



**Universitat de les
Illes Balears**

Facultat de Ciències

Memòria del Treball de Fi de Grau

Aplicació del recurs de mapes conceptuals a l'estudi de biologia en context

Francisco Díaz de Santos

Grau de Biologia

Any acadèmic 2014-15

DNI de l'alumne: 43215026G

Treball tutelat per Dr. Antonio José Bennàsar Roig
Departament de Fisiologia Vegetal



S'autoritza la Universitat a incloure el meu treball en el Repositori Institucional per a la seva consulta en accés obert i difusió en línia, amb finalitats exclusivament acadèmiques i d'investigació

Paraules clau del treball:

Mapas conceptuales, biología en contexto, motivación, sistemas, conceptos, relación, secuencia de conocimientos, cuerpo humano, Novak, Nuffield

Abstract

The current education system promotes rote learning displacing positivist models that favor a significant learning. This hinders the acquisition of new concepts to the students. The problems that the students have to relate new concepts with their knowledge are becoming more evident. Several studies have shown that rote learning does not provide the acquisition of new concepts. To check if the students who already completed ESO are able to relate different concepts of the human body, the physical exercise was used as a motivation activity. After the activity, working groups were formed. These groups had a class discussion where the teacher guided the conversation. Finally, the groups had to elaborate a concepts map. This tool is especially good for establish relationships between different concepts, showing if the students are able to understand the different concepts.

Resumen

El tipo de educación actual promueve un aprendizaje memorístico desplazando así los modelos positivistas que favorecen el aprendizaje significativo. Este hecho dificulta la adquisición de nuevos conceptos y la relación de estos con los conocimientos previos del alumno. Debido a esto, la dificultad que tienen los alumnos a la hora de relacionar conceptos o encontrar soluciones a problemas de la vida cotidiana cada vez es más evidente. Diversos estudios han demostrado que el aprendizaje mecánico no facilita la adquisición de nuevos conceptos. Para comprobar si los alumnos que ya han cursado ESO y han recibido una enseñanza memorística son capaces de relacionar los diferentes sistemas del cuerpo humano se llevó a cabo una pequeña prueba. Con el fin de contextualizar la actividad, se eligió como actividad de motivación el ejercicio físico, ya que aparte de ser actividad entretenida y sencilla de llevar a cabo, están implicados casi todos los sistemas del cuerpo humano. Tras esta actividad, los alumnos y el docente entablaron un debate guiado en el que se iban respondiendo una serie de preguntas. Estas preguntas facilitaban la elaboración de un mapa conceptual general en el que intervenían todos los sistemas. Gracias a que los mapas conceptuales son una excelente herramienta para relacionar diferentes conceptos e incorporar nuevas ideas a las ya asimiladas, se pudo comprobar la dificultad que tenían los alumnos a la hora de representar las relaciones.

Introducción

Gran parte de la ciencia escolar tiene la reputación de ser difícil, aburrida e irrelevante para la sociedad (Osborne, Simon y Collins; 2003), este hecho provoca que en Europa cada vez sean menos los alumnos que se decantan por el estudio de ciencias como la biología, la física o la química. Si comparamos el número de alumnos reportados por la fundación Nuffield, en EU solo 5,7 de cada 1.000 acaban dedicándose a la investigación, mientras que en Japón o USA las cifras rondan el 9,14 y 8,08 respectivamente (Osborne et al. 2008).

El por qué las ciencias escolares no resultan atractivas para los alumnos es un tema complejo, sin embargo, la fundación Nuffield destaca dos factores principales:

1. La sociedad actual ofrece un abanico muy amplio de elecciones, por lo que es de esperar que menos alumnos elijan el mismo camino.

2. La adolescencia es un periodo de formación de la identidad de los alumnos, a diferencia de otras materias, la ciencia escolar no ha sufrido ninguna modificación. Una nueva visión que acerque más los conocimientos científicos al día a día y ayude a los alumnos a tener una mejor idea de qué tipo de carreras científicas hay podría aumentar el atractivo de cara al alumnado y ayudarles a desarrollar actitudes científicas.

