñandubay Bicentenario nació el 4 de agosto y se convirtió en el primer clon equino viable de Latinoamérica. Se trata de un potrillo de raza criolla, clonado a partir de células de piel de un laureado caballo, llamado Ñandubay.

El logro fue el resultado de la labor combinada de Bio Sidus, a cargo del Dr. Andrés Bercovich, el Laboratorio de Biotecnología Animal de la Facultad de Agronomía (UBA), a cargo del Dr. Daniel Salamone (CONICET), y la Cabaña "Don Antonio" de la firma TresArg, responsable de los trabajos de campo y aporte de los ejemplares de caballos criollos.

El equipo pudo llevar a cabo todos los pasos relativos a la generación de embriones, transferencia embrionaria, manejo sanitario de la preñez y finalmente, un parto exitoso.

Primero, las células aportadas por el caballo Ñandubay fueron cultivadas por investigadores en un laboratorio y luego fusionadas a un óvulo al que previamente se le había retirado su material genético (enucleación).

Posteriormente, la célula resultante de esta fusión fue activada para obtener un embrión que fue llevado a un campo de la provincia de Buenos Aires. Allí un médico veterinario realizó la transferencia del embrión al útero de una yegua hormonalmente preparada para recibirlo.

Luego, la preñez fue monitoreada hasta un mes antes de la fecha de parto, cuando la yegua fue trasladada a un centro de salud equina de excelencia. Allí, nació BS Ñandubay Bicentenario.

Inmediatamente se procedió a tomar muestras, tanto de BS Ñandubay Bicentenario como del ejemplar donante, para certificar mediante análisis genético si el potrillo era un clon.

El material fue enviado al laboratorio de genética veterinaria de la Universidad de California, en EE.UU., reconocido como el máximo centro de referencia mundial en estudios genéticos equinos y desde allí llegó la confirmación de que los perfiles genéticos de ambos animales eran idénticos.

b.1) ¿Cuál es el logro biotecnológico que se destaca en este artículo?

b.2) ¿Cuál es el beneficio que ofrece el uso de esta técnica?

b.3) Menciona los pasos que se siguieron para obtener a BS Ñandubay Bicentenario

b.4) ¿Cuál es tu opinión con respecto al desarrollo de estas tecnologías en la Argentina?

4. A partir de la búsqueda y lectura crítica de artículos de Internet, selecciona al menos dos ejemplos de los últimos desarrollos biotecnológicos alcanzados en el área de la producción animal y vegetal de importancia en nuestro país. Descríbelos brevemente.

5. En grupos de 2 o 3 alumnos elijan uno de los textos de las actividades 3 o 4 y en base a ellos diseñen un recurso (video, presentación audio visual, poster, animación, etc) para divulgar esa información a través de un blog, página web o red social.

Figura 10. Actividad N°7: Biotecnología de la aplicación hipertexto.

En líneas generales los docentes consideraron que el desarrollo del trabajo práctico utilizando la aplicación permitiría a los alumnos poner en práctica numerosos procesos cognitivos incluyendo los que se tuvieron en cuenta en el cuestionario.

Finalmente afirmaron que la aplicación hipermedia podría utilizarse para reemplazar el trabajo práctico tradicional, no sólo cumpliendo con los objetivos planteados para el mismo, sino también con los nuevos objetivos que podrían agregarse en relación a la construcción del conocimiento, al desarrollo de habilidades cognitivas más complejas y al uso de TIC.

3.2 - Aplicación y evaluación del sistema hipermedia por Alumnos de Biología Celular (FCA)

En el año 2011 se seleccionaron al azar 2 comisiones que utilizaron la aplicación hipermedia Ciclo Celular y Biotecnología en reemplazo del correspondiente trabajo práctico tradicional. La misma experiencia se repitió en el año 2013 con otras 2 comisiones. Esta actividad fue guiada por el docente de cada comisión y se realizó en el aula de informática de la facultad. Se dispuso de suficiente cantidad de computadoras lo que le permitió a los alumnos trabajar de manera individual y navegar a su propio ritmo. Contaron con la asistencia del docente si la necesitaban e intercambiaron ideas, y dudas con sus compañeros.

Los alumnos trabajaron con la aplicación en el tiempo (2 horas reloj) y horario habitual (horario de trabajos prácticos de su comisión) cambiando el espacio de trabajo del laboratorio al aula de informática. Tuvieron acceso a la aplicación de manera no presencial desde la semana previa al trabajo práctico a través del aula virtual de la asignatura Biología Celular en la que se subió el instructivo (Anexo 9) para descargar y ejecutar la AH de un *dropbox* y se les brindó la posibilidad de llevarse la aplicación en un dispositivo de almacenamiento (*pendrive*) o CD. Esto les permitió poder explorar la aplicación fuera del horario de clase de manera de manejar sus propios tiempos de trabajo. Las respuestas de las actividades fueron enviadas por correo electrónico al docente contando con una semana posterior al trabajo práctico para hacerlo. Se les pidió además que respondieran el cuestionario sobre la aplicación hipermedia (Anexo 4).

Los 75 alumnos de la Asignatura Biología Celular que realizaron el TP Ciclo Celular y Biotecnología utilizando la aplicación hipermedia enviaron las respuestas de las actividades a sus respectivos docentes de la asignatura en formato digital. Además, respondieron el CEA (Anexo 4).

En general, las respuestas de los alumnos con respecto a la ejecución, diseño, actividades, contenidos y la forma de presentarlos fueron positivas predominando las respuestas *bastante* y *mucho* de la escala de tipo Likert (Fig. 11). Les llevó en promedio una hora realizar una navegación completa de la aplicación y no mostraron dificultades en el manejo de la aplicación.

Con respecto a las preguntas abiertas sobre la opinión de los alumnos sobre este tipo de material didáctico, entre las respuestas mencionaron que: *es una forma distinta de aprender, permite integrar, es más divertido, contribuye al aprendizaje, es más variado y atractivo, es más fácil realizar las actividades y entregarlas, te permite ir a tu ritmo, ayuda a afianzar lo visto.*

Por otra parte, manifestaron como obstáculos que: *hay que adaptarse a una nueva forma de trabajar, a veces tantos elementos desorientan un poco, hace falta tener computadora y para algunas cosas internet, hay que decidir qué elementos abrir para no ver varias veces lo mismo.*

La mayoría de los alumnos expresaron que este tipo de trabajo les pareció muy interesante, que el uso de la tecnología para estudiar les resulta más atractivo que las clases tradicionales, aunque algunos comentaron que les gustaría una combinación entre ambas formas.

El análisis de las actividades en las que trabajaron los estudiantes mostró un importante nivel de respuestas dado que de los 75 alumnos que realizaron el TP utilizando la aplicación 68 (91%) enviaron sus archivos. Si bien esos 68 estudiantes no respondieron todas las tareas propuestas en la AH, un alto porcentaje (75%) envió los archivos correspondientes a las 7 actividades (Fig.12) con un grado variable de cantidad de consignas resueltas (Fig. 13). Todos los alumnos respondieron de manera completa las consignas de las actividades 1, 2 y 3. A pesar de que en las otras actividades la cantidad de consignas con respuestas completas fue menor, el porcentaje superó el cincuenta por ciento en todos los casos. Con respecto a la calidad conceptual de las respuestas, se establecieron las categorías *regular, bueno y muy bueno* en función de la opinión de los docentes sobre el nivel conceptual que permite el cumplimiento de los objetivos del TP (Fig 14).

Para establecer una comparación entre las respuestas de los alumnos que utilizaron la AH y los que realizaron el TP tradicional, sólo pueden tenerse en cuenta las actividades 2 y 3 que corresponden a las actividades del libro de texto de la asignatura.

Se solicitaron libros a 16 alumnos (elegidos al azar) de comisiones que realizaron el TP tradicional cuyos docentes tuvieron en paralelo comisiones que trabajaron con la aplicación. Esta comparación mostró que en general los alumnos que utilizaron la aplicación hipermedia respondieron de manera completa mayor cantidad de consignas (Fig. 15) y sus respuestas mostraron un mejor nivel conceptual que las de los alumnos que realizaron el trabajo práctico tradicional (Fig, 16). Dado que para los alumnos que trabajaron con la aplicación hipermedia la cantidad de actividades fue mayor, inicialmente los docentes pensaron que podrían sentirse sobrecargados y que eso afectaría negativamente la cantidad y calidad de las respuestas de los alumnos. Sin embargo, esto no ocurrió y el rendimiento positivo en las respuestas obtenidas de los alumnos que utilizaron la aplicación podría dar cuenta de un mayor interés producto tanto de la novedad de utilizar este método digital como de actividades diferentes a las habituales. Así mismo se podría pensar que el hecho de que a los alumnos que utilizaron la AH se les solicitara el envío de las respuestas de las actividades por correo electrónico al docente les generara mayor compromiso para escribir sus respuestas que a los alumnos que realizaron el trabajo práctico tradicional cuyas respuestas a las actividades en el libro, generalmente, no son revisadas individualmente por el docente, sino que se discuten de manera grupal en el TP.

