

UNIDAD DIDÁCTICA PARA ABORDAR EL CONCEPTO DE CÉLULA DESDE LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS POR INVESTIGACIÓN

Edith Herrera San Martín; eherrera@ubiobio.cl
Iván Sánchez Soto¹ isanchez@ubiobio.cl
Universidad Bio-Bio; Octava región Chile

Recibido: 12/11/2008. **Aceptado:** 20/05/2009

RESUMEN

El presente trabajo muestra la forma de construir y aplicar una unidad didáctica para aprendizaje de la célula en forma activa, utilizando para ello el aprendizaje basado en problema (ABP) por investigación, acorde con las exigencias de renovación metodológica actual, para así llevar al estudiante a comprender el funcionamiento de la célula en un ser vivo. El trabajo se inicia estableciendo el diseño y estructura de la unidad, para lo cual considera realizar un análisis de los contenidos en diversos textos de estudio, explorar ideas previas de los estudiantes, establecer los fundamentos teóricos de la propuesta, construir problemas (ABP) de los procesos que ocurren en la célula. Se pretende de este modo promover en los alumnos el desarrollo de habilidades y actitudes en contextos significativos, a demás mediante su aplicación sistemática se espera que los estudiantes aprendan a tomar decisiones o hacer juicios basados en hechos y con información fundamentada. Las opiniones recibidas después de su aplicación piloto han sido muy favorables.

Palabras Clave: Unidad didáctica, Aprendizaje basado en problema (ABP), Célula, Aprendizaje significativo, trabajo colaborativo.

DIDACTIC UNIT TO APPROACH THE CONCEPT OF CELL WITH PROBLEM SOLVING THROUGH RESEARCH

Abstract

This paper shows how to build and implement a teaching unit for learning about the cell in an active way, using problem-based learning (PBL) through research, so as to lead the student in understanding the functioning of a living cell in agreement with the requirements of current methodological renewal. The paper begins by establishing the design and structure of the unit, for which it considers an analysis of the contents in various textbooks, the exploration of students' previous ideas, the theoretical foundations of the proposal, and the construction of problems (PBL) on the processes occurring in the cell. The intention is to encourage students to develop abilities and attitudes in meaningful contexts. In addition, it is expected that through its systematic implementation students will learn to make decisions or judgments based on facts and substantiated information. The feedback received after the pilot implementation has been very favorable.

Key words: Didactic unit, problem-based learning (PBL), cell, meaningful learning, collaborative work.

INTRODUCCIÓN

El concepto de *Célula*, claramente, tiene justificada su presencia en la enseñanza de la Biología en cualquier nivel educativo (básico, secundario o universitario) en virtud de su carácter de

¹ Agradecimiento: este trabajo ha sido realizado en el marco: del proyecto Fondecyt N° 1071050 y del Programa de Magíster en Enseñanza de las Ciencias, de la Universidad del Bio-Bio. Octava Región Chile

conocimiento estructurante para la comprensión de los seres vivos (Rodríguez, 2001), según el cual entender a los organismos dotados de vida pasa ineludiblemente por adquirir información acerca de los elementos y las herramientas conceptuales mínimas de lo que la célula como su unidad constituyente supone.

Por otro lado, se tiene que las investigaciones sobre las ideas previas o concepciones alternativas han puesto de manifiesto que el aprendizaje es un proceso muy complejo y que, en particular los conceptos científicos presentan gran dificultad para ser modificados, especialmente en temas como la célula, en los que se requiere de la construcción previa de una imagen (funcional y estructural) o representación abstracta con relaciones y procesos complejos (Flores, Tovar, Gallegos, Velásquez, Valdés, Saitz, Alvarado, y Villar, 2000). De igual modo, Díaz y Jiménez, (1996), señalan que los estudiantes secundarios, al aprender la célula, no tienen una representación mental clara, muestran problemas de apreciación de las dimensiones celulares, dificultades referidas a la interpretación de gráficos, tienen ideas bastante alejadas de la composición celular de los organismos y una percepción muy pobre del contenido celular y no correlacionan sus funciones con las de los organismos pluricelulares (Caballer y Giménez, 1993); esas representaciones mentales en los alumnos manifiestan una **concepción “huevo frito”** de la célula, con una estructura basada en anillos concéntricos en los que se sitúan algunos elementos organulares (Díaz y Jiménez, 1996).

En otro orden de ideas, ante la imposibilidad de aprehender la realidad directamente, el ser humano construye alguna forma de **representación mental** (Greca, 1999) para que ella actúe como intermediario entre el sujeto y su entorno. En el caso del concepto de célula, con dificultades concretas para el estudiante, éste, necesariamente, debe construirlas para dar cuenta de la realidad que pretende captar; y esa realidad termina siendo conceptualizada a través de **esquemas** (Giordan, 1987).

Se observa también desconocimiento de la composición físico-química de la materia biológica (Dreyfus y Jungwirth, 1988); eso conduce a que los estudiantes observen y contemplen las **células como piezas o ladrillos de un edificio** lo que condiciona la comprensión de las transformaciones energéticas antes citadas, no pudiendo percibirlas **en funcionamiento**, ya que no pueden captar los procesos metabólicos que las hacen funcionar (Dreyfus y Jungwirth, 1989). Se conoce la composición celular en términos descriptivos y se asume que la célula realiza funciones vitales pero, por ejemplo, no se equipara el crecimiento con la reproducción de células.

Las dificultades de comprensión y de interpretación de ese mundo vivo en función de los problemas de conceptualización relativos a la célula, se han puesto de manifiesto en abundantes trabajos destinados a investigar las representaciones del alumnado en distintos aspectos de Biología, así como cuestiones relativas a su aprendizaje (Caballer y Jiménez, 1992). Sin embargo, llama la atención, que en su mayoría se haya detectado como obstáculo fundamental la célula y que haya sido éste el objeto de estudio directo y específico en pocas de esas investigaciones que, además, son, relativamente, recientes en el tiempo (Rodríguez y Moreira, 1999).

A este respecto, Angulo (1999, 2000) expresa que los libros de texto han ejercido una profunda influencia negativa en la comprensión biológica de la célula al frenar, incluso imposibilitar, la imaginabilidad, la modelización, o sea, la capacidad de pensar en una célula en acción, viva, y no

simplemente una estática y pobre estructura que, efectivamente, no puede dar cuenta de ese carácter dinámico que la define como unidad de vida y que es lo que los libros de texto, tanto universitarios como de enseñanza secundaria presentan. A lo anterior, hay que sumar el hecho que el alumno debe aprender a manejar escalas microscópicas de las dimensiones celulares, diferentes a las escalas macroscópicas de medida de uso habitual y algunos textos no hacen referencia en la escala de medición que presentan en los dibujos, fotografías o esquemas que aparecen; por lo tanto, no se puede esperar que los alumnos que observen una célula en el microscopio, reconozcan sus partes, porque tan solo verá manchas y formas geométricas, etc. Para ver el núcleo, las membranas y distinguir entre células animales y vegetales, es necesaria una representación de estos conceptos. La observación puede permitirle relacionar esta representación con las formas que ve, compararlas con las que ven otros compañeros, con los más expertos, con los textos. Este contraste, entre formas de ver y representarse es lo que permite la evolución del modelo *célula* en el alumno. (Greca, 1999, Sanmartí, 2002).

Cuando se parte con un análisis de nuestro actuar en el proceso de enseñar y aprender un contenido como la célula, es muy válido las interrogantes que trata de responder esta investigación *¿El funcionamiento real de la célula es coincidente con la célula que enseñamos a nuestros alumnos y la que ellos aprenden? ¿Logran los estudiantes establecer relaciones entre los procesos que realiza la célula con la vida de un organismo?* Debido a las dificultades en el aprendizaje del concepto “CÉLULA” en alumnos que ingresan a la educación secundaria, se propone implementar una unidad didáctica con metodología del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), para un aprendizaje activo en la comprensión del funcionamiento celular.

