

**REPRESENTAÇÕES VISUAIS NO ENSINO DE BIOLOGIA: O CASO DO TRANSPORTE DE SOLUTOS ATRAVÉS DE MEMBRANAS CELULARES****VISUAL REPRESENTATIONS IN THE TEACHING OF BIOLOGY: THE CASE OF THE TRANSPORT OF SOLUTES THROUGH CELL MEMBRANES****REPRESENTACIONES VISUALES EN LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA: EL CASO DEL TRANSPORTE DE SOLUTOS A TRAVÉS DE MEMBRANAS CELULARES**

Nazira Píriz Giménez

nazirapiriz@gmail.com

**Resumo:** Uma das dificuldades no ensino de ciências reside no uso de várias línguas que os novatos devem aprender e usar. Alguns autores levantam a necessidade de uma “alfabetização visual” para a interpretação de “representações visuais”. Isso inclui fotografias, gráficos, diagramas de estrutura ou processo, sendo este último amplamente utilizado no ensino de ciências biológicas, uma área de conhecimento em que o ensino de níveis celulares e moleculares oferece complexidade particular. O ensino do conteúdo biofísico apresenta a dificuldade de integrar conteúdo e idiomas de várias ciências naturais, o que complica ainda mais o ensino da biologia celular e molecular. Este trabalho foi proposto como uma questão de pesquisa: quais oportunidades e obstáculos surgem, ao estudar a troca de solutos entre as células e seu ambiente, a partir da análise de representações visuais? Foi desenvolvido nos cursos de Biofísica da carreira da Faculdade de Ciências Biológicas, em duas instituições de formação de professores no Uruguai, entre 2016 e 2020. Os resultados permitem identificar conceitos “críticos” que reiteram dificuldades explicitadas em detalhes. Além disso, eles confirmam e expandem categorias nas quais as contribuições dos estudantes que interpretam diagramas frequentemente usados no ensino de Biologia, bem como as participações no ensino, podem ser organizadas.

**Palavras-chave:** Representações visuais. Linguagem gráfica na ciência. Ensino de Biofísica. Formação de professores.

**Abstract:** One of the difficulties in science education lies in the use of various languages that newbies must learn and use. Some authors raise the need for a “visual literacy” for the interpretation of “visual representations”. These include photographs, graphs, structure or process diagrams, the latter being widely used in the teaching of biological sciences, an area of knowledge in which the teaching of the cellular and molecular levels offer particular complexity. The teaching of biophysical content presents the difficulty of integrating content and languages from various natural sciences, which further complicates the teaching of cellular and molecular biology. This work was proposed as a research question: what opportunities and obstacles arise, when studying the exchange of solutes between cells and their environment, from the analysis of visual representations? It was developed in Biophysics courses of the Biological Sciences Faculty career, in two teacher training institutions in Uruguay, between 2016 and 2020. The results allow the identification of “critical” concepts in which difficulties are made explicit, in detail. Additionally, they confirm and expand categories in which the contributions of students who interpret diagrams frequently used in Biology teaching, as well as teaching participations, can be organized.

**Key words:** Visual representations. Graphic language in science. Teaching of Biophysics. Teacher training.

**Resumen:** Una de las dificultades en la enseñanza de las ciencias radica en la utilización de diversos lenguajes que los novatos deben aprender y utilizar. Algunos autores plantean la necesidad de una “alfabetización visual” para la interpretación de “representaciones visuales”. Éstas incluyen fotografías, gráficos, diagramas de estructura o de proceso, siendo estos últimos ampliamente utilizados en la enseñanza de las ciencias biológicas, área del conocimiento en la que ofrecen particular complejidad la enseñanza de los niveles celular y molecular. La enseñanza de contenidos biofísicos presenta la dificultad de integrar contenidos y lenguajes de diversas ciencias naturales, lo que se complejiza aún más en la enseñanza de la biología celular y molecular. Este trabajo se propuso como pregunta de investigación: ¿qué oportunidades y obstáculos surgen, cuando se estudia el intercambio de solutos entre las células y su entorno, a partir del análisis de representaciones visuales? El mismo se desarrolló en cursos de Biofísica de la carrera de Profesorado en ciencias biológicas, en dos instituciones formadoras de docentes en Uruguay, entre los años 2016 y 2020. Los resultados permiten identificar conceptos “críticos” en los que se reiteran dificultades que se explicitan detalladamente. Adicionalmente confirman y amplían categorías en las que pueden organizarse los aportes de estudiantes que interpretan diagramas utilizados con frecuencia en la enseñanza de la Biología, así como las participaciones docentes.

**Palabras llave:** Representaciones visuales. Lenguaje gráfico en ciencias. Enseñanza de la Biofísica. Formación docente.