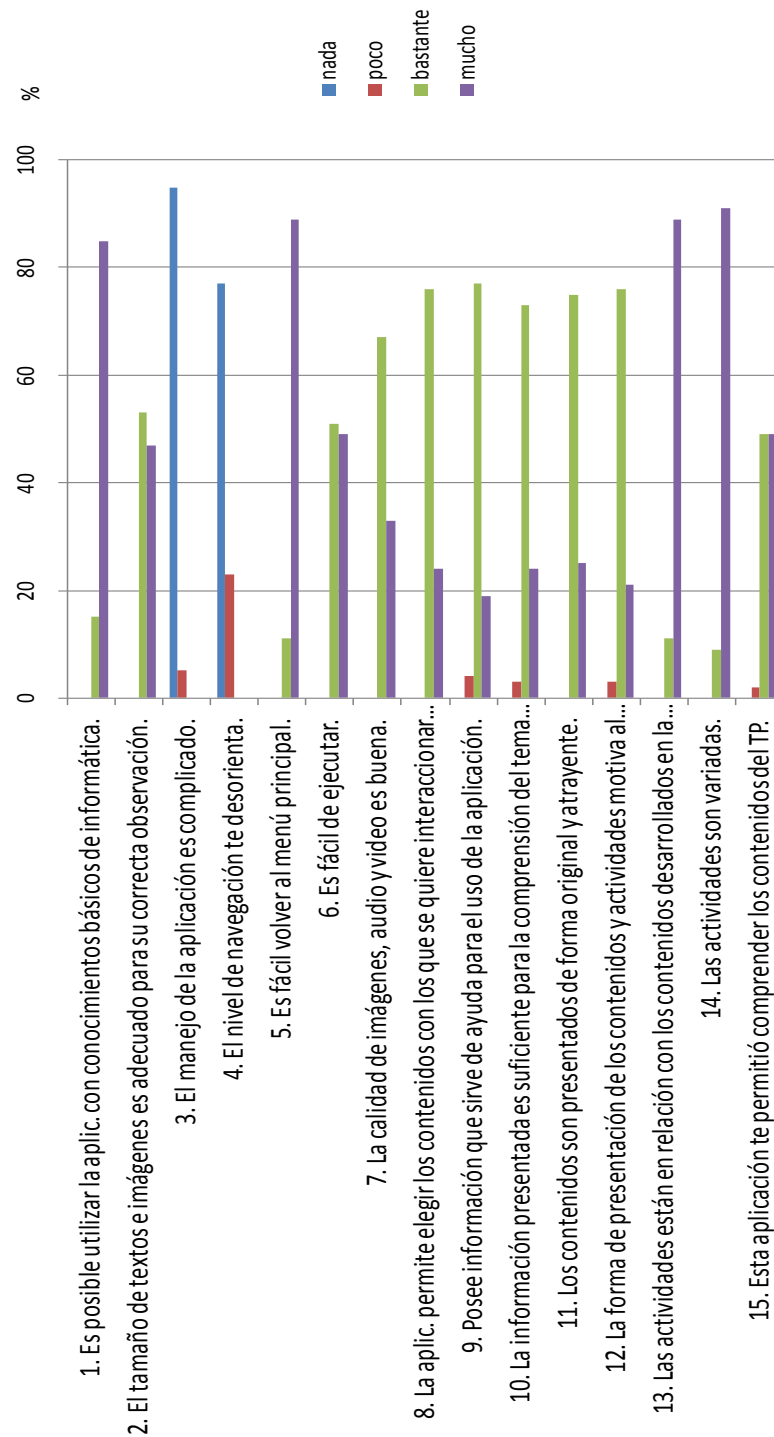


Figura 11. Gráfico que resume las respuestas de la pregunta 1 del cuestionario de evaluación de la aplicación hipermedia para alumnos de Biología Celular sobre las características de diseño técnicas y didácticas de la aplicación. El mismo expresa los porcentajes de respuestas obtenidas para las categorías nada, poco, bastante, mucho de la escala de tipo Likert (n=75). Algunos enunciados fueron abreviados pero pueden visualizarse de manera completa en el Anexo 4.

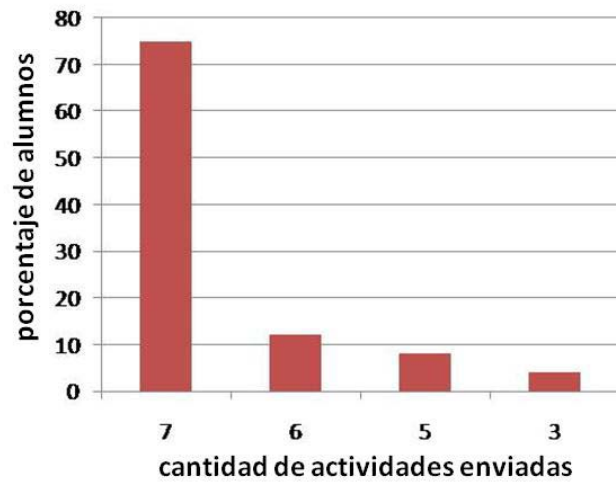


Figura 12. Porcentaje de alumnos que envió una determinada cantidad de las 7 actividades propuestas en la AH (n=68).

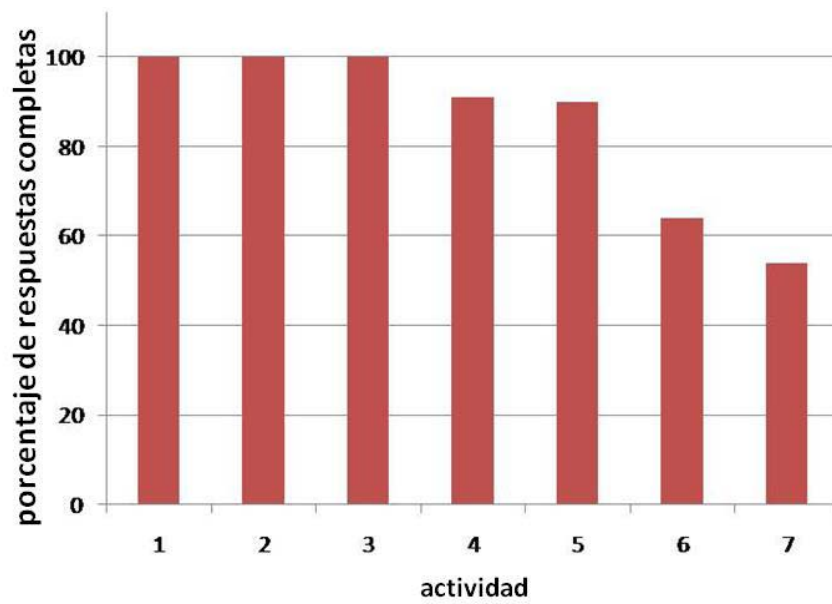


Figura 13. Porcentaje de respuestas completas a las consignas planteadas en cada una de las 7 actividades de la AH (n=68).

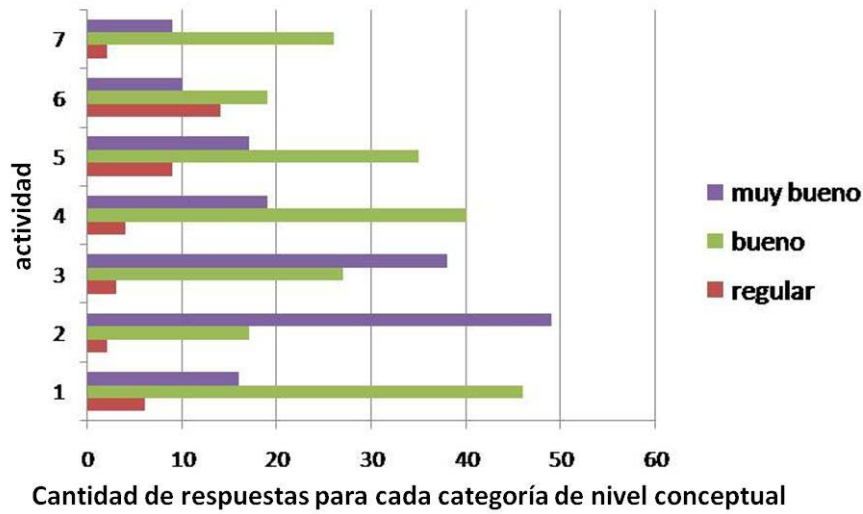


Figura 14. Cantidad de respuestas de cada actividad clasificadas en las categorías regular, bueno y muy bueno en base al nivel conceptual alcanzado según el criterio de sus docentes.

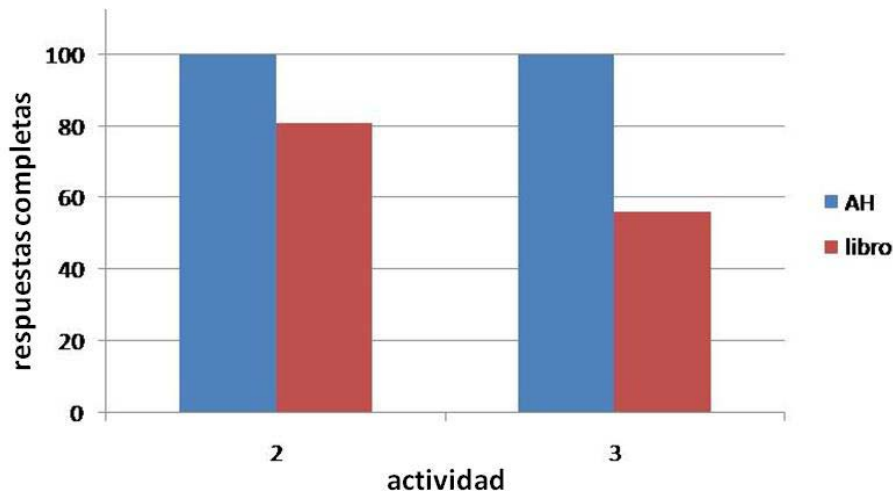


Figura 15. Comparación del porcentaje de respuestas completas obtenidas para las actividades 2 y 3 entre los alumnos que utilizaron la AH (enviadas por correo electrónico) y los que realizaron el TP y las escribieron en sus libros de texto de la asignatura (n=68 para AH, n=16 para libro).

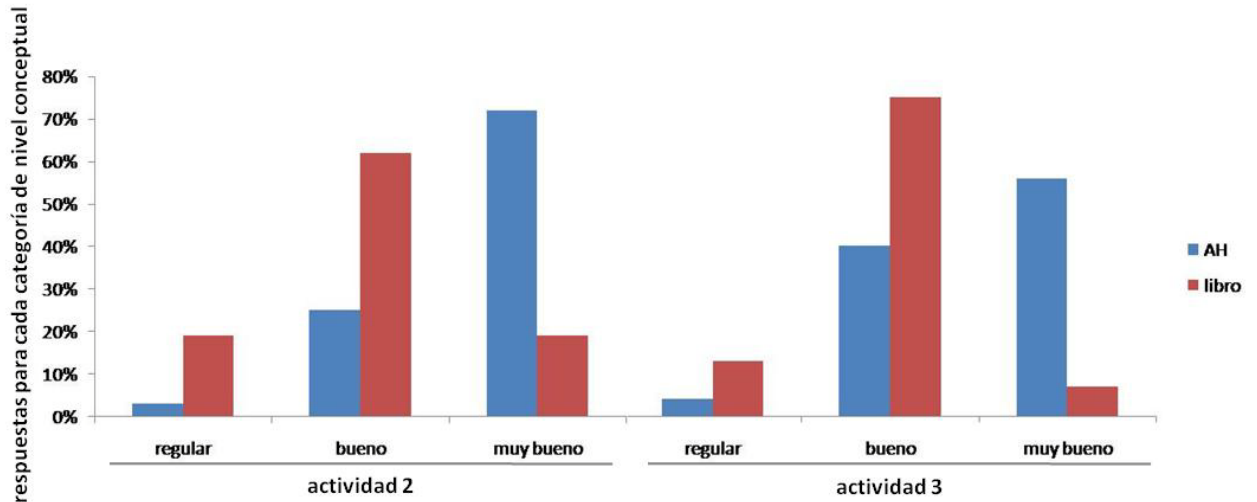


Figura 16. Comparación del porcentaje de respuestas de las actividades 2 y 3 para cada categoría de nivel conceptual entre alumnos que las realizaron a través de la AH y los que las realizaron en el libro de manera tradicional (n=68 para AH, n=16 para libro).

Las rutas que cada uno de los alumnos pudo seguir para recorrer la aplicación hipertexto fueron múltiples. Si bien hay una organización conceptual jerárquica que da un eje y una posible secuencia a través de las páginas principales de la aplicación, cada uno pudo moverse desde y hacia cada una además de elegir en qué orden abrir los elementos multimedia, textos o incluso sólo abrir algunos. La combinación entre nodos y enlaces fue por lo tanto muy variable. De la misma manera, cada alumno tuvo la posibilidad de elegir en qué momento realizar las actividades.

