



CAPÍTULO 2

LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA BIOLOGÍA: SIGNOS Y SÍMBOLOS SENCILLOS PARA UN COMPLEJO APRENDIZAJE

LILIANA MAYORAL NOUVELIERE

Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina

FRANCISCO GONZÁLEZ GARCÍA

JOSÉ A. NARANJO RODRÍGUEZ

Universidad de Granada

1. INTRODUCCIÓN: LA COMPLEJIDAD DEL SABER BIOLÓGICO

La enseñanza de la biología y su aprendizaje entraña una tarea muy compleja. La Didáctica de la Biología aporta bases teóricas que invita a los docentes a la búsqueda constante de estrategias y de recursos para que el conocimiento disciplinar, emergido lejos de la ciencia escolar, sea transferido al curriculum y lo transforme en objeto de aprendizaje.

Diversas disciplinas aportan al campo de la Didáctica de la Biología saberes que ayudan a observar mejor los errores, a solucionar los problemas del aprendizaje y de la enseñanza y a resolver los desafíos que entraña la enseñanza de la Biología en el aula. La ciencia erudita no es la ciencia escolar. Esta aseveración es repetida en diversas publicaciones dedicadas a la puesta en aula de los conocimientos provenientes del dominio de la Biología. Sin embargo no parece aún calar hondo en la formación didáctica docente, ni en la producción de materiales curriculares como los libros.

La Biología como ciencia emerge como si fuera una derivación o una inclusión del campo de la Física, «sosteniendo un modelo mecanicista», lineal, de causa-efecto, reduccionista según diversas posturas expresadas durante décadas.

Los seres vivos no son mecanismos puestos a punto cual relojería suiza, por el contrario sus propiedades, tales como como la autoorganización, la morfogénesis, la diversidad o la homeostasis, son procesos superadores de una visión simple o reducida. La mirada mecanicista, el

mecanismo Cartesiano conduciría a considerar que cualquier fenómeno es resultado de una producción regular de cierto aspecto, es decir, siempre del mismo modo, inalterable. Un mecanismo es un conjunto de partes, la combinación de las mismas y los procesos que entre ellas se producen. Esta mirada desentrañando el concepto de mecanismo conduce inevitablemente a superar la categoría de «reduccionista», siempre y cuando además, se considere que la combinación y los procesos necesariamente no se dan de modo idénticamente repetitivo. Este hecho seguro era conocido por Descartes, pues en su obra suelen leerse textos que expresan dudas sobre su interpretación del griego de las obras clásicas que analizaba, sin descartar que su inteligencia también lo alertaba sobre este punto.

La Didáctica de la Biología es un campo amplio, abastecido por la Epistemología de la Biología, la Filosofía de las Ciencias, la Didáctica general y las teorías pedagógicas acerca del Currículum; sin descuidar, claro, que debe apoyarse en los principios y conocimientos generales de la Biología. Estos últimos darán traza a diversos mecanismos de intervención para la enseñanza, atendiendo la construcción de conocimiento y divulgación en el ámbito de la ciencia erudita, dominio cuya *estructura* es de *coherencia sintáctica*. La lectura, interpretación y traducción hacia la ciencia escolar conduce inevitablemente a generar una *estructura de coherencia curricular*.

En todos estos procesos no hay otra cosa que signos y símbolos para lograr la comunicación. Esos signos y símbolos se concretan en documentos. En una primera instancia, los documentos que establecen el grupo de científicos que al observar el fenómeno natural lo interpretan según su esquema cognitivo, según los principios o leyes naturales establecidos por la ciencia normal y lo plasman en un soporte comunicacional destinado a los pares de su comunidad. Posteriormente ese documento puede ser básico para la traducción de un conocimiento cuyo origen no contiene la intención primordial de ser enseñado, sí para otras funciones válidas y diversas, más no necesariamente para ser protagonista en el territorio escolar. Traducir es *decir casi lo mismo*, según Umberto Eco. Esto significa que no es idéntico, hay nuevas interpretaciones, hay deformaciones y transformaciones, por un lado; por otro se trabaja adaptando el contenido para lograr aptitud de ser enseñado. Entonces, se «viaja» en la contradicción que se da entre los procesos de

investigación, origen de la comunicación en la comunidad científica y que tienden a la *exhaustividad y la complejidad, y la la tarea de enseñanza que demanda selección, reducción, simplicidad* (Álvarez Angulo, 1998).