El diseño de la unidad considera, al inicio, analizar tres textos usados por los profesores de Biología en primer año de Educación Media, luego se propone la secuenciación de contenidos (del concepto *célula*) creada para esta unidad en un mapa conceptual. Para abordar los conceptos de la unidad se diseñan los entornos de aprendizaje con base en problemas (ABP) con sus correspondientes actividades de aprendizaje. Antes de resolver cada problema, se presentan al alumno preguntas para explorar las ideas previas que posee respecto al concepto; posteriormente, se presenta el problema integrador del contenido y de éste se originan otros más pequeños organizados según la secuencia de lo más simple a lo más complejos, para que el estudiante investigue y relacione en grupos de trabajo colaborativo. Estos pequeños problemas consideran las actividades de aprendizaje propuestas en (Sánchez, 2001; Sánchez y Flores, 2004) **exploración de ideas, introducción de variables** o nuevos conceptos, **actividades de síntesis** que permitan al alumno construir y elaborar sus propias explicaciones con fundamento conceptual del funcionamiento de la célula y finalmente realizar **actividades de aplicación** o transferencia del concepto a un nuevo contexto o **emisión de juicio de valor** respecto al problema.

Esta propuesta de renovación metodológica bajo ABP por investigación permitirá superar la escasa comprensión (Rodríguez, 2000), que presentan los alumnos en cursos de Biología de educación secundaria, en estructura y funcionamiento celular por la dificultad de establecer

relaciones entre los organoides celulares y los procesos vitales como respiración, nutrición, fotosíntesis, intercambio y reproducción en un ser vivo (Alonso, Martínez, y García, 1998). Los trabajos consultados justifican la necesidad de abordar el estudio de las ideas previas que el alumno tiene como requisito indispensable para entender el funcionamiento de los seres vivos.

En la propuesta de renovación metodológica que aquí se presenta, recogida y organizada en la unidad didáctica articulada por medio de ABP, el alumno asume un rol activo de aprendizaje; es el propio estudiante quien decide cuáles objetivos de aprendizaje va a cubrir con cada problema y cómo lo hará (Sánchez y Ramis, 2006), para lo cual los ABP han de ser cuidadosamente seleccionados y secuenciados de forma que se consiga un aprendizaje significativo (López y Costa 1996).

La implementación de esta unidad en ABP “CÉLULA” promoverá en los estudiantes el desarrollo de habilidades de indagación, análisis, aplicación de conceptos y actitudes como la tolerancia, rigurosidad, responsabilidad y valoración por el otro, indispensables en el trabajo colaborativo.

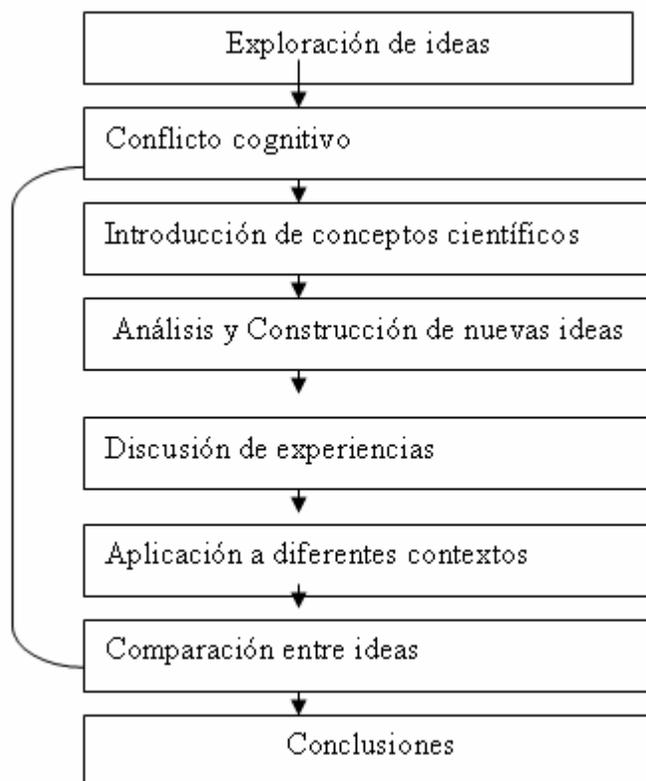
Marco teórico

Una unidad didáctica debe considerar todas las decisiones encaminadas a responder: qué enseñar, cómo enseñar, cuándo enseñar y evaluar, para así ofrecer la más adecuada atención a la diversidad de los alumnos. Por lo tanto, el profesor debe construir el orden o la secuencia didáctica involucrando conceptos, procedimientos y actitudes en sus actividades de aprendizaje a fin de proporcionar un conjunto de aprendizajes significativos que permitan a sus alumnos construir sus conocimientos. La propuesta de trabajo aquí presentada abandona la estructura de las actuales unidades programáticas establecidas en los libros de texto y utiliza *El aprendizaje basado en problema (ABP)*. Se diseña así, una unidad propia, mucho más integrada al entorno del estudiante, con una secuencia de problemas y actividades que estimulan al alumno a **construir el conocimiento** en contextos problemáticos reales significativos en la vida del estudiante.

Sánchez y Valcárcel (1993) han presentado una serie detallada de **recomendaciones** para el **diseño de unidades didácticas** en el área de ciencias experimentales, y han aplicado el modelo a un tema concreto, a modo de ilustración (Sánchez, Pro, y Valcárcel, 1997 y Sánchez, 2007). El modelo de estos autores incluye cinco componentes: a) Análisis científico y didáctico de los contenidos (estableciendo ideas previas, relaciones entre contenidos, secuencia, etc.); b) Selección de objetivos, generales y específicos para trabajar conceptos, procedimientos, y actitudes; c) Selección de estrategias didácticas (Propuesta metodológica y actividades de aprendizaje); d) Estrategia de evaluación; e) Problema, hipótesis y diseño de la investigación.

Sanmartí (2000), por su parte, divide las actividades que se pueden incluir en el desarrollo de las unidades didácticas en las siguientes categorías mostradas en el esquema de la Figura N° 1.

Figura N° 1: Actividades para el desarrollo de unidades didácticas



Fuente: Sanmartí (2000)

El esquema propuesto por Sanmartí (2000, p.103), indica las etapas a seguir en el proceso de enseñar y aprender de acuerdo con el modelo construcción de conocimiento desde lo más simple o concreto a lo más complejo o abstracto. Siguiendo la secuencia mostrada en la Figura N° 1, se trabaja la unidad didáctica “CÉLULA” cuyas correspondientes actividades de aprendizaje, siguiendo el orden propuesto, son las siguientes:

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
Ideas previas	¿Son iguales todas las células en un ser vivo?;
Conflicto cognitivo	“Incendio arrasa laboratorio de Policía de Investigaciones” (Noticia publicada en el diario <i>El Mercurio</i> , jueves 3 de marzo 2005; ver Figura N° 4). Problema: “Las células para descubrir a los culpables”
Introducción de conceptos	¿Por qué es tan importante el microscopio en el estudio de la célula?
Construcción de conocimiento	¿Cómo son las células al observarlas en el microscopio? ¿Cómo funcionan las células de tu cuerpo y las de otros seres vivos?
Discusión de experiencias	Socialización grupal de las actividades realizadas
Aplicación o transferencia	La prueba delator del ADN
Comparación entre ideas	Nuevas propuestas o problemas de investigación, conclusión, discusión, etc.

