

Análisis de recursos audiovisuales y concepciones alternativas en la enseñanza del Sistema Circulatorio Humano: Un estudio de Caso

Alfonso Aguilar¹, Andrés Raviolo^{1,2} y Paula Ramírez¹
alfonso.a@live.com, araviolo@bariloche.com.ar, paularamirez@bariloche.com.ar

¹Universidad Nacional del Comahue. ²Universidad Nacional de Río Negro

Resumen— Enmarcado en una investigación más amplia que estudia cómo se enseña y aprende el Sistema Circulatorio Humano (SCH) en el nivel medio de educación, con el empleo de TIC, el presente trabajo focaliza en la utilización de videos y animaciones y en cómo, a partir de ellos, se abordan las concepciones alternativas más recurrentes en relación a esta temática. Para esta investigación se editaron y diseñaron un total de doce videos que en su conjunto abarcan los principales temas relacionados al SCH. Estos videos fueron suministrados a docentes para que lo utilizaran en sus clases. En este trabajo se presenta un estudio de caso que analiza el desempeño de uno de los docentes, prestando especial atención a: cómo abordó las dificultades de comprensión y las concepciones alternativas de los estudiantes, el aprovechamiento del recurso audiovisual, qué ideas refuerza o deja pasar y cuáles se detectan y trabajan. Finalmente se presentan sugerencias a tener en cuenta al abordar el SCH, con el fin de optimizar la utilización de TIC.

Palabras clave: *TIC – Videos y animaciones – Sistema Circulatorio Humano – Concepciones alternativas*

INTRODUCCIÓN

La intervención docente y los recursos didácticos empleados suelen ser claves para el alumno en la construcción del conocimiento. En este contexto, las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) constituyen herramientas estratégicas esenciales en el proceso de enseñanza y aprendizaje tal como se expresa en el Nuevo Diseño Curricular de Nivel Medio regional (Provincia de Río Negro, 2008). A nivel nacional, el Plan de Mejoramiento de la Enseñanza de las Ciencias (2008) asume como una de las principales líneas de acción el equipamiento de las escuelas con materiales audiovisuales. Como complemento a esta línea de acción se suman otras como el equipamiento de salas de informática en diferentes establecimientos educativos y la implementación del Plan Conectar Igualdad, con la entrega de netbooks a los estudiantes.

Como se aprecia, las tendencias educativas y líneas de acción a nivel nacional y provincial fomentan la

inclusión de TIC como estrategia de la mejora educativa. Sin embargo, es necesario aclarar que los recursos audiovisuales no son un fin en sí mismo. Su utilización pierde sentido si dejan de ser una herramienta para pasar a ser el objeto de enseñanza y de aprendizaje. Asimismo, su utilización sin un encuadre pedagógico adecuado puede llevar a ser concebida como una actividad meramente anecdótica que, desde la espectacularidad del recurso, atrae y cautiva la atención de los alumnos, quedando en un segundo plano los contenidos que en él se trabajan. Acordando con Gil (1997) las tecnologías utilizadas en la educación podrían tener una perspectiva negativa, si se trabaja sin un enfoque pedagógico adecuado y sin un software educativo de calidad.

Comprender aspectos fisiológicos y anatómicos del cuerpo humano resulta, en ocasiones, una tarea dificultosa para estudiantes de nivel medio. El Sistema Circulatorio es un ejemplo de ello, tanto por el grado de abstracción de alguna de sus estructuras y procesos imposibles de ser observados, como así también por la compleja interacción con otros sistemas y procesos que afectan a todo el organismo (López-Manjón *et. al*, 2007). Para el alumno, comprender estos aspectos correctamente implicaría conocer su cuerpo, entenderlo como una estructura integrada, y aprender a cuidarlo mejor; para el docente, esto constituye un objetivo educativo prioritario.