En este último paso del viaje no siempre se logra coherencia en el tratamiento y representación sintáctica y semántica del contenido a ser enseñado. La referencia dada quiere expresar la partición y parcelación en el tratamiento de los saberes, quienes distan muchas veces de lograr en el alumnado representaciones mentales adecuadas para un buen uso del saber y su correspondiente comunicación.

Los saberes, en el ámbito de las ciencias biológicas escolares, suelen aparecer expresados en un lenguaje natural tan profuso, rico y simbólico, que un texto no siempre puede ser leído e interpretado por el alumno. Se requiere que el texto sea mediado por el experto, el docente. Numerosos y diferentes vocablos para una misma idea, potencian los malos entendidos, erróneas interpretaciones, la incomunicación.

Si la finalidad del lenguaje es comunicar, los signos y los símbolos seleccionados para el proceso de enseñanza-aprendizaje demanda que el saber objeto de tratamiento no provoque tabiques (fronteras, en el sentido de Hannerz, 1997), es decir se debe trabajar para que un conocimiento no mutile...que respete lo individual, lo singular y al mismo tiempo favorezca que el educando lo inserte en su contexto (Morin, 2000).

Simplificar para potenciar un pensamiento complejo, nos adentra en la «complejidad». Roa Acosta (2006) destaca que: «el paradigma de la complejidad no rechaza como inservibles a los preceptos de la ciencia clásica, sino que destaca sus límites de validez», enfatizando en la necesaria mirada crítica en el trabajo didáctico para alejarse del rigor indiscutido, la verdad pura y acabada que conduzca tramposamente a perturbar, impedir, obstaculizar la comprensión de la realidad natural. Es decir, frente al precepto «exhaustividad, la complejidad asume la esencial incompletud del conocimiento y el papel de nuestras representaciones como aproximación limitada y parcial».

2. ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA, UNA APROXIMACIÓN

2.1. *Acerca de Principios y Perspectivas*

Para iniciar este apartado es necesario que tengamos en cuenta dos dimensiones: los fenómenos naturales son complejos; y la enseñanza no

se resuelve en el vacío, sino, en un contexto sociocultural donde se desarrollan los esquemas mentales y donde hay un lenguaje natural para la comunicación de fenómenos sostenido por diferentes signos y símbolos.

Un sistema viviente es una unidad estructural y funcional que implica cuestiones como el ensamble de dos sistemas: el energético o disipativo y el informativo o autoorganizado (Margalef, 1974). De la conjugación de éstos emerge el principio de identidad. Cada ser vivo administra la energía y la información en función de sí mismo.

Además, sabemos que todo ser vivo se relaciona con su medio y con otros seres vivos. Ello implica intercambio de materia, energía e información. El principio de relación completa y potencia a la identidad.

Por ejemplo, la unidad estructural y funcional mínima de vida es la célula. Por el principio de relación puede una célula afectar sus procesos de diferenciación, multiplicación y muerte. Una célula cuenta con condiciones extrínsecas (nutrientes, mensajeros intercelulares) y factores intrínsecos (código genético), de la vinculación de ambos emerge el comportamiento celular, que puede dar, por ejemplo una adaptación, o no. Es decir, la célula puede que no se adapte a la realidad construida por la interacción, se cancelen sus procesos y se produzca su muerte. Si la adaptación ocurre es porque cuenta con un acervo genético favorable. La adaptación es singular.

La evolución de los seres vivos genera mayor adaptación y mayor diversidad y está vinculada al tiempo. La historia de la evolución señala que a mayor tiempo transcurrido mayor diversidad. Los seres vivos desde su dimensión genotípica poseen variabilidad y la misma es heredable; desde la dimensión fenotípica los más aptos son seleccionados para la sobrevivencia. Dos nodos, dos generadores del principio de evolución.