En la figura 17 se muestran todos los nodos y enlaces de las páginas de la aplicación hipertexto. Esta imagen evidencia la complejidad de toda la aplicación, sin embargo, en el momento en que cada estudiante se encuentra ante una página, seleccionará un único nodo por vez y, como se mencionó anteriormente, puede elegir no visitar todos los nodos de una página (Fig. 18) sino sólo algunos de ellos que le resulten relevantes (Fig. 19). Se debe tener en cuenta que hay botones que se encuentran en todas las páginas ofreciendo la opción de abrirlos en cualquier momento, pero éstos no son utilizados en todas las páginas sino que en general los usuarios sólo los abren apenas inician su secuencia en la aplicación. La secuencia de las páginas resultó bastante intuitiva, según los comentarios de los alumnos, siguiendo el eje conceptual: célula - repaso de cromosomas - célula - ciclo celular - división celular - mitosis / meiosis, dejando para el final la página de biotecnología.

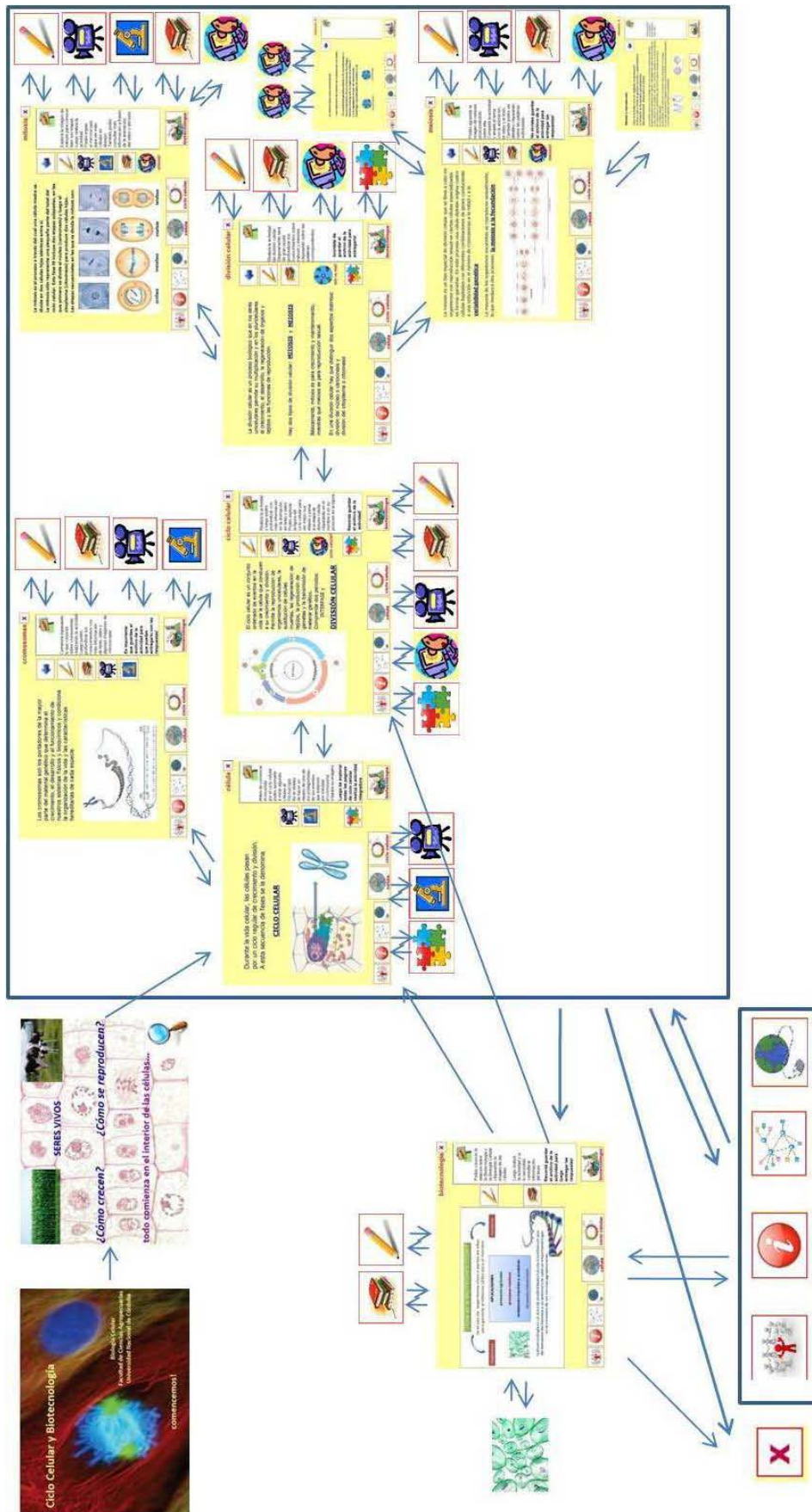


Figura 17. Representación de la aplicación hipertexto con todos sus nodos y enlaces.

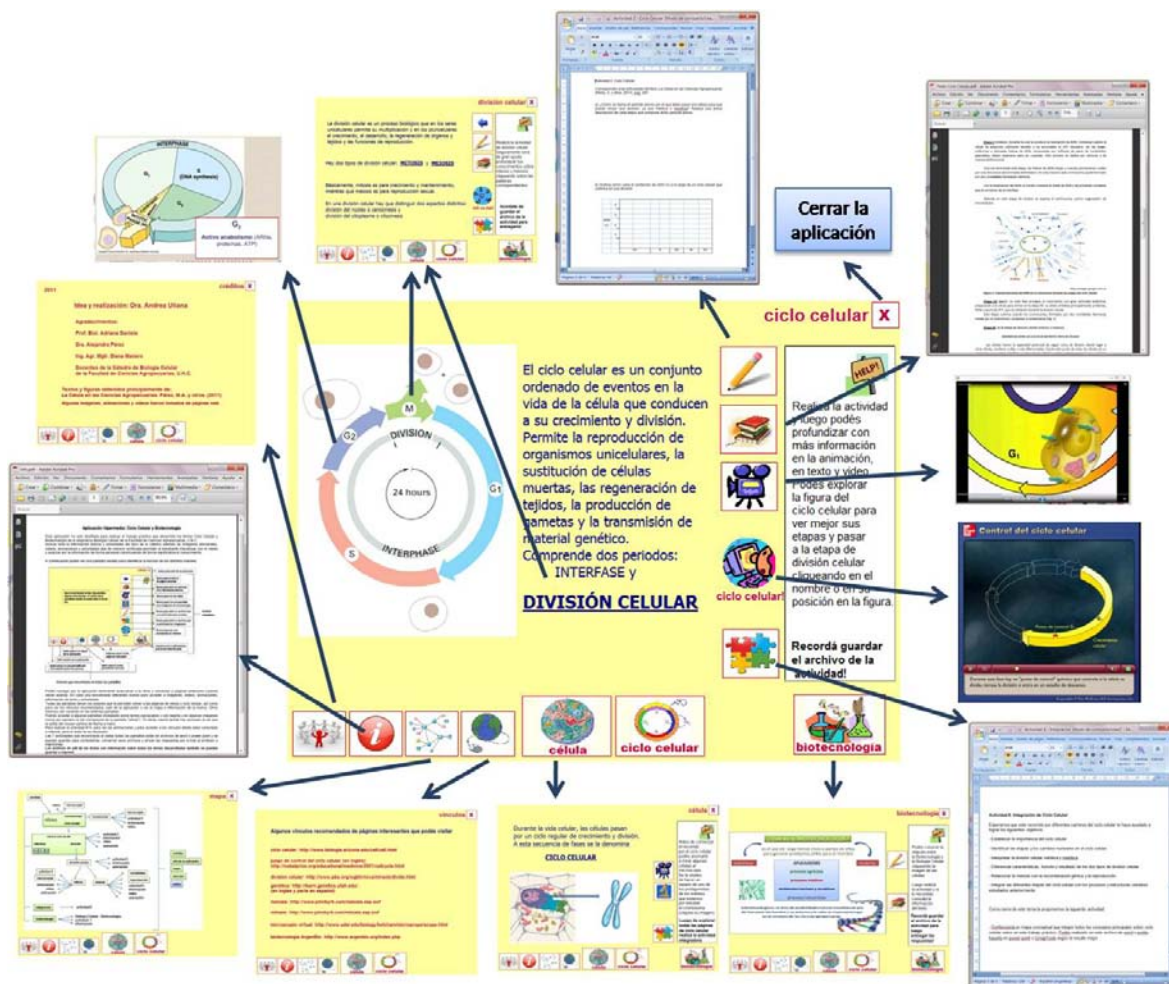


Figura 18. Representación de una página modelo de la aplicación con todos sus nodos incluyendo los que se repiten en todas las páginas.



Figura 19. Representación de la página modelo "ciclo celular" con los nodos que son generalmente ejecutados por los usuarios, ya que resultan los más relevantes para lo que se está estudiando en esa página. Se incluyen también las páginas anterior (célula) y posterior (división celular) según la elección más frecuente de los usuarios (este sentido está indicado con las flechas verdes).

A partir de la observación de las clases y de la opinión de los docentes que estuvieron a cargo de las mismas se evidenció un trabajo ordenado y autónomo, aunque surgieron numerosos intercambios de dudas e información tanto entre los alumnos como con los docentes. Los estudiantes participaron activamente y con entusiasmo en esta modalidad de trabajo práctico que les resultó novedosa. Se observó además mayor participación y compromiso con la actividad en alumnos que normalmente muestran desinterés en las clases tradicionales.

3.3 - Aplicación y evaluación del sistema hipermedia por Alumnos del Profesorado en Ciencias Biológicas (FCEF N).

Para estudiar el uso de la aplicación hipermedia en otro contexto y desde otra perspectiva, en el año 2012 se trabajó con 40 alumnos de la asignatura Problemática de la Educación en Ciencias del Profesorado en Ciencias Biológicas de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEF N), UNC Como parte del programa de esta asignatura, los alumnos realizan un trabajo práctico en el que analizan de forma colaborativa y grupal un capítulo de un libro de texto de Biología de nivel medio. Si bien el cursado de esta asignatura es presencial, también utilizan mucho el aula virtual, a través de la cual realizan y entregan los trabajos prácticos. Gracias a la colaboración de los docentes de la asignatura se programó que los alumnos utilizaran en esa oportunidad el capítulo de Ciclo Celular y División Celular del libro de texto para que lo tuvieran como referencia para el posterior trabajo con la aplicación hipermedia. De la misma manera que con el libro de texto, realizaron un trabajo práctico grupal (14 grupos en total) que consistió en el análisis de esta nueva herramienta didáctica. Durante una clase presencial se realizó una introducción sobre el uso de aplicaciones hipermedia con fines educativos y se entregó a cada grupo un CD (que contenía la aplicación hipermedia y el CEA en formato digital) y un instructivo para su ejecución. Los alumnos realizaron el TP a través del aula virtual de la asignatura y por ese medio enviaron las respuestas del CEA (Anexo 5).

En promedio necesitaron alrededor de una hora para realizar la navegación completa de la aplicación hipermedia. Las críticas del diseño de la aplicación fueron positivas, tanto para las cuestiones estéticas como para los contenidos y actividades. La mayoría manifestaron poca o ninguna dificultad para el manejo de la aplicación (Fig. 20).

En la comparación con el libro de texto realizaron una completa descripción del tipo de actividades e imágenes identificando una gran variedad de ambas y, en general, consideraron que los conceptos que eligieron como claves para la comprensión del tema fueron desarrollados con mayor profundidad en la aplicación hipermedia destacando la gran variedad de maneras en que fueron desarrollados lo cual es una limitación para el libro.

