

## EL CONOCIMIENTO DIDÁCTICO DE LA FOTOSÍNTESIS DE UN GRUPO DE DOCENTES UNIVERSITARIOS

*CHARRIER MELILLÁN, MARÍA<sup>(1)</sup>; GONZÁLEZ, ARIEL<sup>(1,2)</sup>; CABERO, VICTORIA<sup>(1)</sup>.  
MARTÍNEZ, MARA<sup>(1)</sup>; DE MARCO, SILVIA<sup>(1)</sup>*

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata. Funes  
3250, 3er piso (7600) Mar del Plata [melillan@mdp.edu.ar](mailto:melillan@mdp.edu.ar)  
<sup>1,2</sup> [agonzalez@mdp.edu.ar](mailto:agonzalez@mdp.edu.ar)

### RESUMEN

En la década de los 80 Lee Shulman desarrolla un nuevo marco teórico introduciendo el constructo conocimiento didáctico del contenido (CDC). Este cambio de paradigma en la investigación educativa ha sido adoptado, modificado y apropiado por numerosos profesores, maestros e investigadores. Estos han propuesto diferentes conceptualizaciones del CDC y con el correr del tiempo le han ido incorporando nuevos conocimientos. El presente trabajo consistió en indagar las categorías de conocimiento que forman el CDC de la fotosíntesis en un grupo de 40 (cuarenta) docentes universitarios, mediante dos instrumentos: una entrevista semi-estructurada y un cuestionario. Los resultados permitieron identificar y caracterizar 6 (seis) categorías de conocimiento: 1. Conocimiento del contenido de la fotosíntesis: disciplinar y enciclopedista; 2. Conocimiento de las metas de la enseñanza del contenido: aprendizaje memorístico; 3. Conocimiento de las estrategias de enseñanza: esencialmente trabajos prácticos; 4. Conocimiento de las fuentes del contenido: guía de trabajo práctico y textos introductorios; 5. Conocimiento de los estudiantes: se tienen en cuenta las ideas, no se rastrean las concepciones alternativas; 6. Conocimiento sobre la evaluación: se prioriza la memoria a partir de variados instrumentos de evaluación. Finalmente, se rescata el enfoque superador de la enseñanza en docentes que carecen de formación didáctica.

**Palabras clave:** conocimiento didáctico del contenido, fotosíntesis, docentes universitarios.

## INTRODUCCIÓN

En la década de los 80, Lee Shulman propone el constructo *Pedagogical Content Knowledge*, traducido como **conocimiento didáctico del contenido** (CDC), en el marco del *Knowledge Growth in Teaching Project*. En este proyecto se estudió cómo los profesores noveles de secundaria (con una fuerte preparación en las disciplinas) adquirirían nuevos conocimientos sobre el contenido y cómo esos nuevos conocimientos influían en la manera en cómo ellos los enseñaban. Es importante tener presente el contexto intelectual en el cual Shulman desarrolló la idea del CDC. La principal corriente de investigación de la década de 1970 acerca del conocimiento del profesor sobre la enseñanza fue fuertemente influenciada por el paradigma proceso – producto, lo que inspiró numerosos trabajos. Con base en este paradigma, se examinó la enseñanza en términos de los resultados del aprendizaje producido. En tal sentido, se identificaron las relaciones entre el comportamiento del profesor (proceso) y el aprendizaje de los estudiantes (producto) (Hasweh, 2013).

Para Shulman *“el CDC incluye las formas más útiles de representación del contenido, las más poderosas analogías, ilustraciones, ejemplos, explicaciones y demostraciones; las formas de representación y formulación del conocimiento que hace que éste sea comprensible para los otros. Sin dejar de lado un conocimiento de lo que facilita o dificulta el aprendizaje de temas concretos: las concepciones y preconcepciones que los estudiantes de diferentes edades y procedencias traen consigo cuando aprenden los temas y lecciones que frecuentemente son enseñadas”* (Shulman, 1986, p. 9-10). En síntesis, el CDC incluye esos atributos especiales que poseen los profesores que ayudan a guiar a los estudiantes para comprender un contenido de una manera tal que tengan una significación personal; en este contexto, Shulman (1987) sugiere que el CDC es el *“mejor conocimiento de base”* que poseen los maestros. El uso del CDC como un tópico de investigación y de discusión sobre la naturaleza de un apropiado conocimiento para el desarrollo de los futuros profesores de ciencias, así como su incorporación al vocabulario educativo, ha aumentado considerablemente desde que Shulman lo planteara por primera vez como *“el paradigma perdido en las investigaciones sobre la enseñanza”*.