## 1. INTRODUCCIÓN

### Los lenguajes y las representaciones en la enseñanza de las ciencias

Una de las dificultades en la enseñanza de las ciencias reconocida por diversos autores, radica en que los expertos en dichas áreas del conocimiento utilizan variados lenguajes (verbal, gráfico, matemático, químico), para la comunicación de sus ideas (Galagovsky y Beckermann, 2009; Galagovsky et al., 2009), que los estudiantes novatos deben aprender. El lenguaje verbal no es el único que se utiliza, requiriendo cada uno de ellos una decodificación particular de signos y símbolos, que resulta compleja para los iniciantes.

Postigo y López-Manjón (2012) se refieren a las “representaciones visuales”, incluyendo en ellas: construcciones visuales, fotografías, diagramas, dibujos y gráficas. Dentro de los diagramas, toman de Lowe (citado por Postigo y López-Manjón, 2012) su clasificación en dos categorías: - de estructura (presenta características físicas y de distribución espacial y suelen acompañarse de rótulos); y - de proceso (presenta cambios y suelen acompañarse de grafismos tales como flechas, entre otros). Postigo y López-Manjón (2012) cuestionan la expresión “una imagen vale más que mil palabras” en la enseñanza de las ciencias, en tanto la misma subestima la dificultad en la interpretación de representaciones visuales. Esta idea es acorde a la necesidad de

“procesos de decodificación compartidos para que ocurra comprensión entre los sujetos emisores y receptores de un mensaje” (Galagovsky y Beckermann, 2009), es decir entre el docente experto y el estudiante novato.

Acorde a estas ideas, Postigo y López-Manjón (2012) comparten con Lowe (citado por Postigo y López-Manjón, 2012), que resulta necesaria una “alfabetización visual”, en tanto dichas “imágenes” constituyen representaciones construidas de la realidad que se pretende estudiar, y no la realidad en sí misma. Por su parte, Rincón (2019) denuncia que dicha alfabetización no es suficientemente valorada en el ámbito de la enseñanza de las ciencias, como sí lo es la alfabetización para la lectura de textos.

Postigo y López-Manjón (2012) expresan que dentro “de las dificultades que encuentran los estudiantes cuando se enfrentan a representaciones visuales en el dominio de las ciencias naturales, es que la interpretación que hacen tiende a estar limitada a las características superficiales de la representación y no guiada por los conceptos que pretenden representar.” Asimismo, relatan “dificultades para producir estas representaciones como herramientas para pensar o solucionar problemas”. Dichos autores plantean como dificultad adicional, la necesidad de conocer las convenciones acordadas, y en la enseñanza de la Biología en particular, una mayor dificultad en el estudio de los niveles celular y molecular.

Nos preguntamos por un lado, qué lugar se le da en la formación de docentes a la discusión sobre estas problemáticas de enseñanza, no sólo desde la Didáctica sino también desde la enseñanza disciplinar; y por otro lado, cómo se complejizan estas problemáticas en la enseñanza de contenidos que integran diversas disciplinas y por ende variados lenguajes con sus propias especificidades.

### **El análisis de representaciones y recursos variados en la formación de docentes**

Diversos autores hacen acuerdo en la jerarquía de implementar en programas de formación de docentes de ciencias, instancias destinadas especialmente a la formación en conocimiento didáctico del contenido (CDC), que incluyan a modo de ejemplo “los conceptos erróneos de los estudiantes y marcos alternativos de conceptos científicos que se consideran generalmente difícil de aprender” (Amaya, 2017). Diversos trabajos proponen que dicho propósito puede viabilizarse generando instancias en las que los contenidos a enseñar y aprender, no sólo se discutan conceptualmente, sino que también, desde una perspectiva de enseñanza, se dé la posibilidad de analizar obstáculos y dificultades. A su vez, relatan que instancias como éstas, en las que se posiciona a los futuros docentes en el rol que eligieron, resultan desafiantes, estimulantes y valoradas favorablemente, por contribuir a la construcción de su perfil

profesional (Píriz y Mallarini, 2019; Píriz y Mallarini, 2018; Píriz Giménez, N. et al., 2018; Píriz Giménez, N. et al., 2017; Píriz Giménez, N., 2017).

## **La enseñanza de contenidos biofísicos integradores de las ciencias naturales podrían agregar dificultades adicionales**

La enseñanza integrada de las ciencias naturales constituye un aspecto de relevancia a considerar cuando se aspira a una enseñanza no fragmentada en aras de un aprendizaje con sentido, favoreciendo su vinculación con la vida cotidiana, la resolución de problemas y la formación ciudadana (Jover et al., 2020; Olalde y Ramos, 2019; Arteaga Valdés et al., 2016; Flores Camacho, 2012; Grisolia et al., 2009; Claro, 2003). En los últimos años, la importancia de dicha integración se ha ampliado a todas las áreas del conocimiento, habiendo surgido así los conceptos de interdisciplina y transdisciplina.

El estudio de los seres vivos como sistemas abiertos y altamente ordenados, constituye una gran oportunidad para su estudio desde una perspectiva integrada de las ciencias. En particular, el estudio del intercambio de materia y energía con el medio y el mantenimiento del orden en seres vivos, refieren a contenidos biofísicos de gran relevancia en el estudio de la biología celular, y por tanto a un nivel de organización biológica en el que la utilización de representaciones visuales ofrece mayores dificultades.