El proceso evolutivo genera condiciones para la existencia de diversos seres vivos, no solamente desde la óptica de la capacidad de adaptación, sino desde la *dimensión organizativa*. Los niveles de organización de los seres vivos brindan información para comprender la evolución. De esto se desprende entonces que el principio de organización enseña que la naturaleza no desecha las formas más primitivas de vida, sino que a partir de ellas surgen otras más complejas (un bajo grado de evolución puede requerir organizaciones unicelulares adaptadas al medio; un mayor grado de evolución puede requerir una organización más compleja y probablemente lo hagan de forman pluricelular). Un

ser vivo en una escala evolutiva mayor posee un acervo de información y energía mayor, administrados con mayor eficiencia; la complejidad estructural y funcional es también superior. Es decir, la organización es señal de evolución, pero, no necesariamente la evolución conlleva a una organización mayor.

En resumen, un ser vivo caracteriza la vida por el principio de identidad y relación, mientras que la diversidad está dada por la evolución y la organización.

Intentando resolver una analogía didáctica: si administramos mucha información al sistema, el cuál es incapaz de administrarla, ¿no aumentamos la tensión y con ello peligra la integridad del modelo cognitivo en construcción? «La ciencia de la vida y la ciencia de los signos están mutuamente implicadas una en otra» (Sebeok, 1996).

Desde el paradigma de la complejidad se asume la idea de sistema complejo, asociado a la idea de incertidumbre, fluctuaciones, inestabilidad donde ninguna descripción «idealizada» expresa la realidad acabada, ordenada, estable, dando lugar a nuevos puntos de vista, nuevas formulaciones.

La perspectiva dialógica en el interior mismo del campo disciplinar impulsa un modo de pensar el mundo, los fenómenos como antagónicos, como procesos interactivos entre el medio interno y el externo; entre el orden y el desorden; entre el equilibrio y el desequilibrio; incluyendo la auto-producción y la auto-organización. Desde la mirada interactiva enriquecida con aportes de otras disciplinas, demanda no aislar los fenómenos, sino seleccionar aquellos que son modelizadores y que pueden ser explicados desde diferentes ángulos o dimensiones, y que su incorporación como modelos mentales permitirán aplicarlo en diferentes contextos.

La perspectiva hologramática conlleva la necesidad de vincular lo específico con lo global. Por ejemplo, seleccionar saberes atendiendo el conocimiento cercano al alumno (el meso-conocimiento) y propiciar modelos que le permitan al novato interpretar y relacionar saberes con el mundo de lo macro y de lo micro. Es decir, favorecer la relación entre «escalas», que obviamente propiciará incertidumbre pero que también dará dinamismo al pensamiento. Estas relaciones vinculantes deben ser analizadas de modo bidireccional, la unidad en el todo y el todo en la unidad (como un modelo fractal), haciendo gala de la idea de retroactivo.

La perspectiva de acción desde el paradigma de la complejidad demanda poner sobre el tapete la posibilidad de formular preguntas y buscar respuestas a través de diferentes estrategias y recursos didácticos, sosteniendo la concepción de inteligencias múltiples (Gadner, 1994, 1999). La inteligencia, según este autor, «es un potencial biopsicológico para procesar información que se puede activar en un marco cultural para resolver problemas o crear productos que tienen valor para una cultura (...) Las estructuras inteligibles pueden reaccionar ante diferentes estímulos, pudiendo además establecer relaciones entre ellas, aumentando su potencial. La inteligencia, puede ser educada, entrenada y los estímulos deben ser diversos, pues la comprensión es un proceso interno que supera a la comunicación».

2.2. En el aula, desde las células a la homeostasis

Este recorrido por principios y perspectivas podrá ser el prólogo para acciones realizadas en aula. Diseños e intervenciones didácticas donde la noción de célula (identidad y relación) formó parte del entramado funcional que implica la homeostasis en el organismo humano (Mayoral, González y Naranjo, 2011).