En todos estos años hemos sido testigo de diferentes conceptualizaciones del CDC, así como de la incorporación de nuevos conocimientos, tendencia que continuó hasta bien entrados los 90. El constructo ha sido adoptado, modificado y apropiado por numerosos investigadores, formadores de formadores, profesores, maestros y otros. Prueba de ello es que los dos trabajos de Shulman han sido citados cerca de 14.900 veces (Hashweh, 2013). Frente a este caudal de publicaciones pudimos advertir que no hay un consenso generalizado entre los investigadores, ni sobre el contenido del CDC, ni sobre las relaciones que éste mantiene con otros conocimientos necesarios para ser profesor. No obstante, se enfatiza en la necesidad de integrar todos sus componentes como única vía para garantizar una enseñanza efectiva. Recientemente, numerosos autores alertaron sobre un aspecto olvidado (o quizás deberíamos decir ignorado), que es el referido al conocimiento emocional; en otras palabras, cómo desarrollan los profesores y los estudiantes una comprensión emocional de los contenidos de la materia (Zembylas, 2007).

Con el correr del tiempo no sólo se incorporaron nuevos conocimientos sino que se establecieron nuevas relaciones, desde los que consideran al CDC como un puente entre la práctica de la enseñanza y el conocimiento del contenido, hasta los que se refieren al CDC como una transformación de varios tipos de conocimientos. En tal sentido, se resalta no sólo la importancia del conocimiento del currículo sino del conocimiento de las metas o propósitos de la enseñanza de las ciencias en la educación obligatoria. El conocimiento de la escuela, la clase y los alumnos y en relación con el conocimiento de los estudiantes, no sólo del contenido sino de las habilidades y destrezas que poseen, las que deberán ser tenidas en

cuenta cuando se diseñan las unidades didácticas. La incorporación de las TIC a la enseñanza dio paso al conocimiento didáctico del contenido tecnológico.

El CDC propuesto por Shulman, planteó nuevos campos de investigación centrados en los profesores de secundaria y a este respecto mencionaremos que durante más de 25 años los estudios del CDC han tenido muchos cuestionamientos, con planteamientos tan radicales como que “*deploran las investigaciones del constructo CDC en las ciencias de la educación*” y en su lugar reclaman por estudios del CDC de temas concretos, por ejemplo, la fotosíntesis. Finalmente, para Mullock (2006) y Abell (2008), Shulman plantea el CDC como *un modelo teórico* que permite analizar el proceso de aprender a enseñar materias específicas. En otras palabras, qué debería conocer el profesor para ser efectivo. La idea de considerar al CDC como un modelo o esquema teórico de gran utilidad en la formación inicial del profesorado cuenta con un gran consenso entre los investigadores. Desde nuestro punto de vista, el CDC es un conocimiento práctico a la vez que profesionalizado del contenido, que ha de ser enseñado y aprendido; en otras palabras, es un conocimiento profesional que deberían construir los profesores desde su etapa de formación inicial (Charrier Melillán, 2009). Además, como menciona Abell (2008) debemos resaltar que el CDC no es estático, muy por el contrario es dinámico; el contenido de la materia es central, supone la transformación de otros tipos de conocimiento, es más que la suma de las partes que lo constituyen y, los profesores no sólo lo poseen, sino que utilizan sus componentes de una manera integral cuando planifican y llevan a cabo sus clases (Charrier Melillán, 2009).

El CDC como objeto de estudio ha sido abordado mayoritariamente en los profesores de educación secundaria pero poco se ha estudiado en el nivel universitario. El objetivo de esta investigación consistió en indagar el conocimiento didáctico de la fotosíntesis en un grupo de docentes universitarios.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La muestra consistió en 40 docentes de Introducción a la Biología, asignatura de primer año de las carreras de Licenciatura y Profesorado en Química, Física, Biología y Bioquímica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Los mismos cuentan con 0 y 30 años de experiencia y son estudiantes, licenciados, doctorandos o doctores en Ciencias Biológicas. Para la toma de los datos se elaboraron dos instrumentos:

A) Una entrevista semi-estructurada que permitió reunir información sobre lo que los docentes declaran en relación con la enseñanza y el aprendizaje de la fotosíntesis. Las mismas fueron transcriptas literalmente.

B) Un cuestionario que permitió analizar las concepciones didácticas sobre la fotosíntesis con las que se identifican, señalando su grado de acuerdo o desacuerdo con un total de 34 sentencias. A los participantes se les informó sobre la importancia y propósitos de la investigación, la confidencialidad de los datos y la utilización de seudónimos. Para el análisis de los resultados provenientes de las entrevistas y de las encuestas se estableció un sistema de cinco categorías con distinto número de subcategorías (Tabla 1).