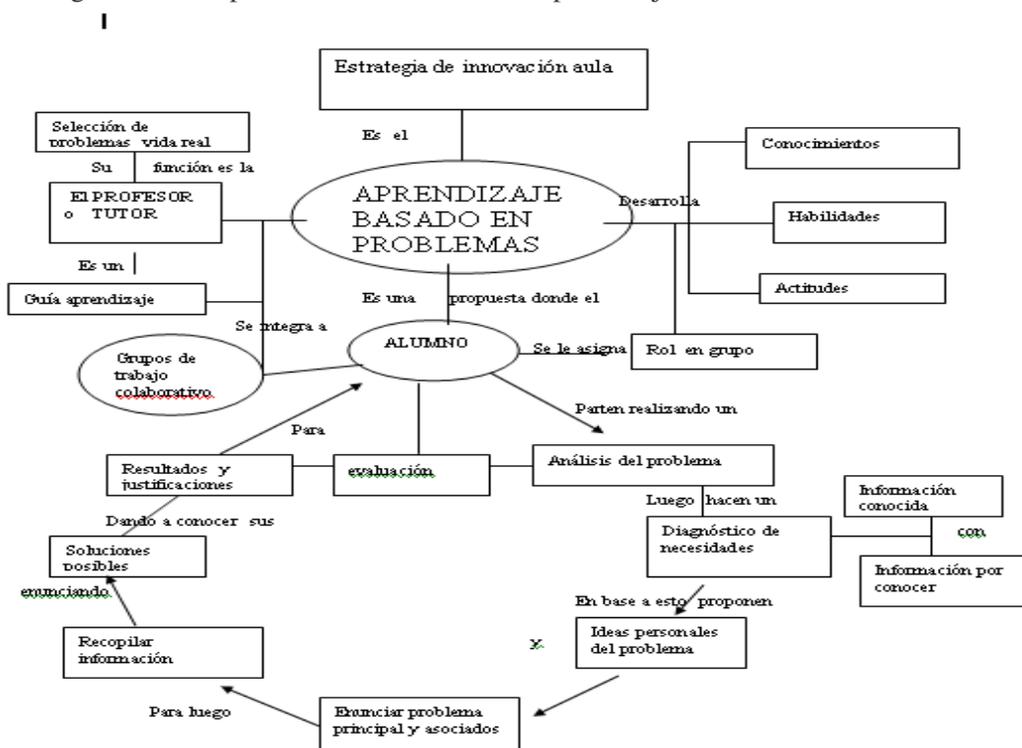
El ABP, por su parte, es una estrategia para enseñar y aprender sustentada en el constructivismo (Kolmos 1996; Schultz y Christensen, 2004; Ribeiro y Mizukami 2005; Said, Mahamd, Mekhilef, y Rahim 2005), mediante la cual se busca que el alumno comprenda y profundice adecuadamente en la respuesta a los problemas de la vida real, trabajando colaborativamente, con la ayuda de un profesor tutor, en un grupo cuyos miembros analizan y tratan de resolver un problema seleccionado para el logro de ciertos objetivos de aprendizaje; aquí, tanto la adquisición de conocimientos como el desarrollo de habilidades y actitudes resulta importante. Durante el proceso de interacción para resolver el problema los estudiantes pueden además elaborar un diagnóstico de sus propias necesidades de aprendizaje y desarrollar habilidades de análisis y síntesis de información, además de comprometerse con su proceso educativo.

Para Savery y Duffy (1995), tal como lo describe Barrows (1996), uno de los enfoques metodológicos que mejor aplica los ocho principios del constructivismo es el *aprendizaje basado en problema (ABP)*; ello es así porque permite:

- Anclar toda actividad de aprendizaje en grandes tareas o problemas;
- Apoyar al aprendiz en el dominio de la totalidad de la tarea o problema de aprendizaje;
- Diseñar tareas auténticas;
- Permitir al estudiante el dominio de los procesos usados para las soluciones;
- Diseñar las tareas y el entorno de aprendizaje de tal manera que reflejen la complejidad del contexto en que el estudiante desempeñará su futura actividad profesional.
- Concebir el entorno de aprendizaje como un desafío, de forma que promueva y estimule el pensamiento de los estudiantes;
- Fomentar y estimular el desarrollo de actitudes de duda sistemática y análisis crítico de las ideas propias frente a otras opiniones y contextos.
- Ofrecer posibilidades y oportunidades de reflexión en los contextos de los contenidos y procesos del conocimiento.

Es así como los problemas en el ABP se presentan como desafíos para que los (las) estudiantes los resuelvan colaborativamente, identificando, investigando, poniendo en práctica estrategias y principios e incorporando los conceptos necesarios para su solución, junto a actitudes y valores (Sánchez y Flores, 2004; Sánchez, Neriz, y Ramis, 2008). En la Figura N° 2, se pretende recoger en el mapa todos estos aspectos de la dinámica del ABP en el aula y busca responder a la siguiente interrogante ¿Qué deben hacer los alumnos al enfrentarse al problema en el ABP en el aula?

Figura N° 2: Aspectos fundamentales del Aprendizaje Basado en Problemas



Se piensa que el ABP constituye una propuesta metodológica pertinente puesto que está basada en el trabajo colaborativo, y se orienta hacia el desarrollo de capacidades, habilidades y actitudes en los estudiantes que favorecen su aprendizaje autónomo, el desarrollo de su capacidad crítica y creativa y su competencia comunicativa (Schultz y Christensen, 2004; Ribeiro y Mizukami 2005, Sánchez 2007; Vigotski, 1979). También permite el uso de las nuevas tecnologías, como apoyo al proceso educativo, facilitando tanto el procesamiento (recolección, selección, organización y síntesis de la información relevante), como la comunicación de la información (dispositivos para exhibir la información mediante esquemas, modelos conceptuales, etc.), lo cual hace más motivadora y atractiva su presentación (Sánchez, 2006; Sánchez, 2007; Sánchez, Neriz, y Ramis, 2008).

Así que, tomando en cuenta el programa de actividades propuesto por Schultz y Christensen, (2004) y Sánchez y Ramís, (2004), se considera que, en el abordaje de los contenidos de una unidad programática en el aula por medio de ABP, se han de llevar a cabo, en grupos de trabajo, actividades como las siguientes:

- Leer y analizar el escenario en el que se presenta el problema (discutir en el grupo)
- Identificar cuáles son los objetivos de aprendizaje
- Identificar la información con la que se cuenta
- Elaborar un esquema del problema
- Llevar a cabo un diagnóstico situacional (Confeccionar una lista de lo que se requiere para enfrentar al problema)

- f) Diseñar un esquema de trabajo (Concebir un plan con posibles acciones para llegar a cubrir los objetivos de aprendizaje y lograr la solución del problema)
- g) Recopilar información
- h) Analizar la información
- i) Plantearse los resultados (Preparar, en grupo, un informe contentivo de resultados, inferencias, recomendaciones, etc.).
- j) Retroalimentar constantemente el proceso.
- k) Elaborar un registro de la evolución del grupo (Con base en una primera experiencia, definir indicadores del desempeño del grupo y hacerles seguimiento)

Desarrollo de una Unidad Didáctica: aspectos teóricos y operacionales

El desarrollo de una unidad didáctica implica varias etapas; primero, ha de hacerse un análisis de contenido de los libros de texto que habitualmente son utilizados por docentes y alumnos en el estudio de algún tema específico; la necesidad de esta etapa radica en el hecho que, según Núñez y Banet (1996), los libros de texto conforman un segundo nivel de transposición didáctica, considerando que el primer nivel está conformado por los currículos y programas oficiales. El análisis de los libros de texto resulta esencial ya que, si en un texto aparece un significado sesgado, éste puede llegar a transmitirse a los alumnos; por tanto, el profesor que debe mantener una permanente vigilancia epistemológica sobre el contenido de los libros de texto que él utiliza.