Estudios de TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) y PISA (Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes) han demostrado que muchos estudiantes son incapaces de aplicar los conocimientos adquiridos en la escuela para solucionar problemas complejos interdisciplinarios, para trabajar sobre bases experimentales o para discutir desde un punto de vista científico. Este déficit en la enseñanza de ciencias implica que las competencias consideradas vitales para participar en proyectos están fracasando.

El problema principal de la educación de este siglo, es que predomina un aprendizaje memorístico mecánico. Este tipo de aprendizaje resulta ser un caldo de cultivo ideal para mantener e incorporar errores conceptuales. Este hecho provoca que el desarrollo crítico de los pensamientos y conocimientos, muy necesario tanto en la vida cotidiana y en el mundo científico, no sean los correctos, dificultando la comprensión y asimilación de nueva información (M^a Gonzalez, 2014).

Debido a esta necesidad de renovar la forma de enseñar ciencias, para que los alumnos consigan adquirir competencias científicas además de interés por la investigación, fundaciones como Salters-Nuffield (2005) en Reino Unido o el programa *bik* en Alemania, han llevado a cabo estudios en centros escolares sobre una enseñanza en contexto a la sociedad (Elster, 2009).

Estos contextos o las aplicaciones de la ciencia en situaciones de la vida cotidiana se utilizan como punto de partida para el desarrollo de ideas científicas. A diferencia del método tradicional de estudio de ciencias, donde la parte teórica (y más densa) se explica antes que las posibles aplicaciones. El objetivo principal es crear una motivación al alumno para que la parte teórica no resulte tan difícil y los conceptos claves queden en forma de ideas y no únicamente en textos o definiciones memorizadas. Otra ventaja es la capacidad que desarrollan los alumnos para pensar y actuar de forma científica sobre situaciones comunes y

que pueden afectar a sus vidas. Esta propuesta intenta fomentar la adquisición de competencias científicas y no únicamente de conocimiento científico.

Debido a la gran modernización tecnológica de la sociedad actual, existen otros enfoques didácticos como STS (ciencia, tecnología y sociedad). Esta idea propuesta por Aikenhead (1994) crea vínculos entre la ciencia, la tecnología y la sociedad. Para estos vínculos normalmente se remarca uno de los temas relacionándolo con los otros, un ejemplo podría ser un tema social relacionado con la tecnología y ciencia.

La gran ventaja a nivel educativo de estas dos propuestas, que a menudo se superponen, es que indirectamente obligan al alumno a relacionar conceptos. En los estudios tradicionales raramente se hace, ya que se estudia cada tema por separado. Un alumno fácilmente puede memorizar los diferentes sistemas del organismo, pero generalmente a la hora de encontrar una relación surgen las dificultades (Lewis, 2006). Esto es debido a que los métodos pedagógicos tradicionales no fomentan el pensamiento, la adquisición de competencias o la actitud crítica y si la memorización. Estos métodos se han aplicado a diferentes edades, aunque destaca el uso en Secundaria (Lewis 2006), donde el alumno debe encontrar una motivación extra para estudiar el temario asignado por el centro educativo.

Debido a que los resultados que se están obteniendo con el aprendizaje mecánico no son los más esperanzadores. Teorías como las de Ausubel (1983) fortalecen la idea de que el aprendizaje significativo puede ser más beneficioso que el mecánico.

La teoría de aprendizaje significativo de Ausubel propone que el aprendizaje depende de los conocimientos previos que se relacionan con la nueva información. Estos conocimientos previos son el conjunto de conceptos e ideas que posee el alumno en un determinado campo. No únicamente tiene importancia la cantidad de información que posee el alumno. La forma en la que relaciona esta información es la que permitirá acoplar nuevos conceptos de manera eficaz. Esto quiere decir que durante la vida formativa del alumnado, es importante considerar lo que ya saben. De esta forma podrán establecer una relación con aquello que debe aprender (Ausubel-Novak-Hanesian, 1983). El aprendizaje se vuelve más significativo cuantas más relaciones hay entre los conceptos. (Martín Ortega, 2007).