El presente trabajo se enmarca dentro de una investigación más amplia que estudia cómo se enseña y aprende el Sistema Circulatorio Humano (SCH) con la utilización de videos y animaciones en el nivel de educación medio, bajo la premisa de que los recursos cobran relevancia en función del contexto áulico y las intervenciones y aportes del docente. Se presenta, en este artículo, un estudio de caso que analiza el desempeño de uno de los docentes, poniendo el foco en la forma en que el profesor desarrolló sus clases y abordó las dificultades y concepciones alternativas de sus estudiantes; qué ideas refuerza o deja pasar y cuáles se detectan y trabajan.

a. Concepciones alternativas

En relación a las temáticas desarrolladas en clase, los alumnos suelen traer consigo una serie de ideas previas. Éstas muchas veces discrepan con las científicamente aceptadas. Son denominadas como “concepciones alternativas” (Arnaudín y Mintzes, 1985), “conceptos erróneos” (Yip, 1998; Tekkaya, 2002; Yip, 2008 y otros), “teorías ingenuas” (Mintzes, 1984), entre otros. Las intervenciones realizadas por los docentes pueden modificarlas parcialmente, reforzarlas o generar nuevas. Por ello constituye un objetivo de la enseñanza de las ciencias favorecer que el conocimiento progrese desde las concepciones alternativas o ingenuas hasta las concepciones científicamente adecuadas. Esta evolución de las concepciones de los alumnos puede consistir en la toma de conciencia de la coexistencia de distintas ideas o explicaciones de un mismo fenómeno, que pueden activarse según el contexto en que se solicita, por ejemplo, el escolar o el cotidiano.

En el marco de esta investigación y en relación al SCH, se ha realizado una revisión bibliográfica exhaustiva de los artículos sobre dificultades y concepciones alternativas en su aprendizaje en revistas (*Science Education*, *Journal of Research in Science Teaching*, *School Science and Mathematics*, *Enseñanza de las Ciencias*, *International Journal of Science Education*, *Journal of Biology Education*, entre otras), capítulos de libros solicitado a los autores y relevamientos de trabajos presentados en Congresos. Esta revisión puede consultarse en Aguilar y Raviolo (2010).

METODOLOGÍA

a. Diseño

La investigación general se llevó a cabo en cursos de tercer año de escuelas secundarias, públicas y privadas, de San Carlos de Bariloche. Se analizaron diferentes propuestas con el uso de TIC para la enseñanza de la unidad “Sistema Circulatorio Humano”. Se recolectaron datos a partir de observaciones de clase, entrevistas a docentes y cuestionarios escritos: test de actitudes, cuestionario conceptual y autoevaluación de los alumnos.

El curso analizado, cuyos resultados se presentan en este artículo, pertenece a un 3° año de nivel medio de una escuela privada conformado por 30 alumnos/as. En palabras del docente, el curso “*es un grupo que trabaja muy bien si les das actividades para hacer... ahora si te querés poner a dar clases y explicarles algo, no te llevan mucho el apunte. Pero si les das un texto con preguntas a responder y los ponés en grupos, funcionan bárbaro... se llevan muy bien entre ellos, y les gusta trabajar en*

grupo... por eso siempre los pongo a trabajar en grupo”. El profesor es Licenciado en Biología, es su primer año dedicado a la docencia en nivel medio. No suele utilizar videos ni animaciones en sus clases, aunque sí utiliza presentaciones de Power-Point esporádicamente.

b. Los recursos audiovisuales

Para la búsqueda de recursos audiovisuales en Internet se tuvo en cuenta que: i) fueran de fácil acceso y de descarga gratuita, ii) fueran auto-explicativos, a través de audios, rótulos, etc. y, iii) estuvieran en idioma español, o en su defecto, que el idioma no actuara como un obstáculo para la comprensión. Los mismos se analizaron teniendo en cuenta el tipo de formato del recurso, los aspectos destacados, si se utilizan analogías o metáforas, los niveles de representación utilizados, y las concepciones alternativas que se refuerzan y las que se podrían superar.

Algunos de los videos fueron editados e incluso se diseñó una animación con Power-Point, resultando un total de doce recursos que en conjunto abordan: i) las características generales del SCH, ii) el recorrido de la sangre por el cuerpo, iii) los componentes principales de la sangre y del SCH, iv) el colesterol y su importancia, v) el corazón, vi) el intercambio de gases a nivel celular, vii) la relación entre SCH y Sistema Digestivo, y, viii) la historia del concepto de la circulación sanguínea.

La propuesta ideada consistía en la utilización de los diversos recursos como herramientas complementarias en la enseñanza del SCH. Para ello se realizaron reuniones previas con los docentes y se les entregó un CD con los doce recursos. La consigna solicitaba a los docentes la utilización de, al menos una vez, cada uno de los archivos durante el desarrollo de la unidad sobre el SCH. Para ello tuvieron a disposición, durante sus clases, una computadora, un proyector y un sistema de audio acorde.