Dimensión	Categoría	Subcategoría	Entrevista	Cuestionario
<b>CONOCIMIENTO DIDACTICO DEL CENIDO</b>	A. Contenido a enseñar sobre la fotosíntesis	A.1. Importancia	X	
		A.2. Nivel de formulación	X	
		A.3. Relación con otros contenidos	X	
		A.4. Limitaciones del contenido	X	
		A.5. Fuentes	X	
		A.6. Criterios de selección y secuenciación		X
		A.7. Formulación		X
	B. Participación de los estudiantes e ideas sobre la fotosíntesis	B.1. Aprendizaje de la fotosíntesis	X	
		B.2. Motivaciones/intereses/compromiso	X	
		B.3. Contenido		X
		B.4. Naturaleza y utilización didáctica		X
	C. Metodología didáctica de la fotosíntesis	C.1. Enseñanza de la fotosíntesis	X	
		C.2. Secuencia didáctica		X
		C.3. Actividades		X
	D. Evaluación	D.1. Rendimiento	X	
		D.2. Expectativas de los resultados	X	
		D.3. Contenido y finalidad		X
		D.4. Instrumentos		X
	E. Metas		X	

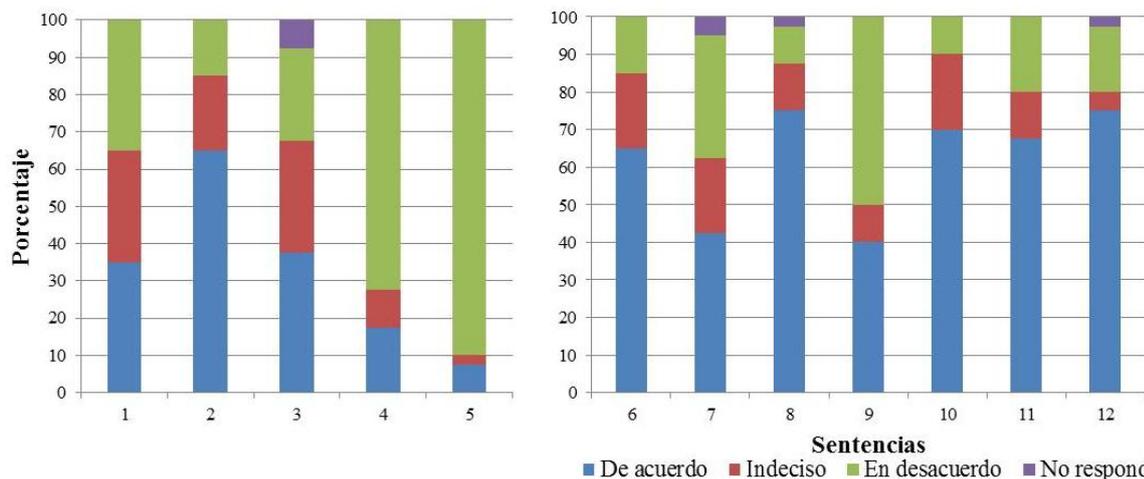
Tabla 1. Sistema de categorías y subcategorías

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1.A se muestran los resultados de la subcategoría “selección y secuenciación de contenidos”. Un 90% de los encuestados está en desacuerdo con la idea de no enseñar la fotosíntesis en la escuela secundaria (sentencia 5) y en el mismo sentido un 72% considera que los procesos de fotosíntesis y respiración deberían enseñarse uno a continuación del otro (sentencia 4). Este planteamiento está en contra de las investigaciones que demuestran que la enseñanza de ambos procesos son fuente de numerosas concepciones alternativas (Charrier Melillán et al., 2006). Llama la atención que un 35% de los encuestados esté indeciso o en desacuerdo con la necesidad de recurrir a una gran variedad de fuentes para la selección y secuenciación de contenidos (sentencia 2) si tenemos en cuenta que este estudio está contextualizado en la universidad. Los resultados de la sentencia 1 refuerzan lo expresado anteriormente. En relación con la sentencia 3, referida a la construcción histórica de la nutrición en plantas, es preocupante que sólo un 40% esté de acuerdo y más de la mitad de los encuestados no tomen posición en considerar la dimensión histórica.

En cuanto al “nivel de formulación” de los contenidos (Figura 1.B), se observa que en general, las sentencias tuvieron un alto porcentaje de aceptación. Cerca de un 40% acuerda con enseñar la fotosíntesis a nivel organismos (sentencia 7) y definir la misma a nivel macroscópico (sentencia 9). El nivel de formulación ecosistema tuvo un 80% de aceptación (sentencia 8). Del mismo modo, buena parte de los entrevistados hicieron mención a este nivel, Marcelo menciona que...  *puedan relacionar ese proceso metabólico en el contexto de la importancia que tiene el flujo de energía para comprender que nada viene de la nada. Que hay flujo de energía...de gran importancia en un ecosistema.* Por su parte, José espera que los alumnos... *reconozcan desde un punto de vista más ecológico la importancia de las plantas... que comprendan los procesos y las cuestiones básicas, más adelante entrarán en las cuestiones moleculares.*

Finalmente, para casi un 70% la ecuación general de la fotosíntesis (sentencia 11) permite sintetizar el proceso, a este respecto mencionaremos que esta práctica tan habitual no solo de los docentes sino de los libros en la que una misma ecuación resume la fotosíntesis y la respiración según el sentido de ambas flechas, induce la idea de que ambos procesos no podrían ocurrir simultáneamente (Charrier Melillán et al., 2006).