A esta dificultad se agrega la confluencia de contenidos científicos de diversas ciencias naturales. Es esperable que las dificultades propias de cada disciplina, con sus respectivos lenguajes y representaciones, también confluyan en la enseñanza del estudio de tópicos que refieran al intercambio de materia y energía con el medio. Focalizando nuestro interés en el nivel celular, nos preguntamos: ¿qué oportunidades y obstáculos surgen, cuando se estudia el intercambio de solutos entre las células y su entorno, a partir del análisis de representaciones visuales?

Este trabajo presenta resultados de una investigación desarrollada en dos instituciones formadoras de docentes de Ciencias biológicas para la Enseñanza media en Uruguay, en cursos de Biofísica desarrollados entre los años 2016 y 2020. La temática elegida fue el transporte de solutos a través de membranas celulares.

## **2 MÉTODO**

La pregunta de investigación propuesta dio lugar a una investigación de corte cualitativo, descriptivo e interpretativo, en la que se identificaron contenidos y dificultades que se pusieron en evidencia durante la

realización de actividades de análisis de representaciones visuales sobre el transporte de solutos a través de las membranas celulares.

El trabajo se desarrolló en cursos curriculares de Biofísica de la carrera de Profesorado en Ciencias biológicas, a partir de la propuesta de actividades que se registraron y analizaron. Las actividades de aula se centraron en el análisis de representaciones (mayoritariamente esquemas), y se ejemplifican mediante las actividades "1" y "2". En todos los casos el análisis de dichas representaciones constituyó una instancia imprescindible para la resolución de la tarea planteada. Las actividades se desarrollaron en clase, en ocasiones para su discusión en pequeños subgrupos, así como en instancias de evaluación (parciales y exámenes).

Interesa destacar que el análisis de representaciones visuales en futuros docentes, presenta ventajas adicionales en tanto permiten:

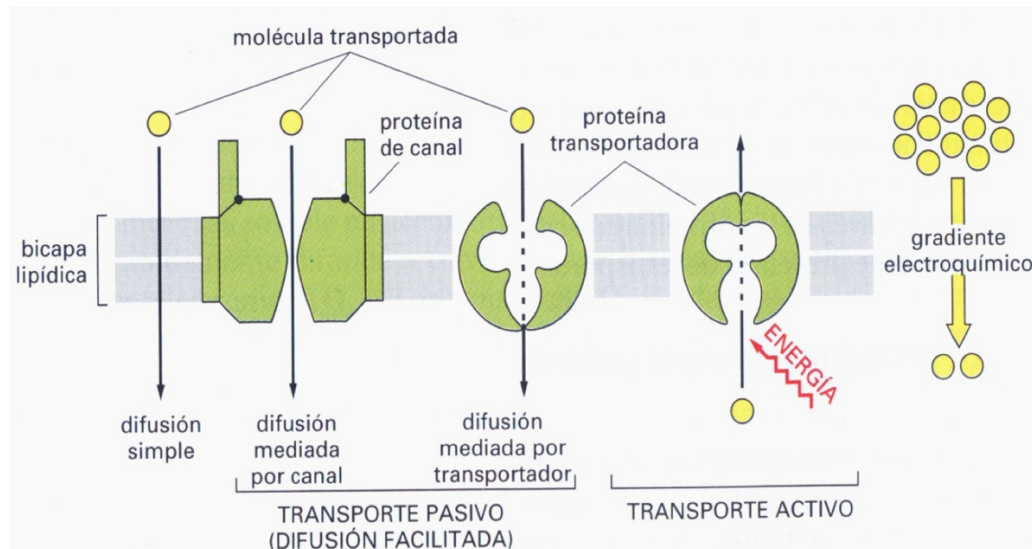
- poner en evidencia la interpretación de información implícita y así, la comprensión de los conceptos a indagar, evitando la mera repetición de información; y
- contribuir a la reflexión del futuro docente en cuanto a la importancia del papel docente en la selección crítica de representaciones para la enseñanza.

El registro de las producciones de los estudiantes se realizó mediante entrega de la tarea en cursos presenciales, así como por notas tomadas por la docente de los intercambios realizados en forma oral. En los cursos desarrollados en plataformas virtuales, el registro se hace en forma automática, ya sea en foros de discusión o en otro tipo de tareas.

A continuación se presentan dos actividades propuestas en cursos de Biofísica. La actividad 1 se propuso para su discusión en pequeños grupos y posterior puesta en común. La actividad 2 se propuso para su respuesta en forma individual en pruebas escritas. Se presentan ambas en primer lugar, fundamentando su elección a partir de sus potencialidades didácticas, para luego presentar los resultados.

#### *Actividad 1:*

Consistió en el análisis grupal de la representación ilustrada en la figura 1. Los estudiantes debían mencionar aspectos a mantener así como proponer mejoras, en forma fundamentada y citando la bibliografía consultada.