En los comentarios que realizaron sobre la aplicación mencionaron: *es un material didáctico dinámico, motivador, ayuda a visualizar mejor temas complejos, permite interactuar, trabajar de manera más autónoma y da la posibilidad de elegir la mejor opción y herramienta para comprender los diferentes temas, ayuda a pensar e interrelacionar temas, permite profundizar los temas según los intereses de los alumnos, por la diversidad y calidad de los contenidos sería un material muy útil para alumnos que cursaran de manera virtual.*

El hecho de mostrar algunos contenidos utilizando varios recursos (videos, animaciones, texto, etc.) a algunos alumnos les resultó repetitivo. Varios indicaron que todavía es una herramienta novedosa y no tan común que requiere de guía y entrenamiento y que es un complemento del libro de texto tradicional. Sin embargo expresaron que el uso de TIC permite poner en práctica mayor variedad de procesos cognitivos y desarrollar más competencias. Esta afirmación se vio apoyada por las respuestas de la pregunta 2 del cuestionario (Fig. 21).

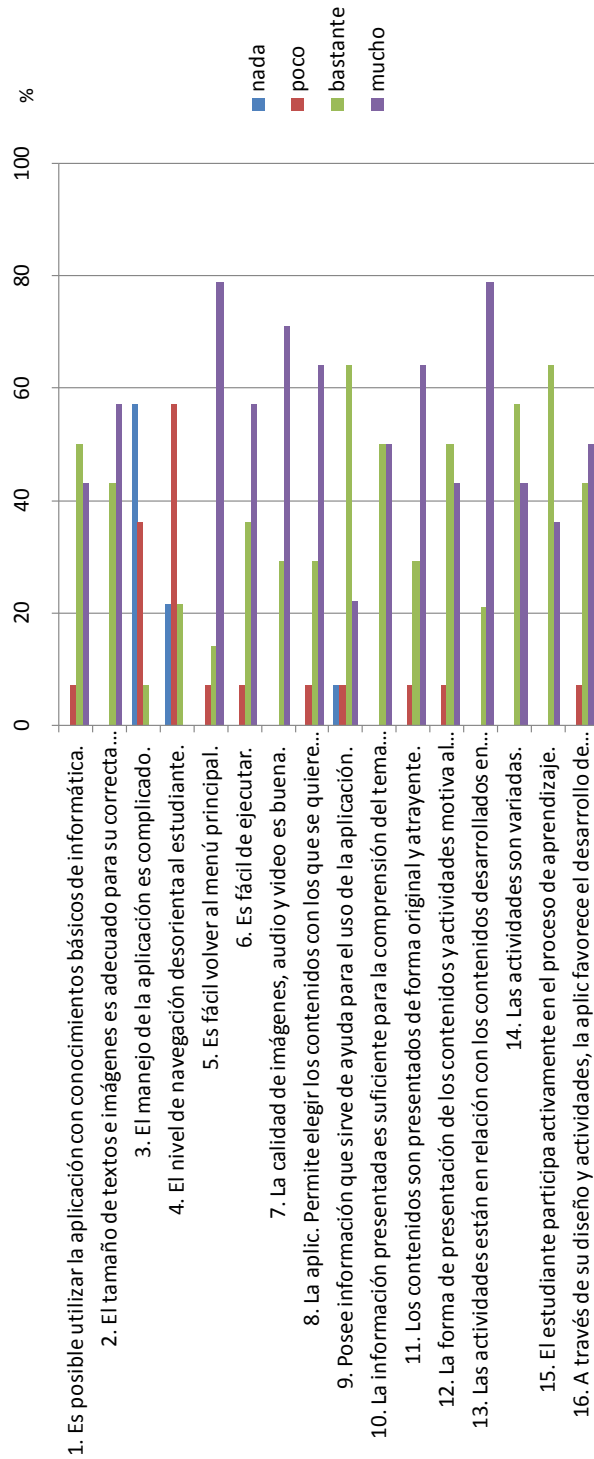


Figura 20. Gráfico que resume las respuestas de la pregunta 1 del cuestionario de evaluación de la aplicación hipermedia para alumnos de Profesorado en Ciencias Biológicas sobre las características de diseño técnicas y didácticas de la aplicación. El mismo expresa los porcentajes de respuestas obtenidas para las categorías nada, poco, bastante, mucho de la escala de tipo Likert (n=14 -40 alumnos en 14 grupos-). Algunos enunciados fueron abreviados pero pueden visualizarse de manera completa en el Anexo 5.

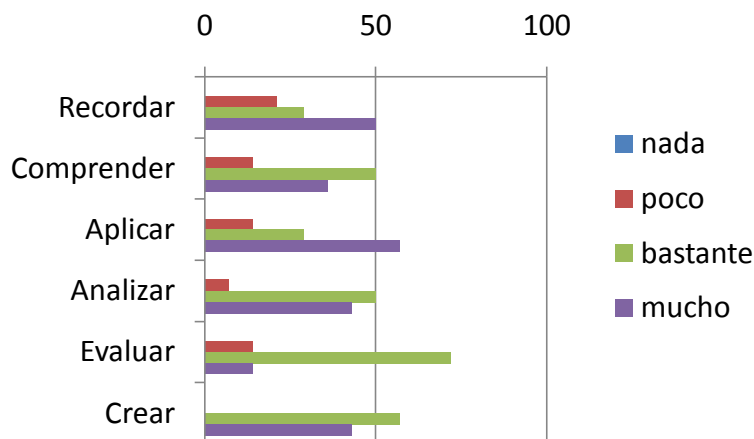


Figura 21. Gráfico que resume las respuestas de la pregunta 2 del cuestionario de evaluación de la aplicación hipermedia para alumnos de Profesorado en Ciencias Biológicas sobre los procesos cognitivos que pueden desarrollar los alumnos con la aplicación. El mismo expresa los porcentajes de respuestas obtenidas para las categorías nada, poco, bastante, mucho de la escala de tipo Likert (n=14 -40 alumnos en 14 grupos-).

3.4 - Aplicación y evaluación del sistema hipermedia por Docentes de Nivel Medio

En primera instancia se realizó en la FCA un taller al que asistieron 10 docentes de Ciencias Naturales de Nivel Medio en el que se desarrollaron aspectos básicos del uso educativo de las TIC, algunas nociones sobre CPC en la enseñanza de las Ciencias Naturales y el uso de algunas herramientas didácticas digitales entre las que se encontraban las aplicaciones hipermedia.

Previo al taller se les envió por correo electrónico a los docentes inscriptos una encuesta cuyas respuestas debieron enviar antes de asistir al taller. Dicha encuesta (Anexo 6) dio cuenta de que los conocimientos teóricos y prácticos sobre el uso de las TIC eran en su mayoría muy elementales, que todos utilizan internet para correo electrónico y buscar información, algunos utilizan redes sociales y que el uso de medios tecnológicos para la enseñanza de su asignatura es bastante básico (en muchos casos se limita al uso de cañón de proyección para mostrar videos o presentaciones power point).

Los asistentes al taller, luego de completar la navegación de la aplicación hipermedia, respondieron el CEA (Anexo 7). En promedio les llevó 40 minutos explorar la aplicación, y la encontraron de fácil navegación, pudiendo ejecutarla con conocimientos básicos de informática y el mayor porcentaje de los docentes consideró que la calidad de los recursos es buena, que las actividades son variadas, están correctamente relacionadas con el desarrollo de los temas, motivan a los estudiantes permitiéndoles participar activamente en la construcción del conocimiento (Fig. 22). Además, identificaron diversos procesos cognitivos que pueden desarrollarse a través del uso de las aplicaciones (Fig. 23). Destacaron también que la aplicación hipermedia les resultó novedosa y muy apropiada para utilizarla con sus alumnos.

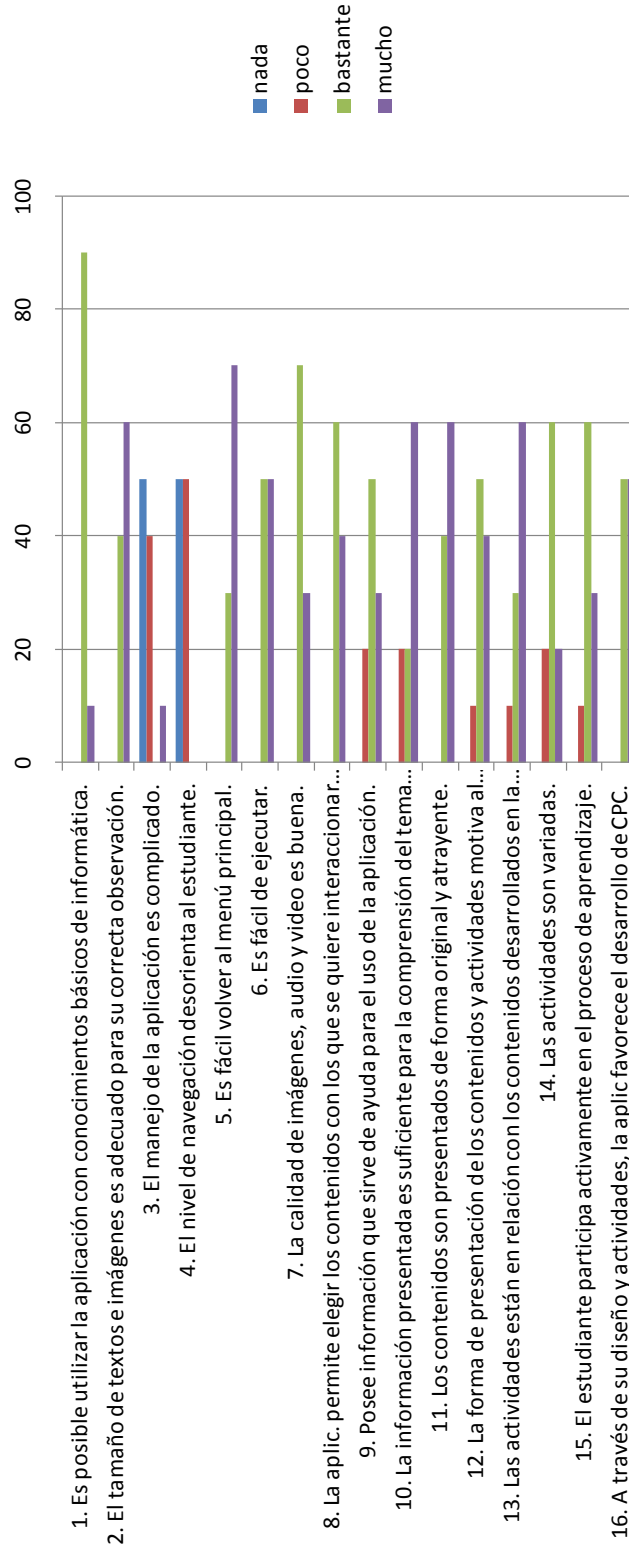


Figura 22. Gráfico que resume las respuestas de la pregunta 1 del cuestionario de evaluación de la aplicación hipermedia para docentes de Nivel Medio sobre las características de diseño técnicas y didácticas de la aplicación. El mismo expresa los porcentajes de respuestas obtenidas para las categorías nada, poco, bastante, mucho de la escala de tipo Likert (n=10). Algunos enunciados fueron abreviados pero pueden visualizarse de manera completa en el Anexo 7.