**Figura 1. A.** Resultados referidos a la categoría “contenidos”, subcategoría “selección y secuenciación” (izquierda). 1: Sólo libros de Biología. 2. Variedad de fuentes 3. Considerar la historia de la ciencia. 4. No enseñar ambos procesos juntos (fotosíntesis y respiración) 5: No enseñar fotosíntesis en la secundaria.

**Figura 1. B.** Resultados referidos a la categoría “contenidos”, subcategoría “nivel de formulación” (derecha). 6. Definir la fotosíntesis a nivel fenomenológico. 7. Nivel organismo. 8. Nivel ecosistema. 9. Definir la fotosíntesis nivel macroscópico 10. Nivel celular 11. Ecuación 12. Etapas de la fotosíntesis.

Para la subcategoría “importancia de la fotosíntesis”, los entrevistados mencionaron que es un contenido relevante para un estudiante de ciencias naturales. A Julia, le parece importante...*por el rol que tiene en el ecosistema. Además, hace hincapié en... el proceso de la fotosíntesis como importante para el resto de la vida en el planeta.* Finalmente a Marta le parece importante el contenido: ...*como proceso... desde el punto de vista ambiental, desde la importancia de los organismos vegetales.*

Todos los entrevistados manifestaron estar de acuerdo con los contenidos, la cantidad y el nivel de formulación que propone la cátedra. Marcelo, comenta...*Yo creo (que los contenidos) están bien, como introducción (para una materia introductoria), está bien...es un proceso de los más complejos que existe y para un primer pantallazo está bien.*

Cuando consultamos a los entrevistados por la “relación de la fotosíntesis con otros contenidos”, manifestaron que el contenido no se retoma. En palabras de Marcelo: *No, es una deuda...como en Introducción a la Biología se ven nueve temas troncales de Biología... resulta complicado a veces... coordinar, unir, relacionar.* Por otra parte, Julia menciona que si bien el contenido no se retoma ella hace...*el esfuerzo de retomarlo en el trabajo práctico de Ecología.*

Todos los entrevistados manifestaron que el contenido de fotosíntesis tiene sus propias limitaciones debido al nivel de abstracción y a la complejidad del proceso. Para José la fotosíntesis: *no es un proceso sencillo, la parte molecular es difícil de aprender...* Julia menciona que las limitaciones surgen de *cuestiones físico- químicas que dificultan el aprendizaje del proceso.* Por su parte, para Matías (la fotosíntesis es un proceso) *complejo y sumamente abstracto.*

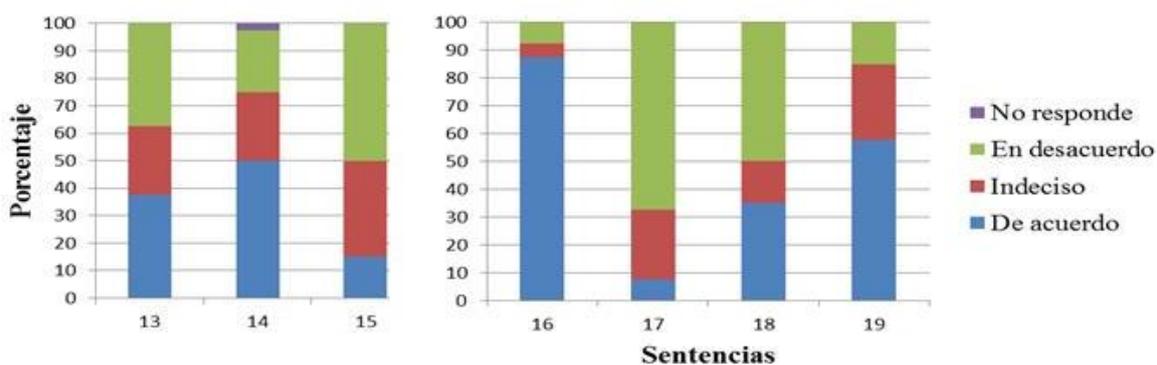
Finalmente, los entrevistados hacen referencia a que la principal fuente para los contenidos es la guía de la materia y los libros de texto de Biología General. José, menciona: *primero parto de la guía y de ahí voy a determinada bibliografía... yo uso el*

*Curtis que es muy accesible para los chicos...Julia...miro la guía, miro el Curtis o Campbell, busco en internet también...Por su parte, Marta reconoce no ampliar su fuente bibliográfica: No he profundizado como tema, trato de aplicar y transmitir lo que sé y bueno, más que nada relacionar con algo cotidiano. A los chicos les gusta mucho todo lo que es ambiental.*

En relación con la categoría “ideas de los alumnos”, subcategoría “contenido de las mismas” (Figura 2.A) se observa un alto porcentaje de indecisos y una baja aceptación de cada una de las sentencias. Esto sugiere que los docentes parecen no haberse ocupado de indagar sobre las ideas que los alumnos traen al aula.