La noción de célula desde el principio de identidad y relación fue expuesta utilizando diferentes estrategias didácticas, partiendo de la observación e interacción con representaciones canónicas (las más frecuentes y las más antiguas en la historia de la comunicación en ciencias), hasta expresiones heurísticas del tipo de diagrama conceptual, pasando por representaciones icónicas (utilizando dibujos del tipo figurativo) enriquecidos o etiquetados según lo que los alumnos interpretaban e imaginaban. Los recursos didácticos seleccionados fueron: textos históricos (por ejemplos anotaciones de C. Bernard, 1865), textos extraídos de libros escolares, videos, íconos de diferentes categorías (fotografía, dibujos figurativos, diagramas); instructivos para enumerar; numerar en secuencia; numerar estableciendo relación; representaciones para etiquetar o escribir el epígrafe correspondiente; acciones de selección, de limitación o enmarcado; de comparación o elaboración de textos descriptivos-explicativos, de formulación de explicaciones provisionarias. La idea eje del trabajo fue el concepto de homeostasis en el organismo humano, considerando la interacción compleja y múltiple que puede establecerse con los sistemas: hormonal, nervioso e inmunológico.

La búsqueda de la excusa didáctica para comenzar a desandar el camino culminó seleccionando el mecanismo de regulación de la glucosa por considerar que la semiótica relacionada tiene mayor arraigo en la cultura popular (su tratamiento en la escolaridad de la Argentina aparece en textos editados en 1945); es uno de los ejemplos más conspicuos presentados en la bibliografía escolar; además los vocablos vinculados a esta regulación como páncreas, insulina y diabetes es de mayor difusión social, pudiendo constituirse en incipientes escalones para el acceso cognitivo.

Desde lo didáctico sostuvimos la idea de la no fragmentación del saber en múltiples parcelas, pues genera inestabilidad. Esta es antagónica de la coherencia como fuente de exportación de equilibrio y autoorganización de los saberes. El sistema creado como una totalidad organizada, hecha de elementos solidarios cuya organización reemplaza la causa-efecto por el enfoque estructura y realimentación.

Entonces, y a modo de ciclo en continua apertura y cierre alimentado desde diferentes metodologías y lenguajes se planificaron etapas para la intervención, cerrando la misma con una actividad que permitiera a los estudiantes aplicar la metodología hipotético-deductiva en torno al concepto de homeostasis, planteando situaciones problemáticas las cuáles a su vez presentan diferentes grados de apertura y resolución.

El eje estructurante, la homeostasis, se abordó sosteniendo tres hitos enfáticos involucrados en las hipótesis de trabajo, y dieron origen o formaron el basamento de aperturas o dimensiones que se manifestaron en las intervenciones didácticas. Los tres hitos son: *fuerza de secreción; acción a distancia; y señal química (molécula o sustancia)*.

Brevemente, fundamentamos cada hito:

- fuerza de secreción*: los progresos técnicos indican que las fuentes de secreción deben ser abordadas considerando el paradigma pluricelular y polifuncional, disolviendo la noción de célula especializada, única.
- Acción a distancia*: la idea de que las hormonas accedían a la circulación sanguínea general, llevó por mucho tiempo a excluir del concepto de hormona a aquellas sustancias que accionan localmente sin acceder al sistema de transporte enunciado. La noción de distancia, se tornó prisionero de la estructura anatómica (Rumelhard, 1988a) y es favorable a que la idea de

distancia adquiriera un enfoque funcional, así se justifican denominaciones noveles: autocrinas, paracrinas (Rumelhard, 1988b; Curtis, 1994). Los neurotransmisores y los anticuerpos cobran significancia, pueden ser comparados, pueden ser utilizados en representaciones lingüísticas diversas, y aplicados en diferentes eventos para el aprendizaje.

- Señal química, molécula, sustancia.* Si se vincula al concepto de hormona, neurotransmisor y anticuerpo a la idea de señal química, emitida por ciertas células y recibidas por otras rompemos el «corset» histórico del concepto y le donamos una extensión más grande (Rumelhard, 1988a). La idea genérica por ejemplo y su posterior identificación con nombre propio favorece la construcción del modelo mental, y se vincula eficazmente a la idea de receptor y vía comunicante. Esto último se ajusta a redefinir ideas como endocrina, evitando una generalización no adecuada, para ser asociada a un único medio de transporte: el tejido sanguíneo, y apareciendo la noción de líquidos intercelulares dinámicos.