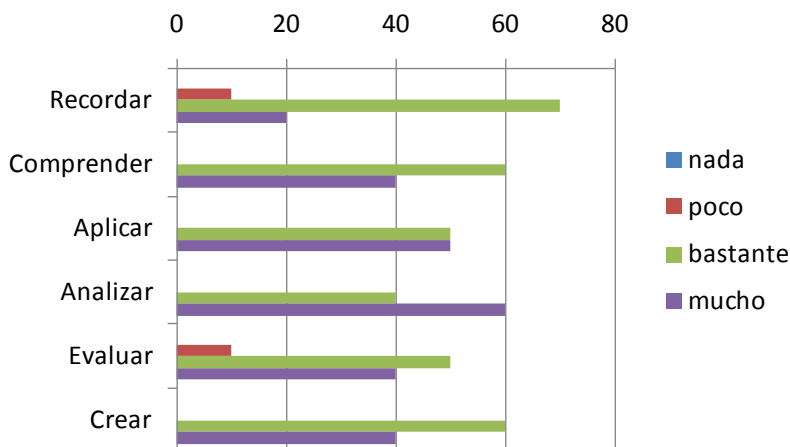


Figura 23. Gráfico que resume las respuestas de la pregunta 2 del cuestionario de evaluación de la aplicación hipermedia para docentes de Nivel Medio sobre los procesos cognitivos que pueden desarrollar los alumnos con la aplicación. El mismo expresa los porcentajes de respuestas obtenidas para las categorías nada, poco, bastante, mucho de la escala de tipo Likert (n=10).

3.5 - Aplicación y evaluación del sistema hipermedia por Alumnos de Nivel Medio

Durante la semana posterior al Taller Docente, visitaron la FCA alumnos de los últimos años de tres Escuelas de Nivel Medio: Escuelas Pías (38 alumnos), Colegio San José Dominicanas (53 alumnas), Asociación Educativa Pío León (20 alumnos).

Los alumnos de las tres escuelas de nivel medio realizaron el trabajo práctico utilizando la aplicación hipermedia Ciclo Celular y Biotecnología en el aula de informática de la FCA al igual que los alumnos de la facultad. Realizaron una navegación libre y completa de la aplicación con la guía sus docentes y de docentes de la cátedra de Biología Celular. En esa oportunidad se utilizaron 21 computadoras por lo que los alumnos de una de las escuelas (grupo menos numeroso) pudieron trabajar de manera individual mientras que los alumnos de las otras dos escuelas trabajaron de a dos o tres. De esa misma manera respondieron al cuestionario de evaluación de la aplicación (Anexo 8). Los alumnos respondieron sólo algunas de las actividades planteadas en la aplicación las cuales fueron previamente seleccionadas por su docente a quien enviaron las respuestas por correo electrónico. Luego de corregirlas los profesores realizaron una devolución cualitativa sobre la calidad de las respuestas de sus alumnos teniendo en cuenta si las respuestas fueron correctas, según lo esperado para su nivel

educativo. Los docentes de las tres escuelas manifestaron que la mayoría de sus alumnos pudieron realizar correctamente las actividades propuestas lo cual sugiere que lograron comprender los conceptos a través de los diferentes formatos en que se presentó la información.

Las respuestas del CEA (Fig. 24) muestran que los alumnos no tuvieron dificultades en la navegación, la que les llevó unos 40 minutos en promedio. El diseño les resultó atractivo y variado y destacaron que las animaciones fueron de gran ayuda para entender algunos temas que les resultaban complejos.

Según lo expresaron los alumnos y docentes de Nivel Medio que participaron de las visitas a la FCA, la actividad resultó muy conveniente e interesante para los estudiantes. Es muy posible, que el hecho de visitar la Facultad, tomar contacto con sus docentes y alumnos acercándose a la vida universitaria sea la principal fuente de entusiasmo de la actividad global realizada. Sin embargo, además de contar con respuestas muy positivas con respecto a la herramienta didáctica utilizada, reflejadas en el CEA y las devoluciones de los docentes, podría sugerirse que el trabajo con la aplicación hipermedia pudo aportar a la experiencia general de la visita a la FCA la oportunidad de realizar un trabajo práctico de una asignatura de nivel superior, sintiéndose capaces de realizarlo, lo cual fortalece su confianza y permite romper barreras de miedos e inseguridades que plantea el desafío de ser estudiante universitario.

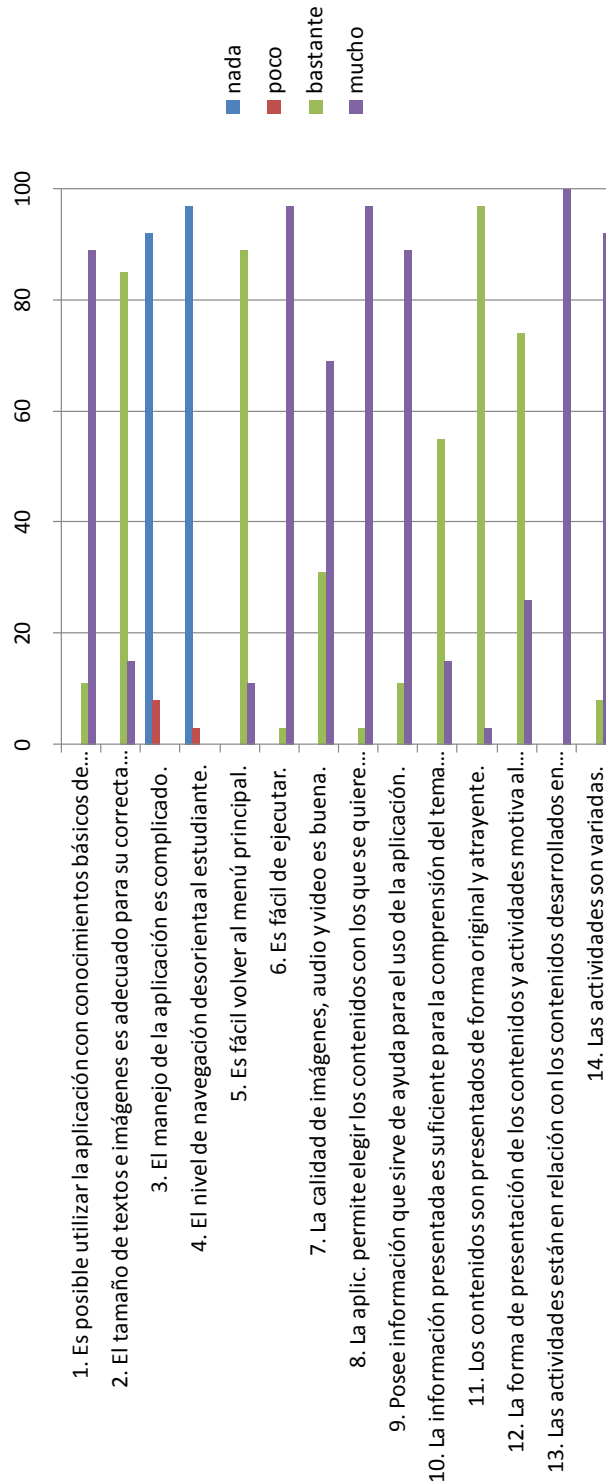


Figura 24. Gráfico que resume las respuestas de la pregunta 1 del cuestionario de evaluación de la aplicación hipermedia para alumnos de Nivel Medio sobre las características de diseño técnicas y didácticas de la aplicación. El mismo expresa los porcentajes de respuestas obtenidas para las categorías nada, poco, bastante, mucho de la escala de tipo Likert (n=65 -111 alumnos: 45 grupos, 20 individuales-). Algunos enunciados fueron abreviados pero pueden visualizarse de manera completa en el Anexo 7.

3.6 - *Discusión general de los resultados.*

En su conjunto estos resultados obtenidos a partir de las experiencias con los docentes y alumnos de Biología Celular, destinatarios principales de esta herramienta didáctica, sumada a la de estudiantes del Profesorado de Ciencias Biológicas y de docentes y alumnos de Nivel Medio, permitieron obtener un panorama bastante amplio de los alcances de la aplicación.

El análisis de los resultados obtenidos a partir de los instrumentos de evaluación especialmente delineados para el presente estudio, la opinión de docentes y alumnos, así como la observación de las situaciones en que fue implementada la aplicación hipermedia sugiere que el diseño técnico y didáctico permite una navegación sin dificultades que requiere de un tiempo adecuado para un TP. Se evidenció además una buena calidad de los contenidos y recursos, que presenta una amplia combinación de medios para acceder a la información a través de diferentes secuencias posibles desde una perspectiva no lineal. A partir de la opinión de los docentes, se consideró que las actividades planteadas son coherentes con el desarrollo de los temas y permiten al estudiante poner en juego numerosos procesos cognitivos y relacionar las nuevas ideas presentadas con su conocimiento previo para organizar la información nueva y otorgarle un significado situándolo como un constructor activo del conocimiento. Por su parte, los docentes pueden acercar a los estudiantes los medios para que sean capaces de aplicar los principios científicos en situaciones que se asemejen a las que se van a enfrentar como profesionales (DiCarlo, 2006; Coil et al, 2010; Fisher, 2011).

Estas observaciones dan cuenta de algunas de las ventajas que presentan las TIC en la educación ofreciendo la oportunidad de involucrar a docentes y estudiantes en la construcción de un aprendizaje significativo de las ciencias, que convoque, interese y entusiasme (Calderón et al., 2015). Las TIC introducen espacios de reflexión en los procesos de enseñanza y aprendizaje, al considerar las ventajas de esas herramientas tecnológicas para comunicar ideas, conceptos y conocimientos adaptados a los retos exigidos por los cambios (Zabala et al., 2013). Por otra parte, si son utilizadas con toda su potencialidad, lo que implica atribuir nuevos significados a los conceptos de enseñanza, aprendizaje y evaluación, pueden usarse como herramienta de enseñanza y ayudar al estudiante en el aprendizaje de contenidos en un proceso interactivo de reorganización de saberes (Hernández y Hervá , 2005).

Los sistemas hipermedia ofrecen una gran diversidad de lenguajes o modos de comunicación coherentes con los de la ciencia que se caracteriza por comunicar sus resultados mediante símbolos, esquemas, gráficos, analogías y modelos que se deben saber interpretar, combinar y comunicar para construir conocimiento (Quintanilla, 2014). En estos aspectos también cobran importancia las competencias de pensamiento científico que representarían una combinación dinámica de atributos en relación con conocimientos, habilidades, actitudes y valores que se nutren de un aprendizaje más amplio y enriquecedor. En este escenario los estudiantes son capaces de demostrar de manera no reproductiva que han aprendido ciencia y que pueden aplicarla en las variadas situaciones que se les presentan (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001). Así, una competencia es un tipo de conocimiento complejo que siempre se ejerce en el seno de un contexto que le da sentido (Quintanilla, 2006; Adúriz-Bravo, 2012). Por ello toma importancia la necesidad de abordar estrategias de enseñanza de las ciencias en el paradigma de la complejidad, pensando en la globalidad e intentando darle sentido y significado al conocimiento (Roa Acosta, 2006). A la luz del pensamiento complejo se

aprecia el potencial que tienen las tecnologías multimediales para la organización y la representación multidimensional del pensamiento y el aprendizaje (Cañas y Badilla Saxe, 2005).