**Figura1** - Representação habitual de diversos mecanismos de transporte a través de las membranas celulares. La imagen incluye lenguaje verbal y gráfico. En algunos aspectos ambos lenguajes se complementan, no obstante también agregan información diferenciada. En ambos casos refieren a contenidos novedosos para estudiantes que ingresan a la carrera de Profesorado. (La figura se encuentra disponible en forma libre en internet: <http://funcionesbasicasdelascelulasbvs.weebly.com/transporte-membranal.html>)

La representación elegida para esta tarea presenta la complejidad de combinar lenguaje verbal y gráfico, que en parte se complementan pero también agregan información diferenciada. El lenguaje verbal introduce términos y expresiones específicas, de uso habitual para los expertos pero novedosas para estudiantes que ingresan a una carrera terciaria. Su combinación con el lenguaje gráfico, agrega la dificultad de establecer relaciones entre dicho lenguaje verbal y procesos particulares. El lenguaje gráfico se utiliza para: - identificar estructuras moleculares ("moléculas" transportadas y proteínas integradas a la membrana celular), y supramoleculares (la membrana celular); - presentar relaciones que habilitan procesos (configuraciones proteicas favorables para el pasaje de "moléculas" a su través); - ilustrar magnitudes (energía, gradiente electroquímico); y para - señalar el sentido del pasaje de solutos a través de la membrana (flechas finas negras). De esta manera, dicha representación ilustra em forma sintética y simplificada procesos, así como estructuras y magnitudes involucrados en ellos. La complejidad de esta representación para un estudiante novato, constituye también una rica oportunidad para el estudio del tópico elegido en el aula que requerirá su análisis como forma de lograr una decodificación compartida de los lenguajes presentados, entre el docente experto y los estudiantes novatos.

A la complejidad de la representación se agregan otras dificultades relacionadas con la integración de contenidos propios de la Física, la Química y la Biología. El estudio de los mecanismos de transporte de solutos a través de las membranas celulares en textos especializados, da lugar a conflictos con información que, o bien traen los estudiantes de sus

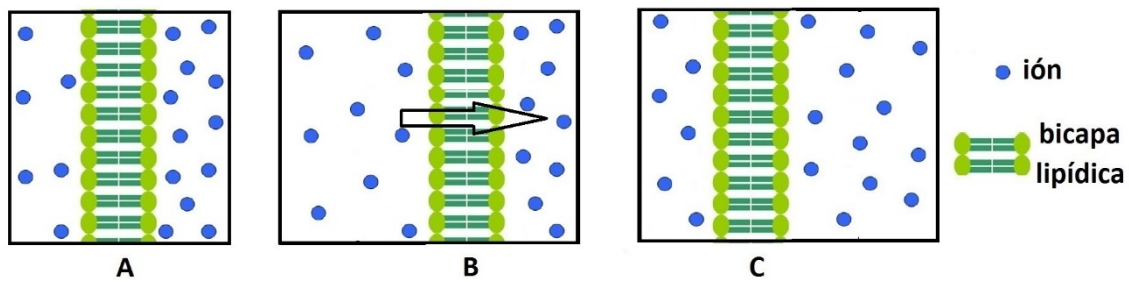
estudios secundarios, o bien se encuentra disponible en recursos accesibles para ellos (internet, o bibliografía no específica en la que se realizan simplificaciones y omisiones). Estas situaciones en ocasiones pueden generar inseguridad y malestar en estudiantes, en cuya superación resulta clave el apoyo docente en su análisis así como el destinar tiempo a la confrontación fundamentada de ideas en el aula.

Em el entendido de que la formación disciplinar debe tomar características particulares em la formación de docentes, interessa no sólo dar lugar a la discusión de contenidos y lenguajes de interés científico, sino también contribuir a la reflexión del futuro docente em cuanto a la importância del papel del docente em la selección crítica de representaciones para la enseñanza. En este sentido, la representación propuesta permite:

- Identificar como representación inapropiada la inclusión del término “energía” asociado únicamente al transporte activo, en tanto el transporte pasivo también requiere de energía libre para su ocurrencia.
- Las expresiones “transporte pasivo” y “difusión facilitada” se presentan como sinónimos, lo que no corresponde dado que la Difusión simple también es un tipo de transporte pasivo, por lo que la llave debería incluirlo.
- Los solutos pueden corresponder al nivel molecular pero también al atómico, por lo que conviene substituir el término “molécula” por “soluto”.
- La “difusión mediada por canal” toma el nombre en el lenguaje experto, de “electrodifusión”, considerándose beneficioso su substitución. Se considera beneficioso reservar el término “difusión” para aquellos solutos neutros que difunden por gradiente químico únicamente. El término “electrodifusión” contribuye a fortalecer los mecanismos implicados en él.
- La representación del “gradiente electroquímico” es inadecuada, no sólo porque no considera el aspecto eléctrico, sino porque implícitamente confunde concentración con “cantidad”.