Las diferentes denominaciones o nombres propios que reciben las distintas células según los tejidos o las funciones que resuelven, fueron presentadas luego que se trabajó en la búsqueda de las semejanzas, para evitar que los estudiantes las interpretaran como estructuras diferentes, perdiendo la noción de similaridad.

Cada una de las dimensiones, señaladas por los hitos evolucionó desde la perspectiva de acción. Los alumnos podían interactuar, interpretar, comparar, fundamentar con mayor eficacia.

3. CONCLUSIONES

Finalmente, siguiendo pensamientos de Claude Bernard cuando expresó: «debe resguardarse, en la educación, que los conocimientos que deben construir la inteligencia no la abrumen por su fuerza y que las reglas... atrofen los costados poderosos y fecundos»; apreciamos de nuestra propuesta de intervención didáctica que:

- a) La iconicidad de fuerte impronta anatómica, densa desde lo sígnico y portadora de una simbología ambigua (ej.: maqueta

- sobre páncreas, la relación hipotálamo-hipófisis) no genera resoluciones interpretativas valiosas y plausibles en la población de estudiantes que analizamos, mientras que la que proporciona diferentes niveles de lectura y análisis (representaciones micro, recursividad de lectura y escritura) suministra, a los grupos de trabajo, mejores gradaciones para acceder al conocimiento.
- b) La noción de diferentes puntos de equilibrio para diferentes variables de la regulación interna contribuye a que los estudiantes de las muestras seleccionadas, construyan la noción de red móvil y organismo como sistema.
 - c) La unificación de las teorías que explican los mecanismos de regulación interna requieren una fuerte reestructuración de las estructuras cognitivas de los estudiantes; siendo necesario vincular la noción de hormona con otros conceptos unificadores como los nexos con sistema nervioso e inmunitario. La selección y diseño de modelos científicos escolares, en el marco de un realismo constructivo, será solvente y potenciará la unificación de principios para la comprensión del concepto estructurante homeostasis. Con ello, y desde una visión holística, la ciencia escolar podría ser motor de nuevos lazos conceptuales en la enseñanza y aprendizaje de la Biología.
 - d) La resolución de problemas en vínculo a la aplicación de eventos de razonamiento lógico y procedimientos en ciencia genera, en la población estudiada, una mayor adecuación resolutoria desde la emisión de hipótesis al planteo de estrategias de corroboración, por ello, la iconicidad que demande aplicaciones de los eventos enunciados podría anclar con éxito en la aplicación de la metodología hipotético-deductiva.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez Angulo, José (1998). Las ciencias del lenguaje y su transposición en el marco de la didáctica de la lengua. *Didáctica*. Madrid: Servicio de Publicaciones UCM.
- Curtis, H. (1994). *Biología*. Argentina: Médica-Panamericana.
- Gadner, Howard (1994). *Las inteligencias múltiples. Estructura de la Mente*. México: Fondo de la Cultura Económica.

- Gadner, Howard (1999) *La inteligencia reformulada. Las inteligencias múltiples en el siglo XXI*. Barcelona: Paidós.
- Hannerz, U. (1997). Borders. *International Social Sciences Journal*, Vol 154, 537-548.
- Margalef, Ramón. (1974). *Ecología*. Barcelona: Omega.
- Mayoral Nouvelière, L.E.; González García, F. y Naranjo Rodríguez, J. A. (2011) *La iconicidad en Biología. Construcción del concepto de Homeostasis*. EEUU: Editorial Académica Española.
- Morin, E. (2000). *Los siete saberes para una Educación del Futuro*. Unesco
- Roa Acosta, Robinson (2006). Formación de profesores en el paradigma de la complejidad. *Educación y Educadores*. Colombia: Universidad de La Sabana. Facultad de Educación. Vol 9. 149-157 .
- Rumelhard, G. (1988 a). Statut et rôle des modèles dans le travail scientifique et dans l'enseignement de la biologie. *Aster*. Vol. 7, 21-48.
- Rumelhard, G. (1988 b). Formation, modification et dissolution du concept d'hormone dans l'enseignement. *Aster*. Vol. 7, 143-170.
- Sebeok, T. (1996). *Signos, una introducción semiótica*. Paidós Ibérica