Para esta misma categoría y en relación con la naturaleza y utilización didáctica (Figura 2.B) resulta llamativo que un 90% esté de acuerdo con la idea de que la enseñanza de la fotosíntesis en la universidad debe pretender sustituir los errores que los estudiantes traen de la secundaria por el conocimiento científicamente legitimado (sentencia 16). Esto sugiere que los docentes encuestados parten del supuesto de que la fotosíntesis se enseña de manera errónea en el secundario o bien que los estudiantes lo construyen erróneamente. Esto muestra una visión fuertemente tradicional no sólo sobre las ideas de los estudiantes sino sobre la enseñanza. En relación con la sentencia 17, manifiestan que hay que considerar las ideas de los estudiantes como punto de partida de la enseñanza de la fotosíntesis. No obstante, esto es contradictorio con la sentencia 18, en la cual la mayoría de los encuestados rechazan que hay que partir de las ideas de los alumnos para hacerlas evolucionar.

Si bien los docentes encuestados manifiestan que hay que tener en cuenta las ideas de los alumnos (sentencia 17), este resultado se contrapone con los de la Figura 2.A, donde se evidencia que las ideas de los estudiantes no son indagadas por parte de los docentes.



**Figura 2. A.** Resultados referidos a la categoría “ideas de los alumnos”, subcategoría “contenido” (izquierda). 13: Alimentación por raíces. 14: Fotosíntesis como forma de respiración. 15: No dormir con plantas porque consumen oxígeno.

**Figura 2. B.** Resultados referidos a la categoría “ideas de los alumnos”, subcategoría “naturaleza y utilización didáctica” (derecha). 16: Sustituir ideas 17: No tener en cuenta las ideas. 18: Partir de las ideas de los alumnos. 19: Trabajar las ideas de los alumnos.

Durante la entrevista, se los interrogó sobre ¿Qué espera que sus estudiantes aprendan de la nutrición en plantas? La mayoría de los entrevistados manifestó que los estudiantes deben entender a la fotosíntesis como un proceso metabólico que tiene consecuencias para el medio. En palabras de Marcelo: *Yo creo que tienen que aprender el contexto de la fotosíntesis en la teoría termodinámica. Más adentro en el contexto de*

*metabolismo como un proceso anabólico, luego... deben comprender los procesos que se llevan a cabo en las etapas. Por su parte para Marta... Que sepan... que es un proceso que lo realizan muchos seres vivos desde unicelulares hasta las plantas y que fue un proceso muy importante en la diversificación de la vida, sin el aumento de la concentración de oxígeno en la atmósfera no hubiera sido posible la aparición de los organismos aerobios. Y... los organismos autótrofos son la base de toda cadena alimentaria en todos los ambientes, en el mar, en la tierra.* También se los interrogó sobre ¿Cómo identifica que sus estudiantes comprenden la fotosíntesis? Todos respondieron que lo hacen mediante preguntas. José, por ejemplo, *hacés ciertas preguntas y ves cómo responden.* Para Marcelo, cuando los estudiantes... *son capaces de generar un relato acerca de lo que les enseñamos. Cuando son capaces de verbalizar.*

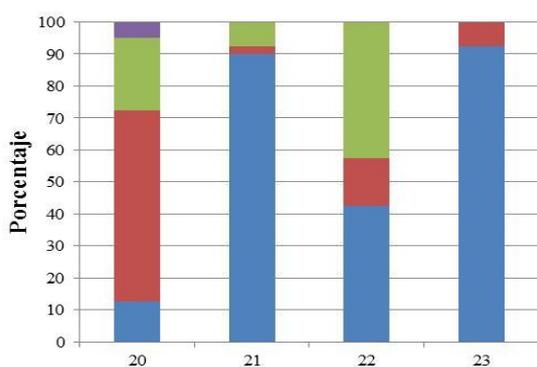
Finalmente, para la categoría “participación los estudiantes”, los entrevistados manifiestan que detectan el grado de compromiso cuando observan si están o no realizando las actividades en el transcurso del trabajo práctico. Por otra parte, la mayoría hace referencia a las caras de los estudiantes como punto de referencia para saber si están entendiendo lo que se les está explicando o para saber el grado de interés que manifiestan hacia el contenido. Julia, menciona que... *en general los veo comprometidos con las guías que están haciendo... más que nada miro a ver qué grupo está disperso o si están haciendo otras cosas para ir a ayudarlos,...te guiás con las caras, ponen caras de que no entienden lo que estás explicando, por ahí no te dicen nada pero les ves las caras y te das cuenta que no están entendiendo....* Para Guillermina los estudiantes... *Son expresivos... cuando en realidad uno les dice ¿entendiste?” y te dicen que “Sí” y la cara te dice que no entendió... Marcelo, por su parte, comenta... La interpretación de una cara, de un movimiento, lo interpreto como una señal para mí, para decirme que algo no están entendiendo...*