El aprendizaje significativo no solo ayuda a construir estructuras mentales, en las que los conceptos están debidamente relacionados, también son la base del pensamiento creativo. Los mapas conceptuales resultan ser muy útiles para mostrar de qué manera se relacionan los conceptos y los posibles errores de razonamiento. Además de permitir ver la evolución cuando se incorporan nuevos conceptos. Esto permite ver de forma clara que conceptos son claros y cuales erróneos. (M^a Gonzalez, 2014).

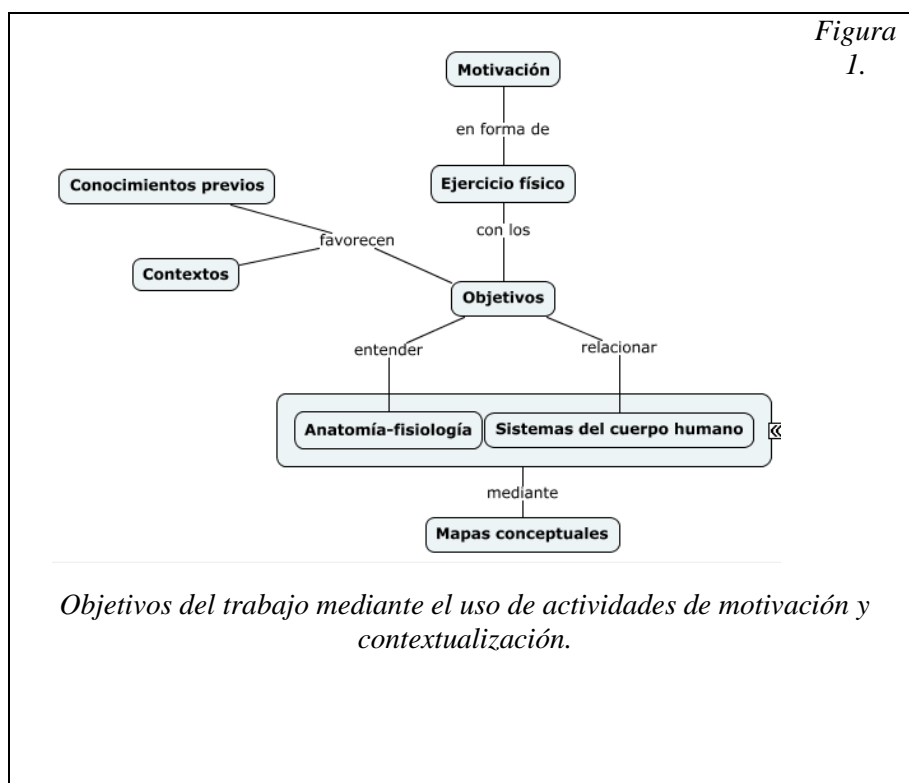
Para el profesor Morón Arroyo (2001) los mapas conceptuales son la mejor forma para aprender. Esto se debe a que obligan al alumnado a preguntarse rigurosamente que quieren decir con una sola palabra y a establecer una jerarquía de conceptos que tienen que ir ligados- De esta forma se va fomentando un aprendizaje significativo y acumulativo, ya que a los conocimientos previos se pueden ir sumando nuevos conceptos. Hay que tener en cuenta que la comprensión de un tema empieza por conocer sus conceptos clave y entender la relación entre ellos (Novak 1984).

En experimentos educativos en otros países, como Venezuela, se ha podido observar como el uso del mapa conceptual ha sido muy eficaz a la hora de respaldar el aprendizaje de alumnos de diferentes cursos. En definitiva, si los comparamos con métodos tradicionales, los alumnos tienen un mejor rendimiento utilizando esta estrategia. Este modelo obliga al alumno

a construir una nueva base de conocimientos sobre los conocimientos previos. Además de esto, fomenta un papel activo en el aprendizaje, lo que conlleva a que no únicamente se aprenda acerca de la nueva información, sino también del proceso mismo (González García et al. 2013).

La hipótesis de partida del trabajo supone que los alumnos que hayan cursado biología en ESO habrán recibido una enseñanza con un modelo mecánico-memorístico, y que gran parte de los conocimientos estudiados en su momento se habrán olvidado, impidiendo responder o relacionar conceptos básicos sobre ciencias.