En el análisis efectuado para el diseño de la Unidad Didáctica a la que se hace referencia en este artículo se tomaron en cuenta las proposiciones de Godino (2000) y Alvarado (2004) quienes proponen que dicho análisis se efectúe considerando las siguientes categorías: a) campo de problemas, b) algoritmos y procedimientos, c) definiciones y propiedades, d) lenguaje y representaciones, y e) argumentos. Los libros de texto analizados en este caso fueron tres:

T1: Curtis, H. y Barnes, N. (1995). *Biología (5^{ta} Edic.)*. Editorial Panamericana (pp.71-25)

T2: Jerez, J., López, J., y Trisotti, A. (2004). *Biología 1º medio (1^{era} Edición)*. Editorial Santillana (pp. 6 - 43)

T3: Pino, C., y Navarro, R. (2004). *Biología 1º medio. (1^{era} Edición)*. Editorial Marenostrum. (pp. 14 - 65)

Como consecuencia del análisis de los libros, en segundo lugar, se debe elaborar una propuesta del contenido a desarrollar en la unidad didáctica que se diseñará, distinguiendo entre contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales; luego, en tercer lugar, mediante un diagnóstico se realiza una exploración de los conocimientos previos que los alumnos ya poseen y de las ideas previas que ellos suscriben en torno a la noción que se desarrollará; sobre esta base, en cuarto lugar, se diseñan las actividades y entornos de aprendizaje (Flores, Tovar, Gallegos, Velásquez, Valdés, Saitz, Alvarado, y Villar, 2000) que serán llevadas a cabo por los estudiantes, trabajando en grupo, a lo largo de la secuencia planteada por la unidad didáctica en cuestión; finalmente, en quinto lugar, se efectúa la evaluación.

Desarrollo de la Unidad Didáctica “La Célula y su Funcionamiento”**Etapa I: Análisis de contenido de libros de texto**

Para el análisis de los contenidos del concepto *Célula y su Funcionamiento* se examinaron tres diferentes textos de Biología: Curtis y Barnes, (1995); Jerez, López y Trisotti, (2004); y, Pino y Navarro, (2004), considerando las propuestas de Godino (2000) y Alvarado (2004); el resultado de este análisis se muestra a continuación (SI = presencia del rasgo; NO = ausencia del rasgo).

CAMPO DE PROBLEMAS	T1	T2	T3
1. Problema que explica como los organoides celulares	SI	SI	SI
2. Problemas de transformaciones de medidas de orden microscópicas en organismos microscópicos	NO	NO	SI
3. Problema referido al proceso de respiración, intercambio de sustancia, fotosíntesis, nutrición, intercambio y reproducción	NO	NO	NO
4. Problemas de funcionamiento celular que afecten a un organismo en la vida real.	NO	NO	NO

ALGORITMOS Y PROCEDIMIENTOS	T1	T2	T3
1. Presenta laboratorios que permitan explicar por los alumnos procesos de respiración, intercambio, nutrición, fotosíntesis.	NO	SI	SI
2. Hay actividades que permiten explicar el intercambio de sustancias entre la célula y su medio (osmosis, difusión y carrier)	SI	SI	SI
3. Presenta actividades para explicar reproducción de las células (mitosis; meiosis)	SI	NO	NO

DEFINICIONES Y PROPIEDADES	T1	T2	T3
1. Es la unidad básica de la vida	NO	SI	SI
2. Es la unidad de origen, estructural y funcional de los seres vivos	NO	NO	NO
3. Presenta definiciones de los organoides celulares y su función	SI	SI	SI
4. Define; respiración, fotosíntesis, nutrición, intercambio y reproducción	SI	SI	SI
5. Define los niveles de organización de la vida	SI	SI	SI
6. Explica las propiedades de los biomoléculas de célula, relacionando biología y química	SI	SI	SI

LENGUAJE Y REPRESENTACIONES	T1	T2	T3
1. Dibujos de célula animal y vegetal con todos sus orgánoides	SI	SI	SI
2. Dibujos de orgánoides celulares que integren y relacionen sus componentes en la célula	SI	NO	NO
3. Dibujos de los orgánoides celulares aislados de la célula	NO	SI	SI
4. Representaciones de componentes celulares a nivel microscópicos, con fotografías	NO	SI	SI
5. Dibujos que expliquen: intercambio de sustancia, respiración fotosíntesis, nutrición y reproducción	SI	SI	SI
6. Gráficos para su interpretación fenómenos	NO	SI	SI
7. Tablas para establecer comparaciones	NO	NO	SI
8. Mapa conceptual para aplicar relaciones procesos	NO	SI	NO

Del análisis realizado a los tres libros de texto se deduce que: (a) en todos ellos aparecen representaciones gráficas de la célula animal y vegetal; (b) gran parte de ellos opta por mostrar los orgánoides celulares aislados y separados de la célula; (c) todos definen claramente la función y estructura de los órganos celulares, pero se los muestra aislados de las células y no presentan campo de problemas que expliquen qué sucede en la célula si alguno de ellos falla; (d) en pocos textos se muestran microfotografías que permitan comparar el tamaño microscópico real con las dimensiones celulares (Diez y Caballero, 2004); (e) se presentan pocos gráficos y tablas comparativas para su interpretación, aun cuando se sabe que los dibujos y diagramas son útiles para explicar procesos de intercambios y nutrición; (f) en libros para la enseñanza media consultados no se muestra la fotosíntesis ni tampoco se alude a como crece y se reproduce una célula.

Etapa II: Propuesta de contenido a trabajar en la unidad didáctica “La Célula y su Funcionamiento”

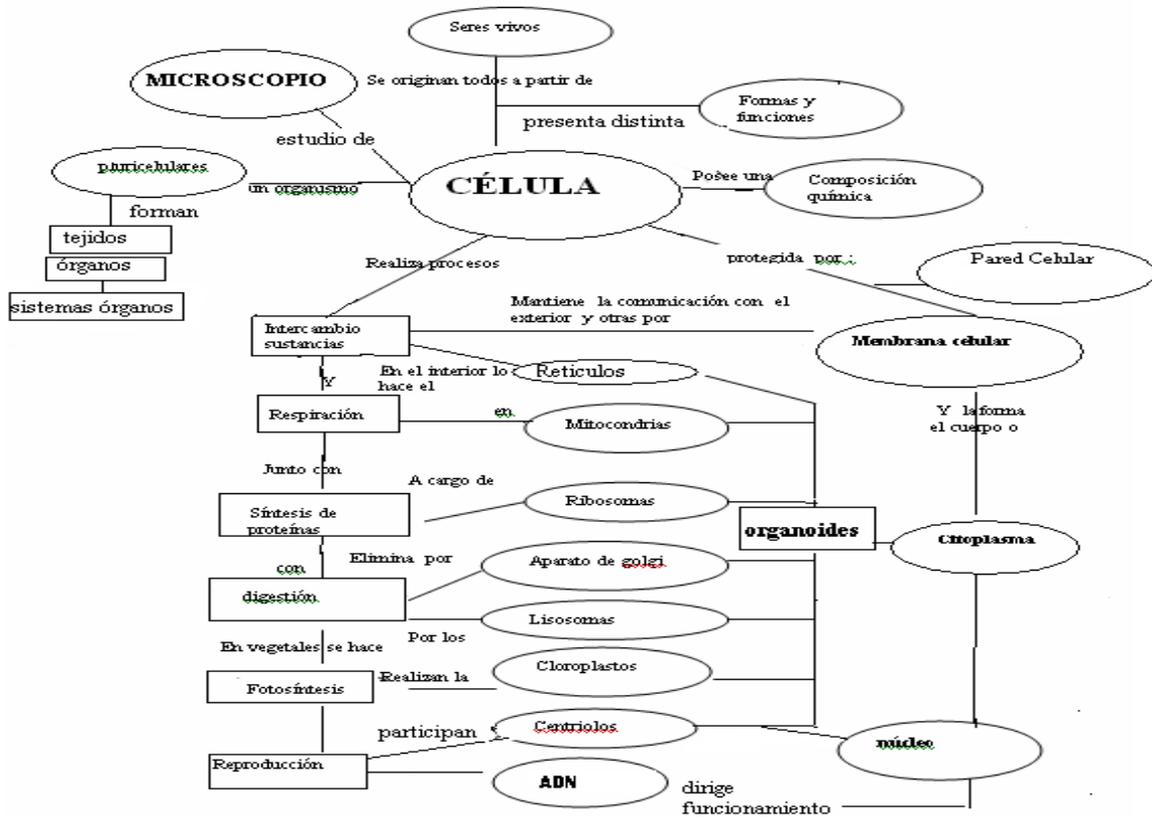
De acuerdo con los resultados obtenidos a partir del análisis de los tres textos revisados, se propone trabajar los siguientes contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales:

Contenidos a trabajar en la Unidad Didáctica “La Célula y su Funcionamiento”

TIPO DE CONTENIDO	DESCRIPCIÓN
CONCEPTUALES	Microscopía de seres vivos, estructura célula animal/vegetal; función de la células animal/vegetal; función de los organoides celulares, composición química células, procesos metabólicos en las células; respiración; Reproducción ADN; fotosíntesis.
PROCEDIMENTALES	Identificación de interrogantes, diferenciación y clasificación de seres vivos, mediciones de tamaños microscópicos, propuesta de hipótesis, interpretación de tablas y gráficos, observación y recogida de datos; rotulación de esquemas para la comunicación de información.
ACTITUDINALES	Valoración del microscopio para el descubrimiento de otros reinos de seres vivos, validez de las pruebas citológicas para descubrir enfermedades, usos del ADN en prueba de identificación y descubrimiento de la paternidad, importancia de la respiración celular y de la fotosíntesis para obtener energía en un ser vivo.