En relación con la “secuencia didáctica” (Figura 3.A), los resultados de la sentencia 20, en la cual un 60% se muestra indeciso en la utilización de los experimentos de van Helmont, Priestley e Ingen – Housz, pone de manifiesto un desconocimiento de los experimentos históricos vinculados a la fotosíntesis o de su utilización didáctica. Por otra parte, un 90% acuerda con la visión tradicional de comenzar la secuencia con una explicación teórica (sentencia 21) y también en un 90% acuerdan con plantear distintos tipos de actividades: inicio, desarrollo y cierre (sentencia 23).

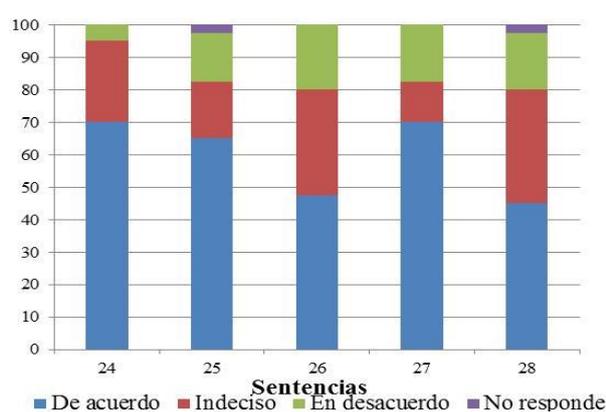
En relación con las “actividades” (Figura 3.B), hay una alta aceptación (70%) respecto a que la realización de trabajos prácticos en los que se analice el efecto de la concentración del dióxido de carbono (sentencia 24) y las distintas intensidades de luz (sentencia 25) permite a los estudiantes comprender mejor el proceso. Asimismo, para buena parte de los entrevistados la realización de diseños experimentales donde se manipulen variables favorece la interpretación del proceso.

Casi un 50 % de los encuestados acuerdan en que completar el esquema de la planta con los reactivos y productos ayuda a sintetizar el proceso (sentencia 26). Al respecto, consideramos que este enfoque de escala órgano-organismo y limitado a las plantas resulta fragmentario y no apropiado para el nivel universitario, no permite la comprensión del proceso, no vincula la participación de sustratos y productos, y no manifiesta ni expone la función ecológica ni la importancia del proceso. Por otra parte, consideramos de dudosa utilidad una actividad donde los estudiantes deban ubicar “topográficamente” los reactivos y los productos que intervienen en el proceso. A lo sumo, nos está indicando su capacidad memorística y lejos estamos de comprobar si en verdad lograron elaborar una síntesis del proceso.

Un elevado porcentaje de encuestados (70%) acuerda con que una manera de recordar las semejanzas y diferencias de ambos procesos es mediante un cuadro comparativo (sentencia 27). Desde nuestro punto de vista, una actividad carente de análisis donde se consideren criterios como por ejemplo, anabólico/ catabólico, endergónico /exergónico, sintético/degradativo, oxidativo/reductor, entre otros, solo favorece la memorización y no la comprensión de los procesos. Para Charrier Melillán et al. (2006) esta comparación sustentada en las reacciones químicas globales y los intercambios gaseosos hace que los estudiantes creen que un proceso es el inverso de otro, en otras palabras, la fotosíntesis es considerada como una forma de “respiración inversa que realizan las plantas durante el día. Finalmente, la resolución de problemas (sentencia 28) tuvo un porcentaje de aceptación menor al 50%, en tanto que un 35% se manifestó indeciso. Resulta llamativo que los docentes no consideren este recurso para favorecer el razonamiento y la comprensión del proceso.



**Figura 3. A.** Resultados referidos a la categoría “Metodología”, subcategoría “secuencia didáctica” (izquierda). 20: Comenzar con los experimentos de van Helmont, Priestley e Ingen – Housz. 21: Comenzar con la teoría y luego actividades. 22: Comenzar con trabajos prácticos y luego la teoría. 23: incluir actividades de iniciación, de desarrollo y de cierre.



**Figura 3. B.** Resultados referidos a la categoría “Metodología”, subcategoría “actividades” (derecha). 24: Analizar el efecto de la concentración del CO<sub>2</sub> la velocidad de la fotosíntesis. 25: Analizar el efecto de distintas intensidades de luz en la velocidad de la fotosíntesis. 26: Esquema de reactivos y productos 27: Cuadro comparativo entre fotosíntesis y respiración. 28: Resolver problemas cualitativos.