#### *Actividad 2:*

*Consigna: La figura representa 3 sistemas (A, B y C) conformados por dos compartimentos (1 y 2) separados por una membrana biológica. Los compartimentos 1 y 2 tienen soluciones de un mismo soluto no dissociable. (Aclaración: todos los compartimentos tienen la misma dimensión en profundidad).*



- a)** *¿Qué se entiende por “tendencia al escape” de un soluto en solución?*
- b)** *Dados los sistemas A, B, y C, representados en la figura, ¿puede asegurar en cuál de ellos, el soluto representado tiene “tendencia al escape”?, ¿por qué? Justificar por sí ó por no, cada caso.*
- c)** *Sabiendo que: - en los sistemas B y C, uno de los compartimentos duplica en volumen al otro; y que - la flecha en el esquema B, representa el flujo espontáneo del soluto representado, ¿cómo podría explicar este hecho?*

La representación utilizada en esta actividad utiliza principalmente lenguaje gráfico, y únicamente utiliza lenguaje verbal en la presentación de referencias, a modo de “rótulos”. Según la categorización de Lowen, consiste en un diagrama de estructura, y en el que la distribución del soluto en el espacio, si bien puede interpretarse en términos de “concentración”, ésta no es determinante por sí sola del concepto central en la tarea que es la “tendencia al escape” de iones.

En esta actividad, con la información provista en el enunciado es posible afirmar que en los sistemas A y B, el soluto representado se encuentra a diferente concentración en los compartimentos 1 y 2. En cambio, en el sistema C las concentraciones son iguales, por lo que no existe un gradiente de concentración para dicho íon. Los sistemas B y C permiten diferenciar “cantidad” de “concentración”. Mientras en el sistema B la cantidad de soluto es la misma en los compartimentos 1 y 2 pero la concentración es diferente; en el sistema C ocurre lo opuesto.

Si bien la representación permite diferenciar “cantidad” de “concentración”, claramente la tarea se centra en el concepto biofísico de “tendencia al escape” de solutos, correspondiendo la situación planteada al caso particular de un íon. Por este motivo, a partir de los diagramas propuestos no es posible realizar ninguna afirmación sobre la tendencia al escape del soluto, dado que la existencia de un gradiente de concentración no garantiza un gradiente electroquímico, así como la no existencia de un gradiente químico no impide que exista un gradiente electroquímico para un íon. La información provista en el ítem c) permite proponer que el íon difunde en el sentido indicado dado que el gradiente eléctrico supera al químico. Esta situación permite poner en evidencia el concepto de “gradiente electroquímico” no como una mera denominación atribuible al “gradiente químico” en iones, sino como una



expresión que implica una diferencia de energía libre correspondiente al soluto, y que en términos biofísicos le atribuye al ión en cuestión una “tendencia al escape”.

### 3. RESULTADOS

El cuadro 1 presenta en forma detallada contenidos (“términos” o “expresiones”) así como conflictos y obstáculos (“dificultades en su concepción”) que surgieron en la realización de las actividades presentadas.

**QUADRO 1. CONCEPTOS QUE SURGEN EN LA REALIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROPUESTAS Y DIFICULTADES QUE EVIDENCIAN LOS ESTUDIANTES**

<b>Término ó expresión</b>	<b>Dificultades en su concepción</b>
Transporte pasivo	Con frecuencia se asocia el transporte pasivo (o espontáneo) a “aquél que no requiere de energía”, en lugar de conceptualizarlo como “aquél que ocurre a favor de gradiente electroquímico”. Dicha dificultad ilustra la no concepción energética que implica un gradiente electroquímico.
Transporte activo	Con frecuencia se asocia el transporte pasivo a “aquél que requiere de energía”, en lugar de conceptualizarlo como “aquél que ocurre en contra de gradiente electroquímico”. Habitualmente se asocia al consumo de trifosfato de adenosina (ATP), desconociendo que hay transportes activos que se dan sin dicho consumo.
Transporte activo primario y secundario	Habitualmente se conoce el transporte activo primario, no obstante se desconoce el transporte activo secundario o “transporte acoplado”, en el que uno de los solutos se transporta a favor de gradiente electroquímico. Dicho mecanismo acopla un transporte activo a otro que se da en forma espontánea.
Energía libre de Gibbs	Frecuentemente los estudiantes desconocen el concepto de energía libre como aquella que resulta útil para la realización de “trabajo”. Se acepta que el pasaje de solutos a través de las membranas celulares puede considerarse un “trabajo” y la energía libre que lo hace posible puede derivarse de la hidrólisis del ATP pero no necesariamente. En tal sentido se destaca la dificultad para comprender que la concentración y la carga eléctrica de un soluto en solución determina que a dicho soluto le corresponda cierta energía libre, y que un gradiente electroquímico es expresión de diferencias regionales en dicha energía libre.
ATP vs. Energía	En el ámbito de la Biología, incluso en libros de texto, suele utilizarse el término “energía” como sinónimo de ATP. Como consecuencia de ello, aparecen expresiones como “las mitocondrias sintetizan energía”, lo que contradice la primera ley de la termodinámica. Estas impresiones en el lenguaje son reproducidas por los estudiantes.
Espontaneidad vs. No espontaneidad	El término “espontaneidad” resulta desconocido para los estudiantes, por lo que también su vínculo con las variaciones de energía libre en procesos espontáneos y no espontáneos
Sistema abierto vs. Sistema cerrado	Dichas expresiones suelen ser conocidas por los estudiantes, no obstante suelen utilizarlas en forma reproductiva, no asociándolos a situaciones como la analizada en esta ocasión.
Entropía	Los estudiantes no vinculan el incremento de entropía que a la