En la Figura N° 3, se muestra una visión integrada de los contenidos a ser estudiados en la unidad didáctica “La Célula y su Funcionamiento”

Figura N° 3. Mapa Conceptual del Contenido a ser estudiado en la Unidad Didáctica “La Célula y su Funcionamiento”



Etapa III: Exploración de los conocimientos previos de los alumnos

El diagnóstico de los conocimientos e ideas previas de los alumnos se realizará a partir del planteamiento, por parte del profesor, de una situación problemática, que será abordada por medio de una lluvia de ideas. A continuación se muestra la secuencia de acciones llevadas a cabo para diagnosticar conocimientos previos.

1. Relato de una situación problemática a cargo del profesor.

Situación Problemática:

“Un alumno ha sufrido un accidente por quemaduras y debe recibir un injerto; su hermano quiere donarle piel; sin embargo, le responden que, después de estudiar sus células, éstas no son compatibles y queda así con grandes interrogantes”

2. Planteamiento de interrogantes por parte de los alumnos

Después de escuchar el relato del profesor, los alumnos formulan preguntas tales como:

¿Serán todas las células iguales? ¿Por qué no puedo ver las células? ¿Cuál será su estructura básica? ¿Todos los seres vivos tienen células? ¿Por qué si son hermanos, no puede darle sus células? ¿Cómo funciona la célula en ser un ser vivo? ¿Cómo se reproduce una célula? ¿Cómo se alimentan las células? ¿de donde obtiene la energía la célula?

3. Búsqueda de respuesta a las preguntas mediante trabajo colaborativo en grupo

Etapa IV: Creación de Entornos y Desarrollo de Actividades de Aprendizaje

Luego de secuenciar los contenidos (conceptuales, procedimentales y actitudinales) y de explorar las ideas previas de los alumnos, se proponen las actividades de aprendizaje basadas en un problema general y el pequeños problemas a los que los alumnos tratarán de darle solución mediante el trabajo en grupos colaborativos; a continuación se muestran algunos de los problemas junto con sus contenidos asociados.

Nº	PROBLEMAS	CONTENIDOS ASOCIADOS
1.	Incendio arrasa con Laboratorio Policía de Investigaciones. El ADN y las pruebas de identificación	Estructura y Función Celular
2.	Las pruebas citológicas deladoras	El microscopio y escalas medición microscópicas
3.	La biotecnología en la Octava Región Chile	Formas celulares célula animal-vegetal y Función de los organoides celulares
4.	Abren banco de células madre en Chile	Metabolismo Celular
5.	Descubren mecanismo de duplicación celular en tumores	Reproducción celular

A continuación, con los problemas 1 y 2, se ejemplificará la creación de entornos de aprendizaje y la secuenciación de actividades de aprendizaje correspondientes.

Entorno de Aprendizaje basado en el Problema 1

a) Planteamiento del Problema 1: “Incendio Arrasa con Laboratorio de Policía de Investigaciones”

Figura N° 4: En la gráfica se muestra el incendio en el laboratorio de la policía de investigaciones



Fuente: **El Mercurio**, jueves 3 de marzo 2005

“El fuego se originó de manera fortuita en la sección de balística de investigaciones, destruyó un número indeterminado de pericias judiciales y análisis de muestras citológicas, Pruebas de ADN. Las pérdidas son incalculables en equipos de investigación científica, microscopios, archivos computacionales, ninguno de los equipos estaba Asegurado” (El Mercurio, jueves 3 de marzo de 2005)

b) Con base en la lectura del contenido de esta información, los alumnos reunidos en grupo, formulan preguntas abiertas en torno a la situación planteada, cuya búsqueda de respuesta se convierte en objetivos de aprendizaje

c) Desarrollo de actividades de aprendizaje relacionadas con el problema planteado.

c.1) Actividades exploratorias: las células delatan los culpables

En el laboratorio se realizaban normalmente análisis de sangre, para determinar grupos sanguíneos, porque en la membrana de los glóbulos rojos humanos existen diversos tipos de estructuras moleculares que tienen carácter de antígenos que al ser introducidas en un organismo que no los posee reacciona con los anticuerpos producidos por el receptor. La presencia o ausencia de estos antígenos es lo que distingue a los distintos grupos sanguíneos de las personas. Así también, se realizaban pruebas de ADN, cuyo análisis permite identificar y descartar a los posibles culpables, por lo que se necesita de sofisticados microscopios para que su labor se realice con exactitud. Vamos a investigar.

1. ¿Podrías nombrar algunas pruebas o muestras que recoge la policía para ser sometida a investigación científica con el objetivo de detectar posibles culpables?.
2. ¿Cuál de estas pruebas de tipo biológico son válidas en los juzgados como pruebas?
3. ¿Puede el estudio de las células lograr descubrir al culpable?

c.2) Actividades de introducción de variables.

1. ¿Por qué es tan importante el microscopio en el estudio de las células?
2. ¿Cómo funcionan las células de tu organismo?
3. ¿Son todas las células al observarlas iguales en el microscopio?
4. ¿Cuándo las células van a formar tejidos y cuando forman los órganos? .

El laboratorio necesita de nuevos microscopios para desarrollar sus análisis, porque la totalidad de ellos se destruyó en el incendio y le encargan a tu grupo hacer una investigación de mercado para cotizar estos instrumentos, considerando su potencial de estudio en la muestras de células y tejidos que se recogen en el terreno en que ocurren los hechos investigados en este laboratorio y hacer la mejor selección para la adquisición de ellos.

5. ¿Qué información necesitas reunir respecto a las características de los microscopios para realizar estas recomendaciones?
6. ¿Qué unidades de medición microscópicas necesitas conocer para justificar argumentos en la elección de los microscopios, sus usos y posibilidades, observación de distintos tipos de células y huellas que recopilan en los hechos policiales?

c.3) Actividades de síntesis

1. Esquematiza las características que da tu grupo para seleccionar los microscopios y argumenta la recomendación que el grupo hace para la compra de ellos.
2. ¿Por qué es importante comprender estructura y función celular en los seres vivos?

c.4) Actividades de aplicación

1. Una de las pruebas más confiables para averiguar si el sospechoso es el verdadero culpable es al análisis o prueba de ADN. ¿qué se analiza con ella ? ¿ es necesario en esta prueba el uso del microscopio?

Entorno de Aprendizaje basado en el Problema 2: Las Pruebas Citológicas Delatoras

a) Planteamiento del Problema 2:

“En el laboratorio que se ha quemado, una de las pruebas citológicas realizadas a las células, es para comparar su forma y sus componentes, en las muestras de tejidos (biopsias) encontrados, para ver la correspondencia entre el tipo de células de la víctima y el de los posibles sospechosos y así determinar quien es el culpable.”

b) Con base en la lectura del contenido de esta información, los alumnos reunidos en grupo, formulan preguntas abiertas en torno a la situación planteada, cuya búsqueda de respuesta se convierte en objetivos de aprendizaje

c) Desarrollo de actividades de aprendizaje relacionadas con el problema planteado.

c.1) Actividades de exploración.