RESULTADOS

a. Planificación e implementación de la propuesta docente

La unidad planificada por el docente tuvo una duración de 3 encuentros (con 3 horas cátedra semanales). Inició la temática con generalidades del SCH, conjuntamente con la historia del concepto de la circulación sanguínea. Luego abordaron la composición de la sangre y su circulación por el cuerpo. Posteriormente trabajaron sobre el intercambio a nivel celular, para pasar a abordar todo lo relacionado con el corazón, su estructura, el ciclo cardíaco, los latidos y el pulso. Luego se trabajó sobre los vasos y el colesterol; por último abordaron la absorción de nutrientes a nivel

intestinal, relacionando el Sistema Circulatorio con el Digestivo, temática abordada con anterioridad.

La unidad estuvo planificada en torno a la utilización de los videos principalmente. Los alumnos tenían una serie de preguntas a responder para cada recurso audiovisual, en algunos casos se podían apoyar en el libro de texto. En ocasiones se dictaba y en otras el docente les entregó una guía de preguntas. El docente afirma haberse sentido cómodo en la utilización de los videos. *“Hice lo mismo que hacía antes, un sistema de preguntas, pero en lugar de darles el texto, les daba el video. Me parece también que lo asimilan mejor, porque es una generación que está muy acostumbrada a ver videos y cosas en pantallas... Traté de agrupar por temas que estuvieran concatenados entre si, la composición de la sangre después y finalmente vasos y corazón todo junto, porque también están concatenados”*.

Analizando las consignas del docente se encontraron un total de 48 actividades, desglosadas de la siguiente manera:

- 38 actividades cerradas: *¿cuál es la función del sistema circulatorio?; ¿qué es el plasma?; Nombre los 4 pasos del ciclo del corazón.*
- 3 actividades abiertas: *explique el proceso de coagulación; ¿está bien que Harvey haya realizado este tipo de experimentos para tener acceso a estos conocimientos? (Pregunta debate).*
- 4 actividades de completar esquemas: *Copiar el dibujo y anotar lo que dice la simulación; ¿Cuántas válvulas tiene el corazón? Señálelas en el esquema y escriba que conecta cada una.*
- 3 actividades de completar cuadros o párrafos: *completar cuadro sobre células sanguíneas (características, contenido, función, enfermedades asociadas); completar el siguiente párrafo sobre la absorción de nutrientes a nivel intestinal.*

La metodología de trabajo se mantuvo constante durante los encuentros; el video o animación se pasaba una primera vez sin interrupción. Luego se dictaban las preguntas y se volvía a pasar el video, deteniéndolo y dando el espacio para aclarar dudas y para que puedan responder las preguntas. En ocasiones las actividades se dictaban antes de la primera visualización o se entregaba una guía con preguntas. Al final, la “puesta en común” consistía en solicitar a distintos alumnos la lectura de su respuesta a una de las preguntas, donde el docente asentía, aclaraba o corregía las mismas. En ocasiones el docente dictaba la respuesta correcta o esperada y los alumnos se limitaban a complementar la suya.

b. Recursos audiovisuales y abordaje de concepciones alternativas

A fin de organizar estos resultados se detallará, para algunos de los recursos audiovisuales utilizados por el docente, los aspectos más destacados en relación a las concepciones alternativas y a las dificultades sobre la comprensión del SCH.

Video Sistema Circulatorio General I (En base a <http://www.youtube.com/watch?v=4jN74njPEYw>)

El docente aprovecha el video para trabajar una dificultad bastante recurrente en el tema. En muchos casos, los alumnos no pueden relacionar el SCH con el digestivo (Núñez y Banet, 1996). El docente se detiene a marcar esta relación y suma además la relación con el Respiratorio.

Docente (D): bueno... en esta primera parte habla un poco de cuáles son las funciones del sistema... funciones que ustedes ya vieron cuando vieron digestivo y respiratorio... al principio veíamos como estaba conectado el sistema digestivo y respiratorio con el circulatorio...

Alumno (A): el digestivo nunca lo vimos conectado con el circulatorio...

D: no te acordás de las microvellosidades...

A: no... creo que eso no lo puse...

D: ¿no lo pusiste?

(El docente vuelve a empezar el video, para que escuchen esa primera parte nuevamente; los alumnos escuchan y anotan. El docente vuelve a cortar el video y sintetiza la información)

D: transporte de alimento, de sustancias de desechos y de muchas otras sustancias... dentro de esas sustancias hay una molécula... que como dice Manuel rey... ¿cuál es, Manuel?