En relación con el “contenido y finalidad de la evaluación” (Figura 4.A) un 50% se manifestó en desacuerdo con que el propósito más importante de la evaluación es que los estudiantes comuniquen procedimientos (sentencia 29). Nos preocupa que el otro 50% este de acuerdo o indeciso y en tal sentido, nos preguntamos por qué para un docente universitario es importante que los estudiantes comuniquen un procedimiento que la mayoría de las veces es una “receta”. Sin mencionar que probablemente no haya sido propuesta por ellos y lejos está de favorecer la conceptualización del proceso. Más de la mitad de los encuestados (55%) se manifestó de acuerdo en considerar que la evaluación tiene como propósito más importante el

comprobar que los estudiantes recuerdan el proceso de fotosíntesis (sentencia 30). Esto pone en evidencia que la visión del aprendizaje que poseen los docentes es disciplinar y memorística.

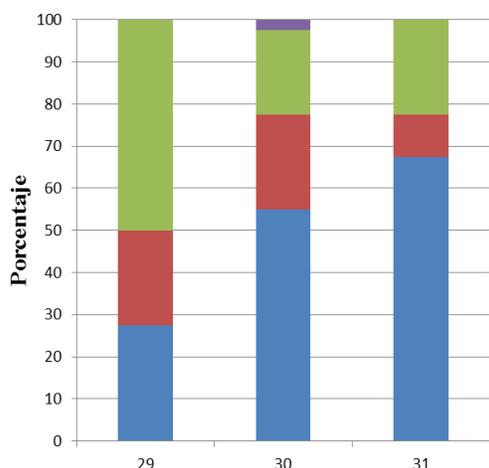
Más de dos tercios (67%) de los docentes encuestados consideran que la evaluación tiene como propósito comprobar en qué medida han cambiado las ideas sobre la fotosíntesis que inicialmente poseían los estudiantes (sentencia 31). Indudablemente para los encuestados las ideas iniciales son las que traen los estudiantes a la universidad ya que, como señaláramos anteriormente no analizan las concepciones alternativas. En tal sentido, parten del supuesto, que los estudiantes llegan con ideas erróneas y que su labor consiste en sustituirlas por el conocimiento científicamente legitimado, en otras palabras, el de la universidad. Finalmente, si fuera tan fácil sustituir una idea por otra, las concepciones alternativas no perdurarían en el tiempo.

En relación con los instrumentos para la evaluación (Figura 4.B), un 45 % está de acuerdo en que la mejor manera de evaluar la fotosíntesis es que los estudiantes elaboren un diseño experimental que les permita reconstruir el proceso (sentencia 32) lo que guarda coherencia con lo respondido en la sentencia 29. En otras palabras, para la mitad de los docentes no solo es importante que elaboren un diseño sino que a su vez lo comuniquen.

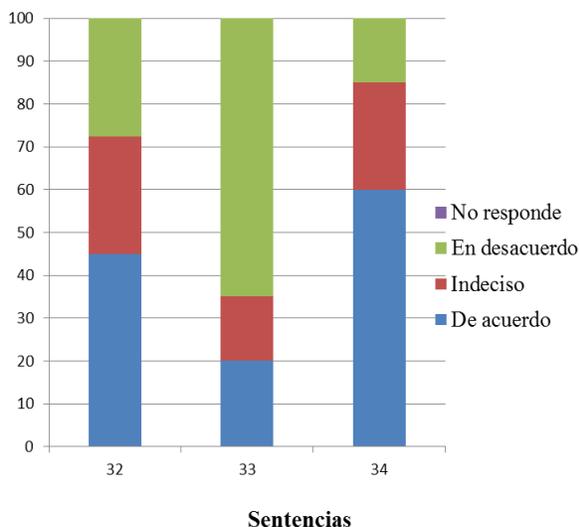
El 65% de los encuestados se manifestó en desacuerdo con las pruebas de selección múltiple (sentencia 33) como estrategia eficaz para evaluar el contenido y un 20% acordó con su implementación. Al respecto mencionaremos que este tipo de prueba intenta eliminar la subjetividad del docente cuando las corrige. Por otro lado, son difíciles de construir y por lo general promueven hábitos de estudio muy pobres y favorecen el aprendizaje mecánico. Pero por otra parte, si están bien confeccionadas pueden ser tan eficientes como una prueba de ensayo y aceleran significativamente su corrección.

Por último, un 60 % de los docentes encuestados respondieron a favor de la elaboración de mapas conceptuales y de la resolución de problemas cuali y cuantitativos (sentencia 34).

Resulta alentador que los docentes de primer año acuerden con instrumentos que promueven en los estudiantes el desarrollo de competencias vinculadas con la escritura académico-disciplinar, la adquisición de un vocabulario técnico así como la posibilidad de integrar y articular distintos conceptos en el marco de un proceso global y complejo como el de la fotosíntesis.