El objetivo del proyecto es evaluar la capacidad que tienen alumnos que ya han cursado ESO para relacionar los diferentes sistemas del cuerpo humano y comprobar si la utilización de contextos y actividades de motivación facilitan la comprensión de conceptos (figura 1).



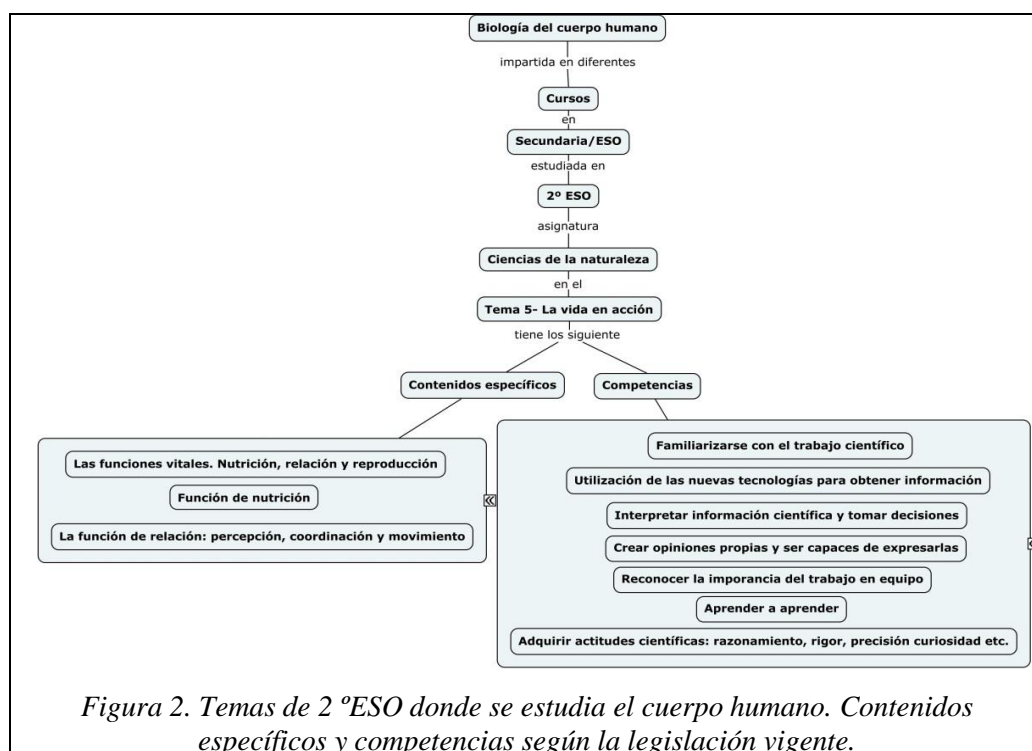
Metodología

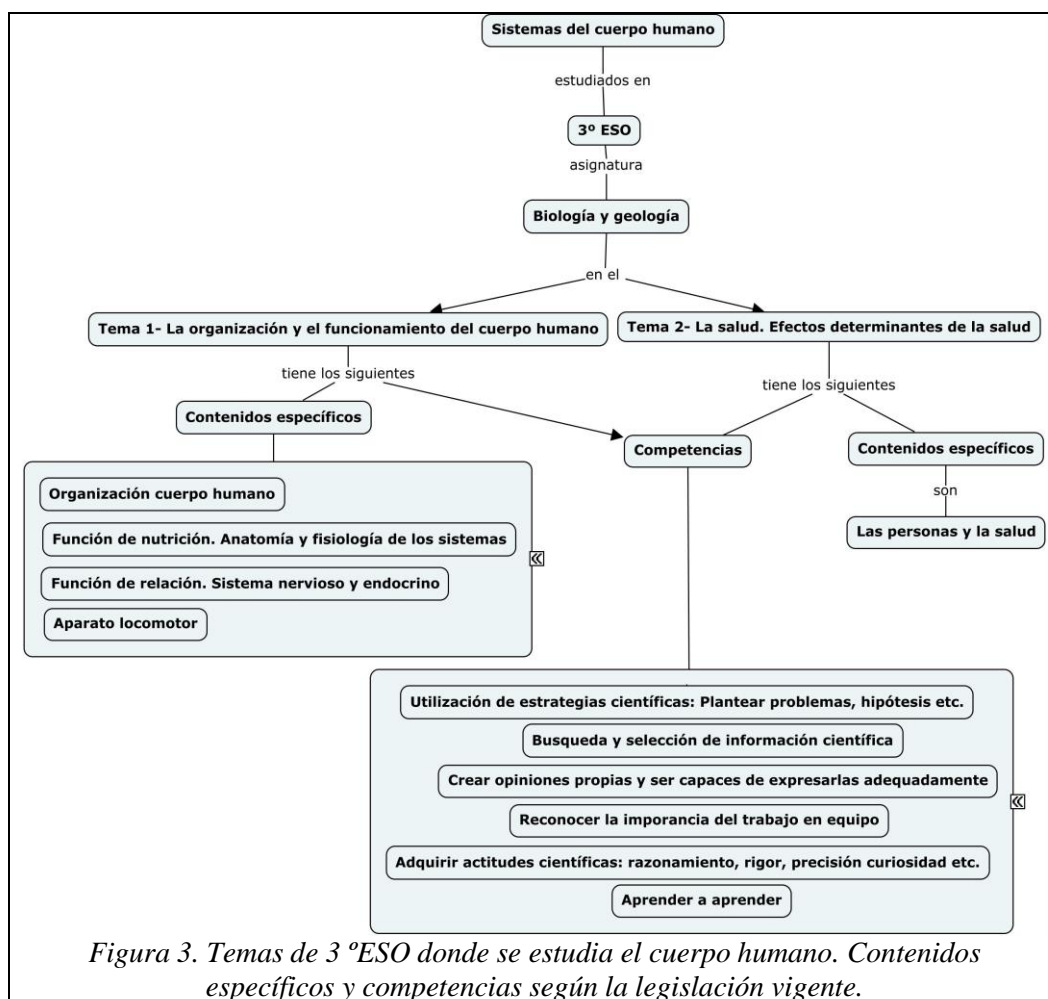
La enseñanza de los alumnos a lo largo de los cursos está estructurada en diferentes bloques. Estos bloques se dividen en: dos obligatorios (Primaria, ESO) y un bloque optativo (Bachiller). El objetivo de cada bloque es diferente. Tanto en Primaria como en ESO, la tutela del alumnado debe tener un papel más elevado que en Bachiller. El motivo principal es que no todos los alumnos que cursen ESO continuarán su etapa formativa en Bachiller. Debido a esto, el objetivo principal de ESO, aparte de otorgar unos conocimientos básicos al alumnado, debe ser formar ciudadanos.

En el caso particular de este proyecto, el punto a tratar fue la biología del cuerpo humano por lo que se ha seleccionado el temario y los contenidos de cada curso de ESO siguiendo la legislación vigente (consultada en la WEIB).

El motivo por el que este trabajo se centró en ESO, donde se da el salto entre asignaturas de ciencias obligatorias y optativas. De este modo, se puede estimular a los alumnos que no saben si dirigirse hacia un Bachillerato científico o pretenden seguir otro camino. Además de esto, debido a que no se disponían de alumnos de ESO con los que llevar a cabo este trabajo, se llevó a cabo con alumnos de Magisterio, por lo que la mayoría no habían cursado un Bachillerato científico-técnico, pero sí asignaturas de biología en ESO. Los alumnos formaron grupos de 4-5 personas. En total se trabajó con 25 grupos.

A continuación se muestran los cursos y el temario específico donde se incluye el tema: la organización del cuerpo humano (figura 2 y 3).





Para iniciar la actividad y ya que eran alumnos de magisterio, se les explico la metodología del proyecto en el que iban a participar, ya que es una forma de inculcar a futuros profesores ideas de cómo aplicar actividades motivadoras en temas teóricos.