	espontaneidad de procesos, ni su reducción con la no-espontaneidad.
Primer principio de la termodinámica	Los estudiantes suelen conocer el primer principio de la termodinámica como una expresión que se repite pero que no tiene un significado para ellos. La discusión de conceptos enumerados como energía libre, entropía, espontaneidad, permite aproximarlos a modelos mentales más adecuados.
Segundo principio de la termodinámica	Los estudiantes o bien desconocen el segundo principio de la termodinámica, o bien tienen la idea de que los seres vivos lo “incumplen”, desconociendo que dicho principio se aplica a sistemas cerrados y no a sistemas abiertos como los seres vivos.
Estado de equilibrio vs. Estado estacionario	Los estudiantes desconocen la diferencia entre un sistema en equilibrio y un sistema en estado estacionario. Desconocen que el primero de ellos se mantiene en forma espontánea en tanto el segundo en forma no espontánea. También los libros de texto vinculan en forma errónea, el mantenimiento de la vida con el equilibrio, situación que se alcanza con la muerte. El mantenimiento de la vida se da en un estado estacionario.
Soluto / solución / solvente	La físicoquímica de las soluciones constituye un tópico habitualmente desconocido por los estudiantes, incluyendo los conceptos de soluto, solvente y solución. En el estudio de los medios intracelular y extracelular, resulta adecuado su comparación con soluciones diluidas de solutos.
Molécula vs. átomo	Con frecuencia iones inorgánicos como sodio, calcio, potasio, de relevancia en los medios intracelular y extracelular, son considerados “moléculas” por los estudiantes. Dicha problemática se evidencia también en libros de Biología.
Gradiente electroquímico	Los estudiantes suelen considerar que el “gradiente electroquímico” es una mera expresión para denominar al “gradiente químico” en el caso de que los solutos sean iones.
Gradiente químico	Asociada al uso inadecuado del término “concentración” como “cantidad”, los estudiantes suelen conceptualizar “gradiente químico” como una diferencia en la cantidad.
Concentración vs. Cantidad	Los estudiantes suelen utilizar el término “concentración” en lugar de “cantidad”.
Estados de agregación de la materia	Con alta frecuencia, se confunde el estado de agregación de la materia con su naturaleza, con expresiones del tipo “los gases atraviesan las membranas por difusión simple”. Estas expresiones suelen referirse a moléculas que en la naturaleza suelen estar en estado gaseoso pero que en los seres vivos se encuentran disueltos en los medios intracelular y extracelular.

A partir del trabajo en la interpretación de las representaciones presentadas, es posible categorizar los aportes de los estudiantes y la participación docente como se presenta a continuación.

Los aportes de los estudiantes pueden clasificarse en las siguientes categorías:

- **Constituyen observaciones superficiales.** Dentro de ellas transcribimos algunas a modo de ejemplo: “se podría agregar el medio extracelular e intracelular para tener una mejor referencia”; “donde nombra al canal iónico pondría electrodifusión, y donde dice

permeasa pondría soluto neutro hidrosoluble”; “donde nombra difusión simple pondría que trata de un transporte espontáneo”; “también mencionaría la carga de las sustancias a ser transportadas y la carga del medio extracelular y del intracelular ya que esto puede alterar el paso de las sustancias”; “agregaría que los canales y las proteínas que facilitan el transporte y la difusión son proteínas transmembrana ya que atraviesan la membrana celular de lado a lado”.