Según Díaz y Jiménez (1996), al observar al microscopio los componentes celulares es necesario aplicar en estas pruebas colorantes o tinciones, como por ejemplo, azul de metileno para una mejor distinción, pues según sus constituyentes estos adquieren diferentes contrastes con la tinción. Es necesario además considerar que mientras mayor sea el aumento que presente el microscopio, será más fácil observarlos más claramente, sobre todo en el caso de organelos celulares.

1. ¿Todos los organismos están formados de las mismas células?
2. ¿Todas las células de un organismo tienen la misma forma y la misma función?
3. ¿Puede un organismo ser una célula?
4. ¿Las células animales y vegetales tienen los mismos componentes?

c.2) Actividades de introducción de variables

1. Recopila información en libros y páginas de internet que describan la forma y función de los componentes de las células animales y vegetales?
2. ¿Cuáles son los orgánulos más pequeños y más grandes en las células?
3. ¿Porqué son tan importantes en el funcionamiento integrado para una célula

c.3) Actividades de síntesis.

1. Realiza en grupo un tabla comparativa de la forma de los componentes celulares y su ubicación en la célula, preséntala al curso para su crítica y evaluación.
2. Elabora un mapa conceptual que relacione la célula, sus componentes y función.

c.4) Actividades de aplicación

c.4.1) Laboratorio: ¿Las células de la mucosa salival son todas iguales?

1. Raspa suavemente la parte interior de tu mejilla con un palo de helado
2. Deposita el material sobre un portaobjetos y pásalo suavemente por el mechero
3. Cubre el material con azul de metileno y déjalo reposar por unos 10 minutos, lávalo y deja escurrir el exceso de colorante, cuidando que el agua no despegue la muestra coloreada.

c.4.2) Analiza y responde

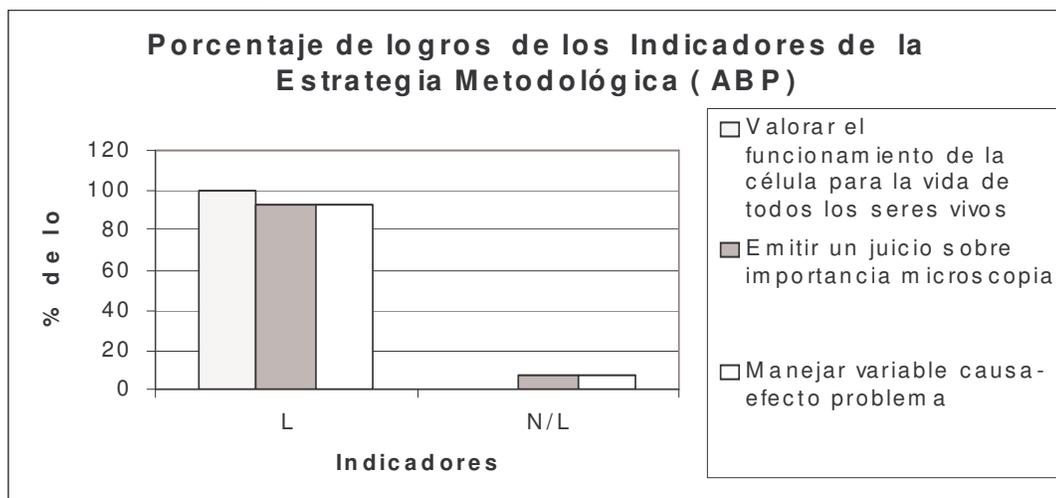
1. Dibuja en tu cuaderno las células que observaste en el microscopio e indica el aumento
2. ¿Qué similitudes encuentras entre ellas?, ¿observaste alguna estructura en común?

3. A qué se parecen las células observadas, ¿son todas iguales?
4. ¿Si comparas la muestra tuya con la de otro compañero son parecidas las células?
5. ¿A que conclusión puedes llegar?. Justifica tus respuestas
6. Se corresponden tus resultados con las pesquisas que se realizan en las pruebas de citología del laboratorio siniestrado, para descubrir al culpable de un delito, justifica tus respuestas.

Etapa V: Evaluación del desempeño de los estudiantes en el desarrollo de la unidad didáctica.

Si el objetivo de todo profesor es que los alumnos aprendan, no resulta razonable hacer sólo una evaluación inicial (¿en qué nivel están?) y una final (¿en qué nivel quedaron?) porque a esas alturas ya es muy tarde. Se debe saber cómo van los alumnos para determinar en qué se debe profundizar y cómo se debe orientar su práctica de docencia, es así que para el ABP de célula, se privilegia la evaluación del proceso por sobre una evaluación final cuantitativa. Para la aplicación piloto realizada en el año 2006, con una muestra de 45 alumnos de primer año de Educación Media, se diseñaron y aplicaron instrumentos cualitativos, como listas de cotejo y rúbricas, los cuales informaron del proceso de aprendizaje clase a clase hasta llegar a la presentación de las soluciones aportadas por cada grupo en un plenario, con creativas respuestas a las interrogantes planteadas en cada problema. Los resultados obtenidos por los alumnos son muy satisfactorios y se evidencian en el Gráfico N° 1.

Gráfico N° 1: % de logro de los estudiantes en función de los Indicadores ABP



En el Gráfico N° 1 se muestra que más de 90% de los alumnos logró los objetivos de aprendizaje sobre la célula para cada uno de los indicadores propuestos para el ABP. La solución al problema planteado alcanzada por los estudiantes se evaluó en las clases con *lista de cotejo*. Los resultados obtenidos demostraron la preparación de los grupos, entre los que se destacan aquellos que plantearon soluciones argumentadas y muy creativas. También se aplicaron *rúbricas*, para medir el

desempeño alcanzado por el alumno en la integración de los organoides celulares en el funcionamiento celular; el resultado obtenido en la rúbrica se tradujo en una calificación que se tabuló para obtener el % de logros alcanzado por cada estudiante.

Instrumentos Aplicados en la Evaluación del ABP Sobre la Célula

La lista de cotejo se utilizó para evaluar el desempeño de cada integrante del grupo ABP, cuando se buscaba dar respuesta a cada problema, llevando un seguimiento y registro, durante tres clases, del grado de avance individual y grupal; en la Tabla N° 1 se muestra la Lista de Cotejo aplicada a la evaluación del trabajo grupal.

TABLA N.º1, LISTA DE COTEJO: TRABAJO GRUPAL ABP CÉLULA

Nivel: BILOGÍA NM1

Curso:_____

Número de alumnos del grupo																			
Número del grupo																			
INDICADORES	CLASE 1						CLASE 2						CLASE 3						NF
	1	2	3	4	5	Tot al	1	2	3	4	5	Tot al	1	2	3	4	5	Total	
<i>Sigue instrucciones</i>																			
<i>Participa en grupo</i>																			
<i>Resuelve los problemas</i>																			
<i>Respeto opinión ajena</i>																			
<i>Total de puntaje alumno</i>																			

Al comienzo del trabajo de indagación, en los grupos de estudiantes se presentaron dificultades en cuanto a la aceptación y el respeto a la opinión de sus pares, así como mucha pérdida de tiempo en la organización para comenzar o retomar el trabajo; también faltaba disciplina y rigurosidad conceptual al dar sus respuestas; pero a medida que pasó el tiempo, estas deficiencias se superaron cuando los alumnos se adaptaron a los requerimientos de la nueva metodología.

Por otro lado, para evaluar la presentación de las soluciones que cada grupo de alumnos debía presentar para cada uno de los problema que componen el ABP *Célula*, se elaboró una pauta que fue

conocida previamente por cada grupo, a fin de que supieran cuáles serían los indicadores que se tomarían en cuenta, y sobre los cuales el grupo debía poner mayor énfasis durante su argumentación; la mencionada pauta se muestra en la Tabla N° 2.