CONCLUSIONES

Conclusiones

La valoración realizada sobre la aplicación hipermedia evidenció que el diseño de la aplicación fue apropiado para la realización de un trabajo práctico sobre Ciclo Celular y Biotecnología no sólo en el contexto de la asignatura Biología Celular de la FCA, para el cual fue inicialmente pensado, sino también en el Nivel Medio.

Los instrumentos diseñados para evaluar la innovación, permitieron realizar un análisis completo contando con datos que permitieron valorar el diseño desde los aspectos técnicos y didácticos así como la calidad de sus contenidos, recursos y actividades desde la perspectiva de alumnos y docentes de diferentes niveles del sistema educativo. Así mismo reflejaron la apreciación de los docentes con respecto a su aporte en la construcción del conocimiento de los estudiantes y su contribución al desarrollo de CPC.

Por tratarse de una herramienta de fácil acceso, que no genera costos, que permite una navegación sencilla y en tiempos adecuados para el desarrollo de un TP pudo implementarse sin dificultades en los diferentes contextos de interés para este proyecto.

A la luz de lo expresado por los alumnos y docentes, un logro importante fue conseguir un cambio en la actitud pasiva de los estudiantes para ser protagonistas de su propio aprendizaje, siguiendo su ritmo particular y sin depender exclusivamente de la comunicación de información del docente. Además este medio permitió presentar los contenidos a través de una combinación dinámica de elementos y tipos de datos ofreciendo múltiples formas y secuencias para acceder a la información lo que posibilitó a los alumnos elegir el orden y el modo de acceder a ella y trabajar de manera autónoma enriquecida con la interrelación entre compañeros y docentes. El diseño resultó amigable y atractivo, y los usuarios no tuvieron mayores dificultades ya que la aplicación ofrece un sistema de navegación sencillo.

Es importante destacar que este material aporta una variante metodológica que, sumada a otras estrategias y herramientas didácticas de la asignatura Biología Celular no sustituye la presencia del profesor sino que le otorga una nueva función. La labor de guía de los docentes es fundamental para orientar a los alumnos y ayudarlos en el desarrollo de procesos cognitivos que le faciliten futuros aprendizajes y para la construcción de conocimientos científicos. Todo esto favorece el desarrollo de capacidades como el razonamiento crítico, la búsqueda y selección de la información en fuentes adecuadas, la interpretación de datos, las habilidades para comunicar sus conocimientos, entre otras.

Por otra parte, en el complejo contexto de la educación actual, resulta de gran importancia enfrentar cambios en las estrategias didácticas, e incluso en el diseño de los espacios curriculares. Es necesario pasar de elementos aislados, a tramas interrelacionadas que den significado y promuevan el pensamiento complejo. En ese sentido, las aplicaciones hipermedia son una de las alternativas con las que se puede contar para trascender del diseño lineal, al diseño multirelacional en la organización y representación del conocimiento.

En líneas generales se evidenció que la aplicación hipermedia, diseñada para un contexto particular, respondió a las necesidades de los estudiantes y docentes en el tema

Ciclo Celular y Biotecnología, contando con relaciones apropiadas entre contenidos y medios, como videos, animaciones e imágenes, que complementan a las clases teóricas y las actividades tradicionales facilitando la comprensión de los contenidos y el desarrollo de CPC. Este análisis en su conjunto daría cuenta de que la aplicación hipermedia contribuyó en la mejora y actualización de los procesos de enseñanza y aprendizaje del tema dentro de la asignatura Biología Celular concediendo una valoración muy positiva a esta experiencia innovadora mediada por tecnología. Además sienta las bases de diseño para generar futuros módulos hipermedia que permitan afrontar nuevas preguntas pedagógicas y evaluar el impacto tanto en la enseñanza como en el aprendizaje.

Un desafío interesante para mejorar el diseño actual de muchas de la aplicaciones hipermedia podría ser, por ejemplo, superar la limitación de no poder registrar las secuencias que realizan los alumnos al recorrer la aplicación, los tiempos que pasan en cada página o los recursos que utilizan. Este tipo de información, que sí puede obtenerse de las aulas virtuales, presenta un gran valor para la investigación educativa y la posibilidad de identificar preferencias y dificultades que podrían usarse para mejorar la aplicación. Para ello deberían realizarse sobre un soporte en línea registrándose como usuario y no sobre programas que se descargan en la computadora permitiendo el trabajo sin conexión a internet. En la actualidad existen infinidad de aplicaciones que permiten su utilización en diferentes tipos de dispositivos, computadoras, tablets, teléfonos celulares lo cual facilita el acceso a los usuarios, por ello, una modificación de las aplicaciones hipermedia educativas en esta dirección sería un avance significativo.

Desde una visión constructivista y sociocultural de los procesos de enseñanza y aprendizaje se propone el uso de TIC como un elemento de innovación en la docencia universitaria, como ayuda a la adquisición de capacidades de aprendizaje autónomo y autorregulado y como medio para poner en práctica procesos cognitivos que se reflejen en el desarrollo de competencias de pensamiento científico que sin dudas, resultan de gran importancia en la formación profesional.

La innovación es una actividad esencial para la mejora de los procesos de enseñanza y aprendizaje, aporta líneas de reflexión y transformación relevantes para enriquecer estos procesos y constituye una base para el diseño y desarrollo curricular. Para esto es importante que los docentes adopten una actitud y una práctica generadora de nuevo conocimiento didáctico y profesional valorando a la innovación como una actividad que legitima la mejora y la construcción de avances oportunos y constantes del pensamiento y las prácticas educativas.

REFERENCIAS

Referencias Bibliográficas

- Acevedo, J. A., Vázquez, A., Martín, M., Oliva, J. M., Acevedo, P., Paixao, M. F. y Manassero, M. A. (2005). Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 2(2), pp. 121-140. Obtenido en junio de 2012 desde <http://repositorio.ipcb.pt/bitstream/10400.11/1321/1/Naturaleza%20de%20la%20ciencia-2005.pdf>
- Adúriz-Bravo, A. (2012). Competencias metacientíficas escolares dentro de la formación del profesorado de ciencias, en Badillo, E., García, L., Marbà, A. y Briceño, M. (coords.). El desarrollo de competencias en la clase de ciencias y matemáticas, 43-67. Mérida: Universidad de Los Andes.
- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., and Bloom, B. S. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing a Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. New York: Longman.
- Área, M. (2001). *Educación en la sociedad de la información*. Bilbao: Editorial Desclée de Brouwer, S.A.
- Armenteros Gallardo, M. (2006). Hipermedia y aprendizaje. *Revista Icono* 14, Año 4, Vol. 1.
- Ausubel, D. P. (2000). *Adquisición y retención del conocimiento: una perspectiva cognitiva*. 2002. Barcelona: Paidós.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D. y Hannesian, L. H. (1983). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- Ávila, R.E., Spinelli, O.M., Ferreira, A.S., Soñez, C., Samar, M.E. y Ferreira Junior, R. S. (2011). Colaboración Docente On-line en Educación Universitaria. *Revista Brasileira de Educacao Médica* 35 (3) : 429-434
- Banet, E. y Ayuso, E. (1995). Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y bachillerato I. Contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(3) pp. 137-153.
- Baquero, R. (1997). *Vigotsky y el aprendizaje escolar*. 2da Edición. Buenos Aires: Aique.
- Blanco Guijarro, R. (2000). *Estado del arte sobre las innovaciones en América Latina*, Santafé de Bogotá, Convenio Andrés Bello.
- Bloom, B.S., Englehart, M.D., Furst, E.J., Hill, W.H., and Krathwohl, D.R. (1956). *A Taxonomy of Educational Objectives: Handbook 1: Cognitive Domain*. New York: McKay.
- Bockholt, S. M., West, J.P. & Bollenbacher, W. E. (2003). Cancer Cell Biology: A Student-Centered Instructional Module Exploring the Use of Multimedia to Enrich Interactive, Constructivist Learning of Science. *Cell Biology Education*, 2 Spring, pp. 35-50.
- Brill G, Yarden A. (2003). Learning biology through research papers: a stimulus for questionasking by high-school students. *Cell Biol Education* 2(4):266-74.

- Obtenido en Marzo de 2011 desde http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC256972/pdf/02-12-0062_p266.pdf
- Brunner, J. J. (2000). *Educación: escenarios de futuro. Nuevas tecnologías y sociedad de la información*, Documento N°16, PREAL.
- Bugallo Rodríguez, A. (1995). La didáctica de la genética: revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(3) pp. 379-386.
- Caballer, M. y Giménez, I. (1992). Las ideas de los alumnos y alumnas acerca de la estructura celular de los seres vivos. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(2), pp. 172-180.
- Cabero Almenara, J., Duarte Hueros, A. (1999). Evaluación de medios y materiales de enseñanza en soporte multimedia. *Pixel-Bit: Revista de medios y educación*, 13. Obtenido en Febrero de 2011 desde <http://www.sav.us.es/pixelbit/pixelbit/articulos/n13/n13art/art133.htm>
- Calderón, S. E., Núñez, P., Di Laccio, J. L., Iannelli, L. M. (2015). Aulas-laboratorios de bajo costo, usando TIC. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 12 (1) pp. 212-226
- Campanario, J. M. y Moya, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), pp.179-192.
- Cañas, A. J., Badilla Saxe, E. (2005). Pensum no lineal: una propuesta innovadora para el diseño de planes de estudio. *Revista electrónica Actualidades Investigativas en Educación* Vol 5. Obtenido en Junio de 2015 de <http://revista.inie.ucr.ac.cr/index.php/aie/article/view/106/105>
- Carega, M. y Contreras, G (2004). *Incorporación de una plataforma virtual para acceder al aprendizaje: Una experiencia de formación online, para los docentes de la Universidad de San Sebastián*. Universidad de San Sebastián, Chile.
- Chalmers, A. F. (1976) *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* 2000. Madrid: Siglo veintiuno editores.
- Chamizo, J. A., Izquierdo, M. (2007). Evaluación de las competencias de pensamiento científico. *Alambique*, 51 pp. 9-19.
- Chatterji M (2003). *Designing and Using Tools for Educational Assessment*. Boston: Allyn and Bacon.
- Churches, A. (2009). *Bloom's digital taxonomy*. Publicación en línea. Obtenida en Febrero de 2015 de <http://edorigami.wikispaces.com/Bloom%27s+Digital+Taxonomy>
- Coil, D., Wenderoth, M.P., Cunningham, M. y Dirks, C. (2010). Teaching the process of science: faculty perceptions and an effective methodology. *CBE Life Sciences Education*, (9):524-535
- Coley, J.D. and Tanner, K. (2015). Relations between Intuitive Biological Thinking and Biological Misconceptions in Biology Majors and Nonmajors. *CBE-Life Science Education* Vol. 14, 1-19. Obtenido en Junio 2015 de <http://www.lifescied.org/content/14/1/ar8.full.pdf>
- Coll, C., Mauri, T., Onrubia, J. (2008). Análisis de los procesos de enseñanza y aprendizaje mediados por las TIC: una perspectiva constructivista. En Barbera, E.,