Tras la explicación se les propuso un ejercicio físico de motivación, antes de iniciar el ejercicio se les pidió que midieran su ritmo cardiaco y respiratorio. Para el ritmo respiratorio, y pensando en alumnos de ESO, se les explicó que debían tomárselo tumbados en la mesa con una hoja de papel en el pecho. De esta forma un compañero de grupo solo tendría que contar el número de veces que el papel se mueve durante un minuto.

Una vez se apuntaron las medidas tomadas, cada miembro del grupo realizó alrededor de 30 sentadillas. El ejercicio puede ser un punto de motivación para alumnos de ESO y es capaz de modificar toda la fisiología del organismo pudiendo crear así una red de conceptos para la futura explicación. Justo después del ejercicio, se volvieron a apuntar sus constantes. El objetivo de este paso era el registro de todas las mediciones de todos los miembros de la clase, antes y después del ejercicio. Además de esto, debían anotar si eran fumadores y si realizaban ejercicio habitualmente o no (4 horas o más a la semana). Una vez compilados todos los datos se dividieron entre hombres y mujeres con el fin de compararlos por sexo. De este modo ellos podrían observar que el ejercicio había modificado estos ritmos y comentarlo con los miembros del grupo.

A parte de apuntar los datos, se les entrego una serie de preguntas (saldrán en el apartado de respuestas) con el fin de crear una secuencia de conocimiento donde el tutor guío

la conversación del grupo. De esta manera los alumnos irán llevando a cabo una serie de deducciones de lo que había pasado en sus cuerpo y cómo el ejercicio había afectado a sus sistemas.

Una vez respondidas las preguntas, el alumnado debería ser capaz de poder relacionar los diferentes conceptos que fueron saliendo de forma guiada en las preguntas. El objetivo principal es que los grupos tengan que pensar y buscar una relación dentro de la teoría que años atrás estudiaron.

Tras enfocar el tema de manera indirecta, se le pidió al alumnado si era capaz de hacer un mapa conceptual con los sistemas que creían que se habían visto implicados en el ejercicio y las relaciones que había entre ellos (figura 4).

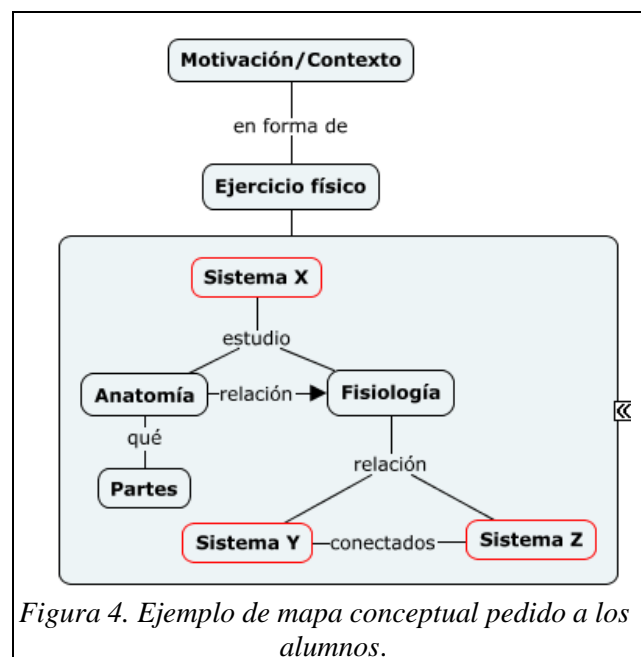
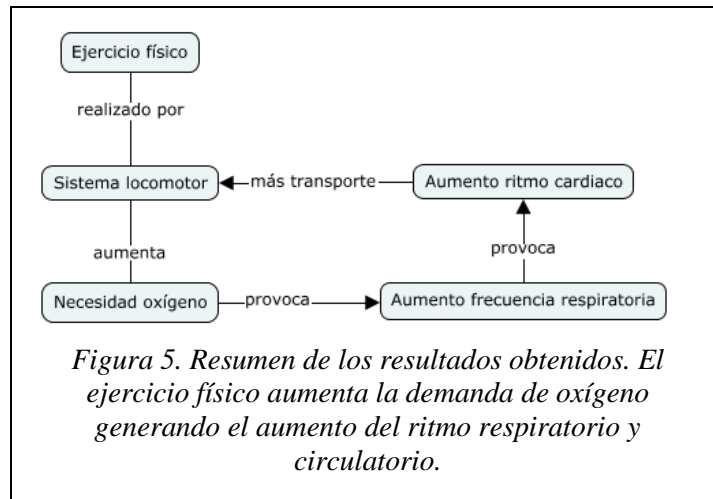


Figura 4. Ejemplo de mapa conceptual pedido a los alumnos.