A: el oxígeno...

D: el oxígeno. Vimos también en el sistema respiratorio, cómo el sistema circulatorio transportaba el oxígeno y lo llevaba desde los pulmones a todos los tejidos... entonces “transporte de sustancias, transporte de desechos y transporte de oxígeno” ¿sí? Sigo...

En la charla con los alumnos aparece la idea del corazón como un motor o una bomba. Si bien el docente aclara que es la función del corazón bombear sangre, no hace mención a las limitaciones de utilizar la analogía del corazón con el motor. Tampoco aclara que en realidad son dos bombas que actúan en simultáneo, aportando a la idea del corazón como una bomba simple (Arnaudín y Mintzes, 1985; Windschitl y Andre, 1998).

D: bueno... ahí va dando algunas pautas sobre las funciones del corazón...

A: generalmente es el impulso del sistema circulatorio...

D: es el impulso del sistema circulatorio, si...

A: actúa como motor...

D: si, también se le dice bomba. Toda esta circulación de sangre que ocurre en el sistema circulatorio, con las sustancias de alimentación de desecho y de oxígeno. Para que se mantenga la circulación tiene que haber una bomba, que lo bombee. Sino los líquidos no circulan solos.

A: ¿el corazón adentro es hueco?

D: el corazón tiene cuatro cavidades... si... ¿cómo se llaman? (espera respuesta de los alumnos)... dos aurículas y dos ventrículos...

El docente retoma la idea que liga al corazón con los sentimientos y aclara esta concepción (Mintzes, 1984; Arnaudín y Mintzes, 1985).

A: eh.... ¿Por qué el corazón está conectado con el cerebro?

D: ¿Por qué está conectado al cerebro?... el circulatorio llega a todos los órganos... lo que pasa es que hablan de que el corazón es el órgano de los sentimientos, porque cuando tenés una emoción fuerte... ¿qué pasa? Se acelera el corazón... ¿por qué?

A: por la adrenalina...

D: porque fisiológicamente de alguna manera, cuando vivís una situación tensa, por ejemplo, el cuerpo se prepara para pelear, para correr, para lo que fuera... entonces la circulación aumenta...

Video Historia del concepto de la circulación sanguínea (En base a <http://www.youtube.com/watch?v=q5YZ4W0BdUQ>)

El video tiene un potencial desde el punto de vista epistemológico para analizar aspectos sobre cómo se generan y validan los conocimientos entre las sociedades científicas. Fomentar la idea del conocimiento como un constructo social, con íntima relación con los contextos históricos, sociales, económicos y políticos. Sin embargo el docente no percibe como aspecto importante e inherente a cualquier temática a trabajar, en este caso el SCH.

D: (dictando las preguntas) Y la cuatro... bueno, no chicos... la cuatro no... es sobre por qué él no da a conocer sus conocimientos... es bien histórico así que no... esas tres nomás... vamos a concentrarnos en lo que es exclusivamente el sistema circulatorio...

Animación Recorrido de sangre por el cuerpo (http://www.kscience.co.uk/animations/blood_system.htm)

Por un descuido en la utilización de los términos, o una simplificación conceptual, el docente deja implícita la idea de que los tejidos están por debajo del corazón y hacia arriba del mismo se encuentran los pulmones.

D: en el dibujo del libro toman a todos los órganos, los condensan y los llaman tejidos en general... entonces, teniendo el corazón de centro habría un circuito que viene hacia abajo... hacia todos los tejidos... y otro circuito que va del corazón hacia los pulmones...

El docente hace referencia a los colores de la sangre, aunque no termina de aclarar que es una convención y una representación utilizar el rojo y el azul.

D: bueno bueno... yo te ayudo... lo que pasa es que los colores del dibujo te marcan si la sangre está oxigenada o carboxigenada... chicos... es importante que vean que la diferencia de circuitos en el sistema circulatorio no pasa por el color de la sangre. En el circuito mayor hay una parte que la sangre está oxigenada, que es cuando va a los tejidos y después hay una parte de este circuito que está carboxigenada... en el menor pasa lo mismo... no crean que los circuitos se diferencian por si hay venas o arterias... o por si la sangre está oxigenada o carboxigenada...