Tabla N° 2. LISTA DE COTEJO PARA LA EXPOSICIÓN GRUPAL DEL ABP

INDICADORES	Alumno N°					Total del grupo
	1	2	3	4	5	
<i>Utiliza material de apoyo</i>						
<i>Domina el Tema presentado</i>						
<i>Utiliza vocabulario científico adecuado</i>						
<i>Utiliza una voz adecuada</i>						
<i>Atiende a las disertaciones de sus pares</i>						
<i>Responde a preguntas formuladas</i>						
<i>Total de puntaje del alumno</i>						

Los resultados obtenidos demostraron la preparación de los grupos, algunos plantearon soluciones argumentadas y muy creativas sobre todo en la implementación de microscopios, por la valoración de ellos respecto a la exactitud en los resultados de pruebas citológicas, que debe dar el laboratorio para no equivocarse en la búsqueda de culpables.

Se usó la Rúbrica (Tabla N° 3) para evaluar el grado de desempeño alcanzado por el alumno en la integración de la organización estructural que los organoides celulares hacen, para permitir las funciones de: intercambio, respiración celular, fabricación de las proteínas, fotosíntesis y reproducción; esta rubrica se tradujo en un calificación, destacando en el resultado el desempeño satisfactorio y excelente obtenido por los estudiantes.

Tabla N° 3: Rúbrica del desempeño alumno ABP *célula*

Indicadores	(1)	(2)	(3)	(4)
Conceptual:	No relaciona la función de los órganos celulares y los procesos metabólicos que permiten la vida de la célula en un ser vivo	Relaciona algunas de los órganos celulares y su función, pero no integra, los procesos metabólicos al funcionamiento de un ser vivo.	Relaciona los órganos celulares y sus funciones y describe al menos algunas implicancias de los procesos como respiración, intercambio reproducción para la sobrevivencia de la célula en un ser vivo	Relaciona correctamente los órganos celulares, describen sus funciones y las integra en los procesos de respiración celular, fotosíntesis e intercambio y reproducción explicando su importancia en la sobre/vida de la célula en un ser vivo.
Procedimental:	No utiliza fuentes de información y no plantea una estrategia de interpretación de los conceptos con el funcionamiento célula	Utiliza fuentes de información pero plantea una estrategia poco clara y no es práctica para la interpretación del funcionamiento celular	Utiliza diferentes fuentes de información y plantea una estrategia clara, pero poco precisa para la interpretación del funcionamiento celular.	Utiliza diferentes fuentes de información y plantea una estrategia adecuada , precisa y correcta para la interpretación del funcionamiento celular
Actitudinal:	No logra obtener la atención de los presentes sobre la situación ni la propuesta que plantea para dar solución al problema.	Obtiene la atención de los presentes, con respecto al problema, pero la solución presentada no responde al problema.	Obtiene la atención de los presentes, pero falta alguna de soluciones al problema que presenta.	Obtiene la atención de los presentes con respecto al problema y la propuesta de solución completa y exacta a cada problema .
Creatividad en la solución del problema	No presenta estrategia y planes de resolución .	Plantea una estrategia que no es clara para la resolución de los problemas.	Plantea un diseño novedoso, práctico pero poco aplicable en el contexto del problema.	Plantea una estrategia novedosa, creativa, muy práctica y con grandes posibilidades para solucionar el problema.

(1): *Desempeño Deficiente (de 2,0 a 3,9)*(2): *Desempeño Aceptable (4,0 a 4,9)*(3): *Desempeño Satisfactorio (5,0 a 5,9)*(4): *Desempeño Excelente (6,0 a 7,0)*Evaluación del desempeño del alumno ABP *Célula*

En la Tabla N° 4 se muestra el dispositivo creado para resumir el desempeño de los alumnos del curso, en cada una de las evaluaciones de proceso, clase a clase, para resolver cada problema ABP *Célula*. Los resultados finales fueron muy satisfactorios para la mayor parte de los estudiantes y se muestran en el Gráfico N° 1.

Tabla N° 4 : Dispositivo para Resumen de evaluaciones obtenidas en el ABP por alumno.

Parámetros		Alumno N°	Nombre del Alumno	Puntajes			Nota Final
				Lista Cotejo ABP	disertación	rúbrica	
Siempre	3	1					
A veces	2	2					
Rara vez	1	3					
Nunca	0	4					
		5					

Conclusiones:

De acuerdo con los resultados obtenidos en la aplicación piloto se pueden formular las siguientes aseveraciones:

1. Los resultados obtenidos por los alumnos según lista de cotejo, notas, etc., son muy satisfactorios puesto que los estudiantes se muestran interesados, organizados en una meta en común, indagan; utilizan variadas fuentes de información disponible; discuten; analizan esta información y creativamente proponen posibles soluciones de los problemas a sus compañeros e invitados a la disertación, fortaleciendo sus habilidades y destrezas.
2. En relación a la propuesta de aprendizaje bajo ABP para abordar los contenidos de “Célula”, se puede afirmar que se promovió, favorablemente, el aprendizaje de los conceptos en contextos reales lo que se manifestó en la nota de informes finales presentados, calificación obtenida por rúbrica, disertación presentada, y a través de lista de cotejo usada durante las clases.
3. Si se analiza al trabajo colaborativo en el aula, según lo observado en lista de cotejo, se puede afirmar que al inicio de la unidad los estudiantes no lo aceptaban, estaban muy desordenados, poco organizados, a medida que transcurrían las clases se fueron adaptando, y asumiendo sus funciones dentro del grupo, como lo eran: investigar, compartir conocimiento, discutir las estrategias, aceptar otras opiniones, etc. y llegar a un consenso en busca de la solución del problema con la guía del profesor.
4. De los comentarios realizados por los alumnos con respecto a la propuesta metodológica, ellos destacan: “lo dinámico que es el trabajar en ABP”, “lo rápido que pasa el tiempo en la clases”, y “la diversidad de soluciones que se pueden dar a un mismo problema”, lo que indicaría que el material presentado es, potencialmente, significativo y logra mejorar la disposición de los alumnos por aprender, de donde se puede afirmar que la propuesta crea las condiciones necesaria para propiciar un aprendizaje significativo.
5. Una de las críticas planteadas por los docentes que han participado revisando su aplicación es el tiempo que se debe dedicar en: a) el diseño de los entornos de aprendizaje bajo ABP por el profesor, b) el tiempo que los estudiantes demoran en realizar la búsqueda de información para encontrar la respuesta al problema planteado al trabajar por primera vez con la propuesta.

6. La valoración realizada por un grupo de profesores de Ciencias a nivel de Educación Media y Educación Básica con respecto a esta propuesta de aprendizaje bajo ABP, es favorable, ellos opinan que es una estrategia didáctica adecuada para las disciplinas, que puede ofrecer una enorme posibilidad para trabajar: a) como lo hacen los científicos en grupos, investigando, comunicando información de forma oral y escrita; y b) los conceptos, procedimientos y actitudes (contenidos) de las asignaturas de ciencias. Lo que se puede lograr a partir de una serie de problemas distintos para cada asignatura o de un mismo problema a abordar desde diferentes puntos de vistas o asignaturas como: Biología, Química y Física. Por último destacan la posibilidad de esta estrategia metodológica para ser implementada en otras asignaturas del currículo