Aunque en el trabajo realizado en clase no se profundizó en cada sistema, de tratarse de una clase real con alumnos que están aprendiendo el temario, se habría podido especificar las partes y realizar los mapas conceptuales necesarios para la asimilación de conceptos.

Resultados

Finalizada la actividad física y apuntados los valores obtenidos por los alumnos en la pizarra, se realizó una pequeña discusión. Como todos los alumnos había realizado el mismo ejercicio y había tomado igual las variables. Los resultados eran comparables. Estos mostraban que tanto el ritmo cardiaco como la frecuencia respiratoria aumentaban tras realizar los ejercicios (figura 5).



Las preguntas realizadas a los diferentes grupos sirvieron de guía para mostrar los conocimientos que ya poseían los alumnos, de forma que se facilitaría la secuencia de conocimientos para el aprendizaje significativo. Debido al elevado número de grupos que respondieron a las preguntas, se ha generalizado en las repuestas.. Estas son las respuestas que se obtuvieron:

1- ¿Qué ha pasado en el ritmo respiratorio y el ritmo cardíaco después del ejercicio?

En esta pregunta todos los alumnos respondieron bien, ya que era muy evidente que ambos habían aumentado. Este tipo de preguntas sirvieron para ir introduciendo el tema, ya que la respuesta no requiere de ningún tipo de conocimiento previo.

2- ¿Por qué crees que se ha producido este cambio?

La mayoría de los alumnos contestaron que al haber alterado el estado de reposo, el cuerpo necesita más oxígeno por lo que aumenta el ritmo respiratorio y como el corazón bombea más rápido, también aumenta el ritmo de circulatorio. Esta pregunta al igual que la anterior era introductoria.

3- ¿Qué sistemas humanos crees que son responsables de qué nos podamos mover y realizar ejercicio físico?

En esta pregunta la mayoría de grupos respondió con una numeración de sistemas (tabla 1). Como se puede observar en la tabla, era de esperar que en todos los grupos estuviera presente el sistema locomotor, respiratorio y circulatorio ya que las variables medidas estaban directamente relacionadas con ellos. Destaca que sólo un 8% tuvieron en cuenta el sistema

digestivo ya que cuando se les hizo la comparación del cuerpo humano con un vehículo, y se les pidió si hacía falta algo para que el vehículo se pudiera mover, todos los grupos se acordaron de la gasolina (energía).

4-¿Hay más sistemas involucrados en el movimiento un ejercicio?

La respuesta a esta pregunta se ha contado junto a la pregunta anterior, ya que cada grupo respondió de diferente forma. Algunos grupos respondieron las dos preguntas a la vez y otros por separado. El objetivo principal de esta pregunta era dar una segunda opción a los que en la anterior pregunta sólo nombraban sistemas que influían directamente.



5-¿Se han producido sustancias residuales?