**Figura 4. A.** Resultados referidos a la categoría “Evaluación”, subcategoría “contenido y finalidad” (izquierda). 29: Evaluar a través de diseños experimentales. 30: Evaluar cuánto recuerdan los estudiantes. 31: Evaluar el cambio de las ideas de los estudiantes.



**Figura 4. B.** Resultados referidos a la categoría “Evaluación”, subcategoría “instrumentos” (derecha). 32: Elaborar un diseño experimental. 33: Pruebas de selección múltiple. 34: Realizar mapas conceptuales y resolver problemas

## CONCLUSIONES

Los resultados de las entrevistas y del cuestionario nos permitieron identificar 6 (seis) categorías de conocimiento que forman el CDC de la fotosíntesis en el grupo de docentes estudiado: 1. *Conocimiento del contenido de la fotosíntesis*: este sigue una lógica disciplinar y enciclopedista, lo que fomenta un aprendizaje memorístico en los estudiantes. Por otra parte, están indecisos, no conocen o rechazan mayoritariamente la utilización de la Historia de la Ciencia. Este recurso permite mostrar a los estudiantes los numerosos obstáculos que tuvieron los investigadores en la construcción de los conocimientos científicos, así como atenuar el dogmatismo tan común en las clases de ciencias. 2. *Conocimiento de las metas de la enseñanza del contenido*: los docentes hacen hincapié en que los estudiantes recuerden que la fotosíntesis es un proceso metabólico, que involucra reactivos y productos. Esto pone de manifiesto que están más por el recordar que por conceptualizar un proceso que presenta tantas dificultades en su construcción en todos los niveles de la enseñanza, en el que la universidad no es una excepción. 3. *Conocimiento de las estrategias de enseñanza*: parten de una concepción tradicional: primero la teoría y después las actividades. Pero a su vez, éstas deben seguir una secuencia didáctica constructivista (inicio, desarrollo, cierre). En definitiva, la serie de contradicciones muestra que hay una convivencia de los dos modelos de enseñanza. 4. *Conocimientos de las fuentes del contenido*: para la mayoría de los docentes la única fuente relevante es la guía de trabajos prácticos de la materia y los clásicos libros de Introducción a la Biología. 5. *Conocimiento de los estudiantes*: los docentes acuerdan con rastrear las concepciones alternativas de los estudiantes, pero no las han analizado. No obstante, están pendientes de

los estudiantes durante el trabajo práctico e intentan solucionarles todas sus inquietudes. 6. *Conocimiento sobre la evaluación*: la principal función de la evaluación es recordar lo enseñado y sustituir los errores por el conocimiento científico que se genera en la universidad. En relación con los instrumentos la muestra se polariza entre los que prefieren las pruebas de selección múltiple y los que optan por instrumentos que evalúen conceptualmente la fotosíntesis: mapas conceptuales, problemas, otros.

Dado que los docentes que participaron en el presente estudio poseen una formación académica disciplinar, la licenciatura, carecen de un conocimiento didáctico del contenido incorporado mediante el aprendizaje de la didáctica de la disciplina, proveniente de las carreras de profesorado. Sin embargo, el sentido común y la intuición de muchos de ellos los ha llevado por el camino del análisis y reflexión sobre la labor docente optando por un modelo de enseñanza que parece ir más allá de los modos tradicionales de la “instrucción” disciplinar. Desde nuestro punto de vista este grupo de docentes, debería poder transformar el conocimiento disciplinar de la fotosíntesis en un conocimiento didáctico de la fotosíntesis.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abell, S. (2008). Twenty years later: Does Pedagogical Content Knowledge remain useful idea? *International Journal of Science Education*, 30 (19), pp. 1405–1416.

Charrier Melillán, M.; Cañal, P.; Rodrigo Vega, M. (2006). Las concepciones de los estudiantes sobre la fotosíntesis y la respiración: una revisión sobre la investigación didáctica en el campo de la enseñanza y el aprendizaje de la nutrición de las plantas. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 24 (3), pp. 401-410.

Charrier Melillán, M. (2009). El conocimiento didáctico del contenido sobre la fotosíntesis de dos profesores de educación secundaria Argentinos. *Enseñanza de las Ciencias*, pp. 2585-2590.

Hashweh, M. (2013). Pedagogical Content Knowledge: Twenty five years later. *Advances in Research on Teaching*, 19, pp. 115- 140.

Mullock, B. (2006). The Pedagogical Knowledge Bas of Four TESOL Teachers. *The Modern Language Journal*, 90 (1), pp. 48-66.

Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Research*, 15(1), pp. 4-14.

Shulman, L. S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57(1) pp. 1-22.

Zembylas, M. (2007). Emotional ecology: The intersection of emotional knowledge and pedagogical content knowledge in teaching. *Teaching and Teacher Education*, (23), pp. 355–367.