Video Sistema Circulatorio General 2 (En base a <http://www.youtube.com/watch?v=4jN74njPEYw>)

Una vez que la sangre pasa por los tejidos, vuelve al corazón para ser impulsada hacia los pulmones. Los alumnos suelen afirmar que desde los tejidos la sangre va directamente hacia los pulmones (Arnaudín y Mintzes, 1985; López-Manjón et. al, 2007). El docente trabaja esto a partir de una actividad.

(Consigna: completar los espacios punteados) La sangre sale del corazón oxigenada y se dirige a los tejidos por la arteria Esta se va ramificando en arteriolas cada vez más finas hasta que se convierten en , los cuales son muy delgados e inervan a todos los , realizando el intercambio de y Luego la sangre con CO₂ regresa al corazón. Por las vénulas que poco a poco se van uniendo y se convierten en la vena Ésta entra al corazón y luego la sangre vuelve a salir por la arteria hacia los en donde se oxigena en los aquí las arterias son ya capilares y se unen con las vénulas. Luego vuelve al por la vena pulmonar.

El docente aclara un error del video. Afirma que el corazón no produce sangre. Sin embargo no aclara que tampoco la consume, tal como lo expresa el video (Mintzes, 1984).

D: ahora, lo que dice acá de que bombea el 15% de su producción, está mal, porque ya vimos que el corazón no produce la sangre... debería decir la sangre bombeada... se producía dentro de los huesos.. O sea no pongan que el corazón produce sangre, porque está mal... el corazón sólo la bombea.

A: en la médula, ¿no?

D: si... en la médula de los huesos.... Entonces, bombea el 15% de lo que recibe y ese abastecimiento lo puede aumentar 20 veces. Ahora, ¿cuánta sangre consume el corazón y por qué?

Animación Intercambio a nivel celular (Propia autoría)

El docente aclara, ayudado por esta animación, que a nivel celular, la sangre no abandona los capilares, sino que es el plasma el que lo hace (Mintzes, 1984; Arnaudín y Mintzes, 1985; Sungur, et.al 2001).

D: o sea, a nivel de los capilares hay un momento en el que el plasma abandona los capilares, baña la célula, le deja el oxígeno y los nutrientes; toma el dióxido de carbono y los desechos y el plasma, después vuelve a entrar a los capilares, que ahora son capilares venosos...

Video Pulso cardíaco (En base a <http://www.youtube.com/watch?v=4jN74njPEYw>)

El docente aprovecha este video para aclarar la conexión que existe entre el cerebro y el corazón. Esto suele ser un aspecto que presenta dificultades para los alumnos si no se aclara y se trabaja.

D: lo del marcapasos natural es lo que les acabo de explicar antes... células que generan impulsos eléctricos que se distribuyen por todo el corazón y hace que se contraiga... (pone el video y luego lo para) estas son las células (haciendo referencia al video), que están en los nódulos... las responsables del latido... son dos nódulos... estos generan impulsos eléctricos... por eso dice que son células capaces de excitarse a sí mismas... en realidad el impulso lo reciben del sistema nervioso... pero bueno... lo importante que entiendan es que el corazón tiene un marcapasos natural que se aloja en la aurícula derecha, genera un impulso y que se transmite a todo el corazón y genera los latidos...

(...)

D: acá está lo que vimos recién... lo del marcapasos... y falta la última que dice, qué órgano le ordena al corazón el pulso cardíaco...

Todos: el cerebro.

Absorción nutrientes a nivel intestinal (En base a <http://www.youtube.com/watch?v=Ii1BqYbtqU>)

A partir de este video el docente relaciona lo trabajado en Sistema Digestivo con el SCH (Núñez y Banet, 1996).

D: acá adentro están los nutrientes dando vueltas, por el intestino delgado... nutrientes, lípidos, hidratos de carbono... (lee el párrafo que tienen que completar) los nutrientes son degradados por...

A: enzimas... jugos gástricos

D: bien... los nutrientes son degradados por las enzimas. Dentro del...

A: ¡intestino delgado!

D: intestino delgado... (los alumnos van completando las palabras) y luego son absorbidos los nutrientes, que ya están convertidos en monómeros, ¿por quién?

A: por las microvellosidades

D: microvellosidades... de esta manera los nutrientes pasan al...