- **Agregados no pertinentes.** Dentro de ellos encontramos o bien aportes teóricos que no constituyen un análisis de la representación propuesta, o bien aportes que no corresponden. Dentro de estos últimos mencionamos algunos a modo de ejemplo: “podría agregarse al dibujo una gráfica que explique la diferencia de velocidad a la que atraviesa la membrana un soluto por difusión simple o por difusión facilitada”.
- **Expresiones que o bien denotan confusiones o errores conceptuales, o bien dificultades de expresión.** Entre ellas, citamos a modo de ejemplo: “se pueden ver las moléculas de soluto concentradas”; “en difusión simple pondría: transporte espontáneo liposoluble”.
- **Observaciones pertinentes parciales.** Incluyen comentarios adecuados pero que no logran completar una propuesta de mejora, de acuerdo a lo solicitado. Dentro de ellas encontramos: “Donde se encuentra el transporte activo aclararía que es primario y pondría un ejemplo del transporte activo secundario”; “lo que me genera duda es si tendríamos que agregar cargas para que quede representado el componente eléctrico, ya que menciona el gradiente electroquímico y lógicamente hay que tener en cuenta el componente eléctrico de la energía libre”.
- **Propuestas de mejoras oportunas y adecuadamente formuladas:** “En cuanto a la difusión simple debería estar abarcada dentro de lo que está señalado como transporte pasivo”; “La palabra ENERGÍA creo que no está del todo correcta en la figura, porque nos da la idea que sólo se necesita energía para el transporte ACTIVO, y también utiliza energía el transporte pasivo”; “estaría bien que quede identificada en la imagen el tipo de soluto que atraviesa o que se encuentra a ambos lados de la membrana ya que al ver la imagen nos da la idea de que son todas iguales aunque debido a la forma en que estas atravesarían la membrana nos da una idea de si son apolares por ejemplo, polares, etc.”; “agregaría que la suma  $G_q + G_e$  es mayor en el compartimiento extracelular (lo ubicaría en la parte superior de la imagen) y una flecha para representar la tendencia de escape”.

Los resultados confirman las dificultades mencionadas por Postigo tanto en lo que refiere a la frecuente lectura “superficial” de las representaciones, como a la dificultad de producir representaciones para solucionar problemas, en este caso implícita en la propuesta de mejoras.

Adicionalmente, expresiones como “No se si mejoraria o modificaria algo en la imagen, ya que me parece bastante completa”, sugieren la aceptación pasiva de información presentada y por ende falta de criticidad. No obstante también se encuentran aportes críticos y adecuadamente formulados, por lo que las dificultades tanto para interpretar las representaciones como para analizarlas a partir del marco teórico actual, son claramente diversas.

La participación docente estuvo destinada a:

- **Responder dudas y realizar aclaraciones.** A modo de ejemplo: “Las sustancias no son líquidas ni gaseosas ni sólidas. La materia puede estar en estado líquido, sólido o gaseoso”; “Los procesos espontáneos son pasivos, es decir que ocurren “naturalmente”, sin aporte externo de energía, utilizan energía libre correspondiente a su gradiente electroquímico”; “Los iones no difunden por gradiente de concentración, ¿de acuerdo?”; “El sentido de un transporte pasivo queda determinado por el gradiente electroquímico del soluto que se transporta”.
- **Formular preguntas orientadoras.** Las mismas se proponen con la intención de generar conflictos cognitivos y contribuir al avance en el aprendizaje. A modo de ejemplo citamos algunas: “¿Qué opinan sobre el uso del término “molécula”?; “Los términos “molécula” y “ion”, ¿son incompatibles?” “Los transportes activos, siempre hidrolizan ATP?; ““Cantidad” y “concentración” son lo mismo?”; “Los transportes activos, siempre se dan en contra de gradiente de concentración”?: “A la bomba de sodio y potasio, la pondrías como ejemplo ¿de qué transporte?”; “Esos “transportes acoplados” que mencionas, ¿están representados?”.
- **Aprobar observaciones pertinentes y animar a realizar nuevos aportes.** A modo de ejemplo, citamos algunas: “El transporte de agua no está representado, estoy de acuerdo. ¿Cómo lo representarías?”; “Comparto que una molécula surge de la unión de al menos dos átomos, entonces, ¿qué término utilizarías en lugar de “molécula”?”; “Estoy de acuerdo en que el transporte activo secundario no está representado, ¿cómo podría representarse?”; “Concuerdo en que el gradiente electroquímico no está representado. ¿Cómo lo representarías?”.

Los resultados presentados ilustran con claridad la complejidad de representaciones habituales en la enseñanza de las ciencias biológicas, no obstante también su riqueza potencial para el aprendizaje, que nos permiten formular algunas consideraciones a modo de cierre.

#### 4. CONSIDERACIONES FINALES

Los resultados presentados en esta investigación permiten plantear consideraciones y reflexiones en varios aspectos. Por un lado, ejemplificar la oportunidad que constituye la enseñanza de contenidos biofísicos como

instancias valiosas para una enseñanza integrada de las ciencias naturales. Por otro lado, ilustrar la complejidad que se introduce en la enseñanza de las ciencias biológicas, mediante la utilización de representaciones habituales que suelen combinar lenguaje gráfico y verbal. En este sentido, destacamos:

- La relevancia en la selección y/o elaboración crítica de representaciones (que habitualmente combinan lenguaje verbal y gráfico) para la enseñanza de las ciencias. Dicha criticidad en su selección y/o elaboración, debe, a partir de su análisis detallado, minimizar la introducción de mensajes confusos o contradictorios que puedan inducir a errores conceptuales en una población destinataria no-experta.
- La riqueza en la oportunidad potencial que habilita el uso de representaciones que combinan lenguaje verbal y gráfico, en instancias de aprendizaje, para discutir términos y expresiones tanto explícitos como implícitos que surgen a partir de su análisis, como forma de contribuir a la comprensión de los contenidos abordados.