Referencias

- Alonso, M., Martínez, C. y García, S. (1998). Criterios que utilizan los alumnos universitarios de primer ciclo para definir ser vivo. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(3), 399-408.
- Alvarado, H. (2004) *significado y comprensión de un teorema estadístico: Elemento básicos en el desarrollo profesional del profesor para una buena enseñanza*” *Boletín de Investigación Educativa*. 19 (1). 227-244.
- Angulo E. (2000). La imagen de la célula en los libros de texto de enseñanzas no universitarias. *Revista del Colegio oficial de biólogos*, Madrid, n. 19, p. 2-4,.
- Angulo. E. (1999).La imagen de la célula: evolución de la imagen de la célula en los textos científicos. *Revista del Colegio oficial de biólogos*, Madrid, N. 18, p. 4-7,
- Barrows, H.(1986). A taxonomy of problem-based learning methods [Clasificación de los métodos de aprendizaje basado en problemas]. *Medical education (Oxford,)*, V. 20, pp.481-486.
- Caballer, M. y Giménez, I. (1993). Las ideas del alumnado sobre el concepto de célula al finalizar la educación general básica. *Enseñanza de las ciencias*, 11(1), 63-68
- Caballer, M. y Jiménez, I. (1992). Las ideas de los alumnos y alumnas acerca de la estructura celular de los seres vivos, *Enseñanza de las ciencias*, 10(2), 172-180
- Curtis, H. y Barnes, N. (1995). *Biología* (5ta Edic.). Editorial Panamericana (pp.71-25)
- Díaz, J. y Jiménez M (1996). ¿Ves lo que dibujas? observando células con microscopio. *Enseñanza de las ciencias*, 14(2), 183-194.
- Diez D. y Caballero, C. (2004). Representaciones externas de los conceptos biológicos de gen y cromosoma. Su aprendizaje significativo. *Revista de investigación N° 56*, 19-120.
- Dreyfus, A. and Jungwirth, E. (1988). The cell concept of 10th graders: curricular expectations and reality, *International Journal of Science Education*, 10(2), 221-229
- Dreyfus, A. and Jungwirth, E. (1989). The pupil and the living cell: a taxonomy of dysfunctional ideas about an abstract idea, *Journal of Biological Education* 23(1), 49-55
- Flores, F., Tovar, M. Gallegos, L., Velásquez, M. E., Valdés, S., Saitz, S., Alvarado, C. y Villar, M. (2000). *Representación e Ideas Previas acerca de la Célula en los Estudiantes del Bachillerato*. UNAM, México.
- Giordan, A. (1987). Los conceptos de Biología adquiridos en el proceso de aprendizaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 5 (2), 105-110..
- Godino, J. (2000). Significado y comprensión de los conceptos matemáticos. En ejemplar dedicado a la construcción del conocimiento matemático para el siglo XXI. *Revista de didáctica de las matemáticas*. N° 25, 77-88.
- Greca, I. (1999). Representaciones mentales. En: Moreira, M; Caballero, C. y Meneses. J. Programa PARADIGMA, Vol. XXX, N° 1, Junio de 2009 / 63 – 85

- Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. Universidad de Burgos. Burgos. *Texto de apoyo N° 7*, 254-295.
- Jerez, J., López, J., y Trisotti, A. (2004). *Biología 1° medio (1era Edición)*. Editorial Santillana (pp. 6 - 43)
- Kolmos, A., (1996). Reflections on Project work and problem based learning. *European Journal of Engineering Education*. 21(2), 141-148.
- Lopez, B y Costa, N, (1996) Modelo de enseñanza-aprendizaje centrado en la resolución de problemas: Fundamentación, presentación e implicaciones educativas. *Enseñanza de las ciencias*. 14(1), 45-61
- Mineduc (2004) Textos escolares Educación Media Biología Primero Medio. Formación General, Ministerio de Educación República de Chile.
- Mineduc (2006) Textos escolares Educación Media Biología Primero Medio. Formación General, Actualizados. Ministerio de Educación República de Chile.
- Núñez, F. y Banet, E. (1996). Modelos conceptuales sobre las relaciones entre digestión, respiración y circulación. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 261-278.
- Pino, C., y Navarro, R. (2004). *Biología 1° medio. (1era Edición)*. Editorial Marenostrum. (pp. 14 - 65)
- Ribeiro, L. y Mizukami, M., (2005). Problem-based learning: a student evaluation of an implementation in postgraduate engineering education. *European Journal of Engineering Education*. 30(1), 137-149.
- Rodríguez M. (2000 a). 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), 237 - 263
- Rodríguez, M. (1997). Revisión bibliográfica relativa a la enseñanza/aprendizaje de la estructura y del funcionamiento celular. *Investigações em Ensino de Ciências*, 2(2), 123 - 149
- Rodríguez, M. (2001). La concepción científica de célula para la enseñanza de la biología. Una reflexión aplicable a la escuela secundaria. *Revista de Educación en Biología*. Asociación de Docentes de Ciencias Biológicas de la Argentina. Córdoba. Argentina.
- Rodríguez, M. y Moreira, M. (1999). Modelos mentales de la estructura y del funcionamiento de la célula: dos estudios de casos. *Investigações em Ensino de Ciências*, 4 (2), 121.160.
- Said, S, Mahamd, A., Mekhilef, S. y Rahim, N., (2005). Implementation of the problem-based learning approach in the Department of Electrical Engineering, University of Malaya. *European Journal of Engineering Education*. 30(1), 129-136.
- Sánchez, G.; Pro, A.; Valcárcel, M. (1997). La utilización del modelo de planificación de unidades didácticas: El estudio de las disoluciones en la educación secundaria. *Enseñanza de las ciencias*. 15(1), 35-50.
- Sánchez, G.; Valcárcel, M.V. (1993) Diseño de unidades didácticas en el área de ciencias experimentales., *Enseñanza de las ciencias* 11(1), .33-44.
- Sanchez, I, y Flores, P.(2004). Influencia de una metodología activa en el proceso de enseñar y aprender Física. *Journal of Science Education*., 5(2), 77-83.
- Sánchez, I. Neriz, L. and Ramis, F. (2008). Design and application of learning environments based on integrative problems. *European Journal of Engineering Education*. 33(4), 445-452. .
- Sánchez, I. (2007). Aprendizaje Significativo A través de resolución de problema integradores contextualizados por investigación, *Actas del Primer encuentro internacional de aprendizaje significativo en las ciencias y la matemática*, septiembre universidad Adventista de Chile, Chillan.
- Sanchez, I. y Ramis, F. (2006.). Una experiencia de Aprendizaje significativo a través de resolución de problemas en Física, *Acta del IV Congreso Internacional PBL 2006 ABP*, Lima Perú del 17 al 24 julio. Pontificia Universidad Católica del Perú.

- Sanchez, I. y Ramis, F., (2004). Meaningful learning based on problems. *Revista Horizontes educacionales*, 1(9), 101-11.
- Sanchez, I., (2001). Validation of a methodology based on learning activities with creative techniques for college students. *Journal of Science Education*, 2.(2), 86-90.
- Sanmartí, N. (2000), El diseño de unidades didácticas. En: Canal, P.; Perlaes, J. (edres.) *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Alcoy: Ed. Marfil. 239- 266.
- Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Madrid: Síntesis Educación.
- Savery y Duffy, 1995 Problem based learning: an instructional model and its constructivist framework. *Educational Technology*, 35, pp. 31-7.
- Schultz, N. y Christensen, H. (2004). Seven-step problem-based learning in an interaction design course *European Journal of Engineering Education*. 29(4), 533–541.
- Vigotski, L., (1979). *Psicology and Pedagogy*. Spain: Akal.

AUTORES

Mgs Edith Herrera es profesora de Didáctica de las ciencias y Evaluación de la Especialidad de la carrera de pedagogía en ciencias Naturales Mención Biología o Física o Química de la Facultad de Ciencias de la Educación, en la Universidad del Bio Bio, Campus Chillan, Chile. Sus principales líneas investigación se encuentran en la enseñanza de la Biología, formación de profesores, aprendizaje basado en problemas. e-mail: eherrera@ubiobio.cl

Dr. Iván Sánchez es profesor asociado del departamento de Física, Facultad de Ciencias en la Universidad del Bio Bio, Concepción, Chile. Sus principales trabajos de investigación se encuentran en la enseñanza de la física de ingeniería, la resolución de problemas, aprendizaje basado en problemas, aprendizaje significativo, estrategias de aprendizaje y la creatividad. Es miembro de la Sociedad Chilena de Ciencias de Maestros. e-mail: isanchez@ubiobio.cl