A: torrente sanguíneo

CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS DIDÁCTICAS

En la descripción realizada en este trabajo se aprecia cómo el docente fue aprovechando los diferentes recursos audiovisuales para abordar varias de las concepciones alternativas que suelen ser recurrentes en la temática tratada. Sin embargo, en algunos casos puntuales, algunas concepciones se veían reforzadas, no por un error conceptual del docente, sino por una desatención al momento del empleo de las palabras. Siendo ésta un sumidero importante de concepciones alternativas en los alumnos (Yip, 1998), resulta conveniente que los docentes sean cuidadosos en el vocabulario y en las expresiones utilizadas durante las clases. En este mismo sentido, cabría preguntarse también qué es lo que los alumnos interpretan cuando el docente utiliza tal o cual término (inclusive ciertas metáforas o analogías), dado que las representaciones que ellos elaboran no siempre son las mismas representaciones que los docentes poseen.

En relación a las imágenes y animaciones utilizadas en el aula, se debería tener en cuenta que muchas son representaciones esquemáticas, simplificadas con cierta intencionalidad y con el eje puesto en unos pocos aspectos a destacar, siendo absurdas fuera del contexto en el que se están utilizando o sin un bagaje conceptual previo. En este sentido, en ocasiones, el docente puede “observar más allá de la simulación” desde un punto de vista conceptual y comprender aquellas simplificaciones realizadas. Sin embargo, no trabajar esto con los alumnos puede llevar a que consideren como realidad-verdad algo que es representación-interpretación. Por ello resulta conveniente realizar con los estudiantes una reflexión sobre el uso de estos recursos e imágenes; preguntarse: con qué función se presenta, qué muestra, cómo cumple ese objetivo, qué simplificaciones presenta, qué aspectos son erróneos, qué se puede aprender de ella, cuáles son sus limitaciones. Es indispensable “hablar la imagen”.

Se aprecia que un aspecto central en la estrategia docente para llevar a buen término el debate, y la unidad

en general, es su conocimiento y experiencia en la enseñanza del contenido específico. Su conocimiento sobre las dificultades y concepciones alternativas de los alumnos sobre el tema, sus recursos didácticos y su experiencia docente reflexiva le permitirán aprovechar las oportunidades didácticas que se van presentando; podrá detectar en las respuestas de los alumnos las concepciones erróneas y estará atento a lo que se omite o no se previene en los videos y animaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar, A. y Raviolo, A. 2010. Concepciones alternativas sobre el Sistema Circulatorio: Revisión bibliográfica e implicancias para la Enseñanza. *IX Jornadas Nacionales y IV Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología*. S. M de Tucumán, Argentina.

Arnaudín, M. y Mintzes, J. J. 1985. Student alternative conceptions of the human circulatory system: a cross-age study. *Science Education*, 69 (5): 721-733.

Gil, S. 1997. Nuevas tecnologías en la enseñanza de la Física. Oportunidades y desafíos. *Educación en Ciencias* 1(2), 34: 1-10.

López-Manjón, A.; Postigo, Y. y León, R. 2007. La naturaleza de las representaciones sobre el sistema Circulatorio. En: J. I. Pozo y Flores, F. (Eds) *Cambio conceptual y representacional en la enseñanza de la ciencia*. Madrid: A. Machado Libros. 155-172 pp.

Ministerio de Educación de la Nación. 2008. *Plan de Mejoramiento de la Enseñanza de las Ciencias*. 22 pp.

Ministerio de Educación de la Provincia de Río Negro. 2008. *Diseño Curricular para el Nivel Medio*. 504 pp.

Mintzes, J. J. 1984. Naive theories in biology: Children's concepts of the human body. *School Science and Mathematics*, 84 (7): 548-555.

Núñez, F. y Banet, E. 1996. Modelos conceptuales sobre las relaciones entre digestión, respiración y circulación. *Enseñanza de las ciencias* 14 (3): 261-278

Sungur, S.; Tekkaya, C. y Geban, Ö. 2001. The Contribution of Conceptual Change Texts accompanied by Concept Mapping to Students' Understanding of the Human Circulatory System. *School Science and Mathematics* 101 (2): 91-101.

Tekkaya, C. 2002. Misconceptions as barrier to understanding biology. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 23: 259-266.

Yip, D. Y. 1998. Teacher's misconceptions of the circulatory system. *Journal of Biology Education*, 32 (2): 207-215.

Yip, D. Y. 2008. *Misconceptions in biology and implications for teaching*. Hong Kong: Manhattan press. 118 pp.

Windschitl, M. y Andre, T. 1998. Using computer simulations to enhance conceptual change: the role of constructivist instruction and student epistemological beliefs. *Journal of Research in Science Teaching* 35(2): 145-160.