En particular, toma especial jerarquía lo dicho, en la formación de futuros docentes, como oportunidades para una formación disciplinar que contribuya a un conocimiento didáctico del contenido (Amaya, 2017). En este sentido, a pesar de las dificultades que estas propuestas implican, los futuros docentes hacen acuerdo en que las mismas viabilizan un enfoque acorde al perfil profesional para el que se forman (Píriz y Mallarini, 2019; Píriz Giménez, N. et al., 2018; Píriz Giménez, N. et al., 2017; Píriz Giménez, N., 2017).

## REFERENCIAS

AMAYA, G. F. El conocimiento pedagógico del Contenido en profesores de biología: Una revisión documental. **Bio-grafía**, 10(19), 2017. Disponible en: <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/7219/5882>

ARTEAGA VALDÉS, E., ARMADA ARTEAGA, L., / DEL SOL MARTÍNEZ, J.L. La enseñanza de las ciencias en el nuevo milenio. Retos y sugerencias. **Revista Universidad y Sociedad**, 8 (1), pp- 169-176, 2016. Recuperado de <http://rus.ucf.edu.cu>

GALAGOVSKY, L., & BEKERMANN, D. La Química y sus lenguajes: un aporte para interpretar errores de los estudiantes. **Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, 8(3), 952-975, 2009. Disponible en: [http://reec.webs.uvigo.es/volumenes/volumen8/ART11\\_Vol8\\_N3.pdf](http://reec.webs.uvigo.es/volumenes/volumen8/ART11_Vol8_N3.pdf)

GALAGOVSKY, L., DI GIACOMO, M. A., & CASTELO, V. Modelos vs. dibujos: el caso de la enseñanza de las fuerzas intermoleculares. **Revista electrónica de enseñanza de las ciencias**, 8(1), 1-22, 2009. Disponible en: [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen8/ART1\\_Vol8\\_N1.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen8/ART1_Vol8_N1.pdf)

JOVER, J. N., PÉREZ, H. R. O., DÍAZ, T. P., & DIÉGUEZ, A. R. Políticas de educación superior, ciencia, tecnología e innovación y desarrollo territorial: nuevas experiencias, nuevos enfoques. **Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad-CTS**, 15(43), 2020. Disponible en: <http://ojs.revistacts.net/index.php/CTS/article/view/149>

OLALDE, C. I. S., & RAMOS, D. L. Propuesta de situaciones problemáticas para la enseñanza y el aprendizaje de la Educación Física en la Universidad de las ciencias informáticas. **Revista científica Olimpia**, 16(55), 139-150, 2019. Disponible: <https://revistas.udg.co.cu/index.php/olimpia/article/view/830>

PÍRIZ GIMÉNEZ, N. Y MALLARINI, V. La formulación de preguntas como estrategia de aprendizaje en la formación de docentes. Trabajo aceptado para su publicación en la **Revista de Educación en Biología**. (Fecha de aceptación: 19/05/2019). (En etapa de edición).

PÍRIZ GIMÉNEZ, N., & MALLARINI, V. La formulación de preguntas por estudiantes de Profesorado. Una experiencia enmarcada en las Aulas creativas. **Revista de Educación en Biología**-Número Extraordinario, 599-607, 2018. <http://repositorio.cfe.edu.uy/handle/123456789/475>

PÍRIZ GIMÉNEZ, N., MALLARINI, V., Y ACOSTA, S. Promoción del pensamiento divergente en cursos de Biofísica". **Revista de Enseñanza de la Física**, v.: 30, N°2, p.99-108, 2018. Disponible en <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/22740>

PÍRIZ GIMÉNEZ N, AREOSA, G., CABRERA, J. , CUESTA, D. , GONZÁLEZ, A. , GONZÁLEZ, L. , TUBONI, A. Juego sobre ritmos biológicos en un curso de Fisiología humana: Una creación de los estudiantes del Profesorado. **Boletín Biológica**, v.: 38, p.29-35, 2017. Disponible en [http://www.revistaboletinbiologica.com.ar/pdfs/N38/relatando%20\(38\)%201.pdf](http://www.revistaboletinbiologica.com.ar/pdfs/N38/relatando%20(38)%201.pdf)

PÍRIZ GIMÉNEZ, N. Apropiación de TIC por estudiantes de Profesorado: aprendiendo para enseñar. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas. N° extra**, p.2881-2886, 2017. Disponible en <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/336971/427781>

POSTIGO, Y., & LÓPEZ-MANJÓN, A. Representaciones visuales del cuerpo humano: análisis de los nuevos libros de primaria de Ciencias Naturales en la reforma educativa mexicana. **Revista mexicana de investigación educativa**, 17(53), p.593-629, 2012. Disponible en:

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-6662012000200013](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-6662012000200013)

RINCÓN RODRÍGUEZ, D. F. Propuesta metodológica para evaluar el tratamiento semiótico de las representaciones visuales del concepto fotosíntesis en libros de texto escolares. **Bio-grafía**, p. 108-120, 11 oct. 2019. Disponible: <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/10841>