- Mauri, T., Onrubia, J.: *Cómo valorar la calidad de la enseñanza basada en las TIC*. 1era edición. pp. 47-60 Barcelona: Grao.
- Couch, B.A., Brown, T.L., Schelpat, T.J., Graham, M.J. and Knight, J.K. (2015). Scientific Teaching: Defining a Taxonomy of Observable Practices. *CBE-Life Sciences Education* Vol 14, 1-12. Obtenido en Junio de 2015 de <http://www.lifescied.org/content/14/1/ar9.full.pdf>
- Crowe, A., Dirks, C., and Wenderoth, M.P. (2008). Biology in Bloom: Implementing Bloom's Taxonomy to Enhance Student Learning in Biology. *CBE—Life Sciences Education* 7, pp. 368–381. Obtenido en Noviembre de 2011 de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2592046/pdf/cbe368.pdf>
- De Longhi, A. L. (2002). *¿Cuáles son los principales cambios en la didáctica de la Biología en los últimos años?*, Memorias de las V Jornadas Nacionales de Enseñanza de la Biología, Misiones, Argentina, pp. 75-80.
- Departamento de Bioquímica y Biofísica Molecular de la Universidad de Arizona. El Proyecto Biológico, Biología Celular, Puntas de Raíz de Cebolla. <http://www.biologia.arizona.edu/cell/act/onion/onion.html>
- Díaz, J. y Jiménez, M. (1996). ¿Ves lo que dibujas? Observando células con el microscopio. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(2) pp. 183-184.
- Díaz Pérez, P., Catenazzi, N. y Aedo Cuevas, I. (1996). *De la multimedia a la hipermedia*. Madrid: Editorial Rama.
- DiCarlo, S.E. (2006). Cell biology should be taught as science is practiced. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, (7): 290-296.
- Díez de T. 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.
- Domínguez Castiñeiras, J. M., De Pro Bueno, A. y García-Rodeja Fernández, E. (1998). Las partículas de la materia y su utilización en el campo conceptual de calor y temperatura: un estudio transversal. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(3) pp. 461-475. Obtenido en Noviembre de 2010 desde <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/download/21550/21384>
- Echeverría, J. (1995). *Filosofía de la ciencia*, 1ra ed., Madrid: Akal Ediciones.
- Fantini, V. y Joselevich, M. (2014). Indagando sobre división celular. Presentado en Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación. Buenos Aires, Argentina.
- Feyerabend, P. K. (1985) *¿Por qué no Platón?*, Madrid: Tecnos.
- Fischer, C.N. (2011) Changing the Science Education Paradigm: From teaching Facts to Engaging the Intellect. *Yale Journal of Biology and Medicine*, (84) pp 247-251.
- Flores, J., Caballero, M. C., Moreira, M. A. (2009). El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: Una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje. *Revista de Investigación* 68(33) pp 75-112
- Galán Fajardo, E. (2007). El guión didáctico para materiales multimedia. *Espéculo* en línea 34. Obtenido en Julio 2013 de http://earchivo.uc3m.es/bitstream/10016/5555/1/guion_didactico_multimedia.html

- 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), 231-242.
- Gallego Rodriguez, A. y Martínez Caro, E. (2004). *Estilos De Aprendizaje y E-Learning. Hacia Un Mayor Rendimiento Académico*. Obtenido en Marzo de 2012 de <http://www.um.es/ead/red/7/estilos.pdf>.
- Grarcía Irlés, M., Segovia Huertas, Y. y Sempere Ortells, J.M. (2013). Aprendizaje basado en problemas en Biología Celular: una forma de explorar la ciencia. *Revista de Educación en Biología* 16 (2) pp 67-77. Obtenido en Marzo de 2015 de <http://www.revistaadbia.com.ar/ojs/index.php/adbia/article/viewFile/216/pdf>
- Garduño, L.R., Morales Cerón, A.F. y Méndez Cadena, M. E. (2006). *Elaboración y validación de una serie de instrumentos para medir habilidades de pensamiento crítico-científico en alumnos de educación primaria*. Séptimo Foro de Evaluación Educativa, México. Obtenido en Noviembre de 2011 de <http://www.colpos.pue.me/lineadeinvestigacion14/files/foro.pdf>.
- Giere, R. (1992). *La explicación de la Ciencia. Un acercamiento cognoscitivo*. Consejo Nacional de Ciencia y tecnología. México.
- Gil Pérez, D. (1996). New Trends in science education. *Int. J. Sci. Educ.*, 18(8), pp. 889-901.
- Gutierrez, J. (1999) Análisis de la investigación cualitativa: informes de investigación, interpretativa y de investigación-acción. En Buendía, L., González, D., Gutierrez, J., Pegalajar, M.: *MOdelos de análisis de la Investigación Educativa*. Sevilla: Alfar pp. 61-80.
- Gutiérrez, R. (1987). Psicología y aprendizaje de las Ciencias: el modelo de Ausubel. *Enseñanza de las Ciencias*, 5 (2), pp 118-128. Obtenido en Noviembre de 2010 desde <http://ddd.uab.es/pub/edlc/02124521v5n2p118.pdf>
- Hernández, F. y Hervás, R. (2005). Enfoques y estilos de aprendizaje en educación superior. En *Revista Española de Orientación y Psicopedagogía*. Vol. 16 (2), pp. 283-299
- Hernando, M., Furió, C., Hernández, J. y Calatayud, M. L. (2003). Comprensión del equilibrio químico y dificultades en su aprendizaje. *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra, pp. 111-118.
- Herrera, A. y Didriksson, A. (1999). La construcción curricular: innovación, flexibilidad y competencias. *Educación Superior y Sociedad* 10(2), pp 29-52
- Higgins, S., Baumfield, V., Lin, M., Moseley, D., Butterworth, M., Downey, G., Gregson, M., Oberski, I., Rockett, M. y Thacker, D. (2004). Thinking skills approaches to effective teaching and learning: what is the evidence for impact on learners. In *Research Evidence in Education Library*. London: EPPI-Centre, Social Science Research Unit, Institute of Education.
- Holgado, C. (2010). Las Webquest en la docencia universitaria: aprendizaje colaborativo con LAMSRED, *Revista de Educación a Distancia*. Obtenido en Abril de 2014 de <http://www.um.es/ead/red/24>.
- Howard, D.R. & Miskowski, J.A. (2005.) Using a Module-based Laboratory to Incorporate Inquiry into a Large Cell Biology Course. *Cell Biology Education* 4 pp. 249–260.

- Imbernón, F., Alonso, M. J., Arandia, M., Cases, I., Cordero, G., Fernández Fernández, I., Revenga, A., Ruiz de Gauna, P. (2002). *La investigación educativa como herramienta de formación del profesorado. Reflexión y experiencias de investigación educativa*. 2009. Graó, Barcelona.
- Inhelder, B. and Piaget, J. (1958). *The growth of logical thinking from childhood to adolescence: An essay on the construction of formal operational structures* (A. Parsons & S. Milgram, Trans.). New York: Basic Books, Inc.
- Ivic, I. (1999). *Lev Semionovich Vygotsky (1896-1934)*. Obtenido en Abril 2013 de http://www.infoamerica.org/documentos_pdf/vygotsky01.pdf
- Izquierdo, M. (2000). *Didáctica de las Ciencias Experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las Ciencias. Capítulo 2: Fundamentos Epistemológicos*, 1era ed. Alicante: Editorial Marfil S.A.
- Kuhn, T.S. (1962). *La estructura de las revoluciones científicas*. 1971, 1era ed. en Español, México: Fondo de Cultura Económica.
- Jiménez, L. V. (2008). Enhancing student's understanding in the cellular and molecular laboratory course with the use of base computer modules. *Journal of Science Education* N° 2, vol. 9, pp. 77-81.
- Jiménez Alexandre, M. P. (1992). Thinking about theories or thinking with theories? A classroom study with Natural Selection. *International Journal of Science Education*, 14 (1) pp. 51-61.
- Lakatos, I. (1971). *Historia de la Ciencia y sus reconstrucciones racionales*. 1987, 2da ed. 1era reimpr. Madrid: Tecnos.
- Leonard, W. H. (1989). Ten years of research on investigative laboratory instruction strategies. *Journal of College Science Teaching*, 18, pp. 304-306.
- Linn, M. C. (2002). Promover la educación científica a través de las tecnologías de la información y comunicación. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (3) pp: 347-355. Obtenido en Febrero de 2015 de <http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v20n3/02124521v20n3p347.pdf>
- López García, M. y Morcillo Ortega, J. G. (2007). Las TIC en la enseñanza de la Biología en la educación secundaria: los laboratorios virtuales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 6(3) 562-576. Obtenido en Noviembre de 2011 de http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen6/ART5_Vol6_N3.pdf
- López Rupérez, F. (1997). Complejidad y educación. *Revista Española de Pedagogía* 55 (206) pp 103-112.
- Lucarelli, E. (2004) *Las innovaciones en la enseñanza ¿Caminos posibles hacia la transformación de la enseñanza en la universidad?* Trabajo presentado en las Terceras Jornadas de Innovación Pedagógica en el Aula Universitaria, Universidad Nacional del Sur.
- Lynd-Balta, E. (2006). Using Literature and Innovative Assessments to Ignite Interest and Cultivate Critical Thinking Skills in an Undergraduate Neuroscience Course. *CBE—Life Sciences Education* Vol. 5, 167–1. Obtenido en Marzo de 2011 desde http://fisherpub.sjfc.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1004&context=biology_facpub

- Manero de Zunelzú, D. (2006). *Nuevas herramientas para enseñar Genética. Multimedia para el nivel medio y la universidad*. Presentado en IV Seminario Internacional y II Encuentro Nacional de Educación a Distancia. Córdoba, Argentina.
- Manero de Zunelzú, D.; Benito, M.; Güizo, M. (2013). *Aprendizaje autónomo y cooperativo, a través de tutorías entre pares, en las producciones hipermedia elaboradas por estudiantes del nivel medio para contenidos de ciencias*. Presentado en Seminario Rueda. Red Universitaria de Educación a Distancia. Mendoza, Argentina.
- Manero de Zunelzú, D.; Daniele, A.; Della Vedoba, C.; Suárez, G.; Milano, G.; Acuña, N.; Perotti, B.; Kobersky, M. L.; Cantero, J. (2011). *Experiencias significativas con tecnologías multimedia en las prácticas educativas*. Presentado en Jornada de Informática y Educación. Instituto A.P. de Ciencias Básicas y Aplicadas, UNVM. Villa María, Argentina.
- Manero de Zunelzú, D., Milano, G., Daniele, A.; Acuña, N., Perotti, B. (2010). Aportes a la comunicación educativa. Alumnos y docentes construyen weblogs como un servicio a la comunidad. *Cognición*. No 22.
- Manero de Zunelzú, D.; Torres, L.; Milano, G.; Daniele, A. (2008). Alumnos creadores de aplicaciones multimedia educativas. *Cognición*. No 14.
- Marchisio, M., Plano, M., Ronco, J., & Von Pamel, O. (2004). *Introducing hypermedia learning resources in a Physics course on semiconductor devices for electronic engineering students*. International Conference on Engineering Education and Research. Technical University of Ostrava, Czech Republic.
- Márquez, C., Rocha, R., Bruna, C., Inzunza, B. & Duk, S. (2012). Webquest de genética humana para carreras del área de la salud. EDUTECH, *Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 40. Obtenido en Julio de 2015 de http://edutec.rediris.es/Revelec2/Revelec40/webquest_genetica_humana_carreras_area_salud.html
- Martínez Sánchez, F., Prendes Espinosa, M. P., Alfageme González, M. B., Amorós Poveda L., Rodríguez Cifuentes, T. y Solano Fernández, I. M. (2002). *Herramienta De Evaluación De Multimedia Didáctico*. Obtenido en Febrero de 2011 desde <http://www.sav.us.es/pixelbit/pixelbit/articulos/n18/n18art/art187.htm>
- Mateo, J. y Martínez, F. (2006). *Más allá de la medición y la evaluación educativa*. Madrid: Ed. La Muralla.
- McGuinness, C. (1999). *From thinking skills to thinking classrooms: A review and evaluation of approaches for developing pupils' thinking*. Nottingham: DfEE Publications.
- Means, M. L., & Voss, J. F. (1996). Who reasons well? Two studies of informal reasoning among children of different grade, ability, and knowledge levels. *Cognition and Instruction*, 14(2) pp. 139-178.
- Mengascini, A. (2006). Propuesta didáctica y dificultades para el aprendizaje de la organización celular. *Eureka*, 3(3) pp. 485-495.
- Minzi, V., Batista, M.A., Celso, V.E., Usubiaga, G.G. (2007). *Tecnologías de la información y la comunicación en la escuela: trazos, claves y oportunidades para*

- su integración pedagógica*. 1a ed. Buenos Aires: Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación.
- Moreira, M.A. y Buchweitz, B. (1987). *Mapas conceptuais*. São Paulo: Moraes. Obtenido en Junio de 2011 desde http://www.if.ufrgs.br/~moreira/Livro_Mapas_conceituais_e_Diagramas_V_COMPLETO.pdf
- Morin, E. (1977). *El Método I. La naturaleza de la naturaleza*. 2001, 1era ed. Madrid: Cátedra.
- Morin, E. (1990). *Introducción al Pensamiento Complejo*. 2001, 4ª reimpresión, 1º ed. Barcelona: Gedisa.
- Morin, E. (1999a). *La cabeza bien puesta. Repensar la reforma. Reformar el pensamiento*. 2002, 1era ed, 5ta reimpresión. Buenos Aires: Nueva Visión.
- Morin, E. (1999b). *Los siete saberes necesarios para la educación de futuro*. Paris: UNESCO.
- Narvaez, C. G., Martínez, M. J., Vargas, P. y Goset, J. (2007). Desarrollo y evaluación de un CD multimedia de aplicación para resolución de casos en ciencias básicas. *Journal of Science Education* N° 1, vol. 9, pp. 51-54.
- Newman, D.L., Catavero, C.M. and Wright, L.K. (2012). Students Fail to Transfer Knowledge of Chromosome Structure to Topics Pertaining to Cell Division. *CBE—Life Sciences Education* Vol. 11, 425–436. Obtenido en Diciembre de 2012 desde <http://www.lifescied.org/content/11/4/425.full.pdf>
- Novak, J.D. y Gowin, D.B. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martínez Roca.
- 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. Obtenido en Mayo de 2012 de http://www.aufop.com/aufop/uploaded_files/revistas/1205103163.pdf
- Paiva Cabrera, A. J. (2004). Edgar Morin y el pensamiento de la complejidad. *Revista Ciencias de la Educación* 4(1) 23, pp 239-253. Obtenido en Octubre de 2015 desde <http://servicio.bc.uc.edu.ve/educacion/revista/a4n23/23-14.pdf>
- Palombi, P.S. & Jagger, K.S. (2008) Learning About Cells as Dynamic Entities: An Inquiry-Driven Cell Culture Project. *Bioscene* 34 (2) pp 27-33.
- Pérez, M.A., García, S.D., Kopp, S., Gaido, Z., Daniele, A., González C. y Manera G. (2010). *La célula en las ciencias agropecuarias*. Córdoba: Báez.
- Piaget, J. (1947). *Psicología de la Inteligencia*. 1970. Buenos Aires: Psique.
- Plan de Estudios de la carrera Ingeniería Agronómica. (2004). Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba. Obtenido en Febrero de 2011 de <http://www.agro.unc.edu.ar/~paginafacu/imagenes/RESOLUCION%20ME%20991-09%20Y%20PLAN%20DE%20ESTUDIO%202004.pdf>
- Poggi, M. (2011). *Innovaciones educativas y escuelas en contextos de pobreza. Evidencias para las políticas de algunas experiencias en América Latina*. 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Instituto Internacional de Planeamiento de la Educación IIPE-Unesco

- Popper, K. R. (1965). *Conjectures and refutations: The growth of scientific knowledge*. New York: Harper & Row.
- Quintanilla, M. (2006). Identificación, caracterización y evaluación de competencias científicas desde una imagen naturalizada de la ciencia En: Quintanilla, M.; Adúriz- Bravo, A. (Eds.). *Enseñar ciencias en el nuevo milenio: retos y desafíos*. Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile, 2006. p. 18-42.
- Quintanilla, M. (2014). *Las Competencias de Pensamiento Científico desde las 'emociones, sonidos y voces' del aula*. Vol 8. Santiago: Editorial Bellaterra Ltda.
- Rescher, N. (1999) *Razón y valores en la Era científico-tecnológica*. Madrid: Paidós.
- Rezende, F. y De Souza Barros, S., (2003). Diseño instruccional de un sistema hypermedia para el aprendizaje de la física fundamentado en las perspectivas teóricas del cambio y del desarrollo conceptual. *Enseñanza de las ciencias*, Número extra, pp. 103-109. Obtenido en Diciembre de 2010 desde <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/download/21873/21707>
- Roa Acosta, R. (2006). Formación de profesores en el paradigma de la complejidad. *Educación y Educadores*, 9(1), 149-157. Obtenido en Junio de 2015 de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83490111>
- Rodríguez Palmero, M. L. (2000). Revisión bibliográfica relativa a la enseñanza de la biología y la investigación en el estudio de la célula. *Investigações em Ensino de Ciências*, 5(3) pp. 237-263.
- Rodríguez Palmero, M.L y Moreira, M.A. (2002). *Una aproximación cognitiva al aprendizaje del concepto "célula": Un estudio de caso*. I Encuentro Iberoamericano sobre Investigación Básica en Educación en Ciencias, Burgos, España.
- Rosadilla, M., Bühl, V., Queirolo, M., Tissot, F., Gómez, V. y Labandera, F. (2007). Material multimedia interactivo para curso de laboratorio de química analítica. *Revista de Educación en Ciencias* N° 1, vol. 8, pp 4-5.
- Salinas, J. (2002). Modelos flexibles como respuesta de las universidades a la sociedad de la información. *Acción Pedagógica* 11(1), Universidad de los Andes, Venezuela. pp. 4-13.
- Salinas, J. (2004). Innovación docente y uso de las TIC en la enseñanza universitaria. *Revista Universidad y Sociedad del Conocimiento* 1(1). Obtenido en Febrero de 2011 desde <https://www.uoc.edu/rusc/dt/esp/salinas1104.pdf>
- Sanmartí, N (1995). *Enseñar y aprender ciencias: algunas reflexiones*. Obtenido en Febrero de 2015 desde <http://www.guiasenseanzasmedias.es/verpdf.asp?area=natura&archivo=GR104.pdf>
- Sarramona, J. (2007). Las competencias profesionales del profesorado de secundaria. *Tecnología y comunicación Educativas*, 44 Enero-Junio, pp. 28-38.
- Serrano de Moreno, S. (2008). El desarrollo de la comprensión crítica en los estudiantes universitarios: Hacia una propuesta didáctica. *Educere*, 12(42), pp. 505-514. Obtenido en Agosto de 2015, de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-49102008000300011&lng=es&tlng=es.

- Sierra, R. (1995). *Técnicas de investigación social. Teoría y ejercicios*. Madrid: Paraninfo.
- Southard, K., Wince, T., Meddleton, S. & Bolger, M. S. (2016) Features of knowledge building in biology: Understanding undergraduate students' ideas about molecular mechanisms. *CBE—Life Sciences Education* Vol. 15 pp 1-16. Obtenido en Marzo de 2016 desde <http://www.lifescied.org/content/15/1/ar7.full.pdf+html>
- Tapia Luzardo, F. y Arteaga Quevedo, Y. (2009). Uso de ilustraciones en la enseñanza de la célula: un estudio de caso. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 2441-2444. Obtenido en Noviembre de 2014 de <http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-2441-2444.pdf>
- Thorton, S. (2005). *Karl Popper*. Obtenido en Abril de 2010 de <http://plato.stanford.edu/archives/sum2005/entries/popper/>.
- Tolhurst, D. (1995). "Hypertext, hypermedia, multimedia defined?" *Educational Technology*, 35(2), 21-26.
- Vaillant, D. (2007). *Integración de TIC en los sistemas de formación docente inicial y continua para la Educación Básica en América Latina*. Buenos Aires: Unicef.
- Valeiras, N. y Meneses Villagra, 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.
- Vargas Quintero, M.V. (2005) Herramientas de la pedagogía conceptual en el aprendizaje de la biología. *Universitas Scientiarum* 10 pp. 45-53.
- Vázquez, A., Acevedo, J.A., Manassero, M.A. y Acevedo, P. (2001). Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de la ciencia. *Argumentos de Razón Técnica*, 4, 135-176. En Sala de Lecturas CTS+I de la OEI, 2003, <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo20.htm>.
- Vilches, A. y Gil Pérez, D. (2013). Investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias. Necesidad de una mayor vinculación. *Tendencias Educativas* 34 pp. 15-27.
- Vygotsky, L.S. (1931). Historia del desarrollo de las funciones psíquicas superiores. En *Vygotsky. Obras Escogidas*, Cap. 2. (1995) Madrid: Visor.
- von Glasersfeld, E. (1993). Questions and answers about radical constructivism. En K. Tobin (Ed.), *The practice of constructivism in science education*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, pp. 24-38.
- Wegerif, R. (2002). *Literature Review in Thinking Skills, Technology and Learning*. A Report for NESTA Futurelab. Obtenido en Agosto de 2010 desde <http://www.nestafuturelab.org/research/reviews/ts01.htm>. Consultado el 10/08/10
- Wertsch, J. V. (1988). *Vygotsky y la formación social de la mente*. Paidós: Barcelona.
- Wilson, V. (2000). *Educational forum on teaching thinking skills*. Edinburgh: Scottish Executive Education Department. http://www.pre-online.co.uk/feature_pdfs/spotlight79.pdf. Consultado el 15/04/10.

- Zabala, A. y Arnau, L. (2007). *Once Ideas Clave. Cómo aprender y enseñar competencias*. Graó: Barcelona.
- Zabala, C., Camacho H., Chávez, S. (2013). Tendencias epistemológicas predominantes en el aprendizaje de las TIC en el área de la educación. *Telos*, 15 (2). Obtenido en Octubre de 2015 desde <http://publicaciones.urbe.edu/index.php/telos/article/viewArticle/2771/3845>
- Zabalza, M. A. (2004) Innovación de la enseñanza universitaria. *Contextos Educativos*, 6-7, pp 113-136.
- 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.