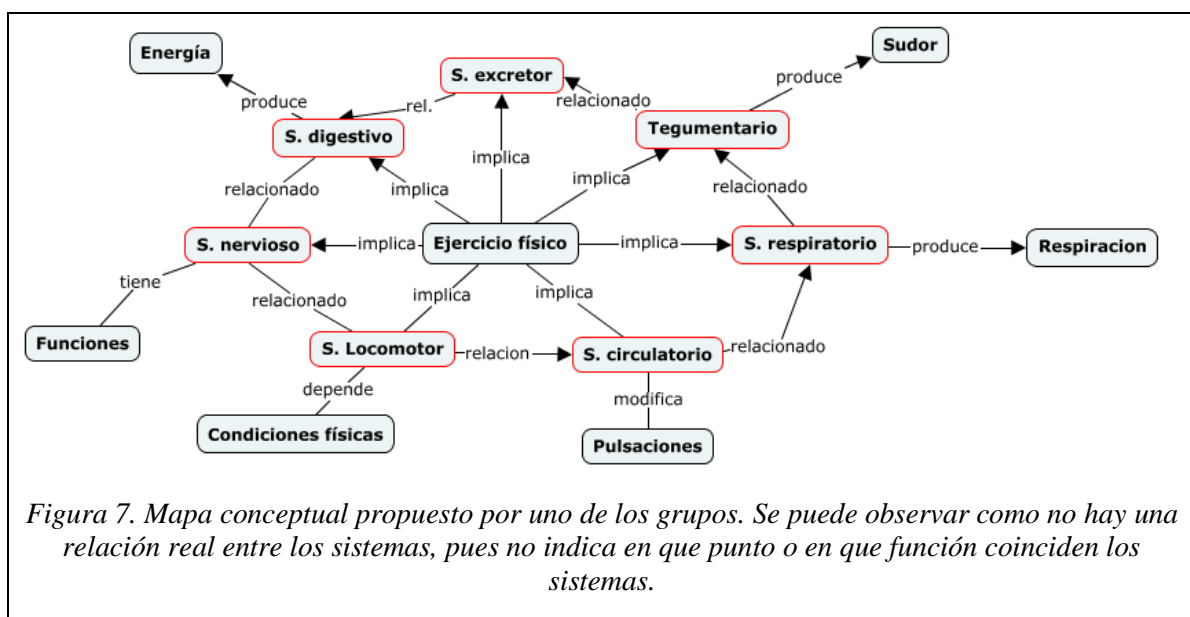
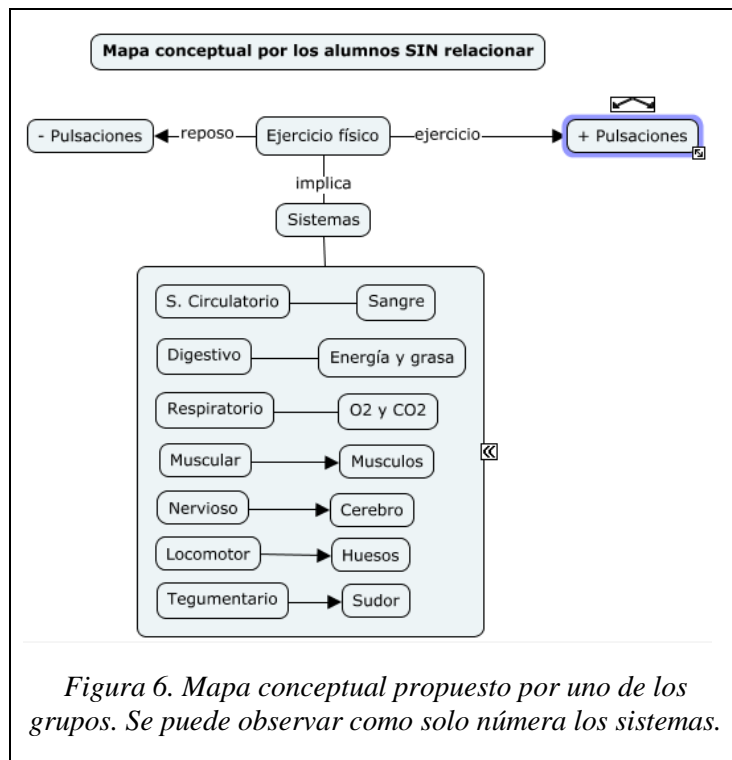
La mayoría de los grupos contestó que sí, que se había generado sudor, pese a que pocos en las preguntas anteriores nombraban el sistema de tegumentario. Pocos grupos respondieron CO₂, aunque todos en la pregunta anterior tuvieron en cuenta el sistema respiratorio. En esta pregunta sucedió lo mismo que en las anteriores con el sistema digestivo y la comparación con el vehículo. Todos los alumnos tuvieron en cuenta que el coche emitía CO₂ y que tenía tubo de escape.

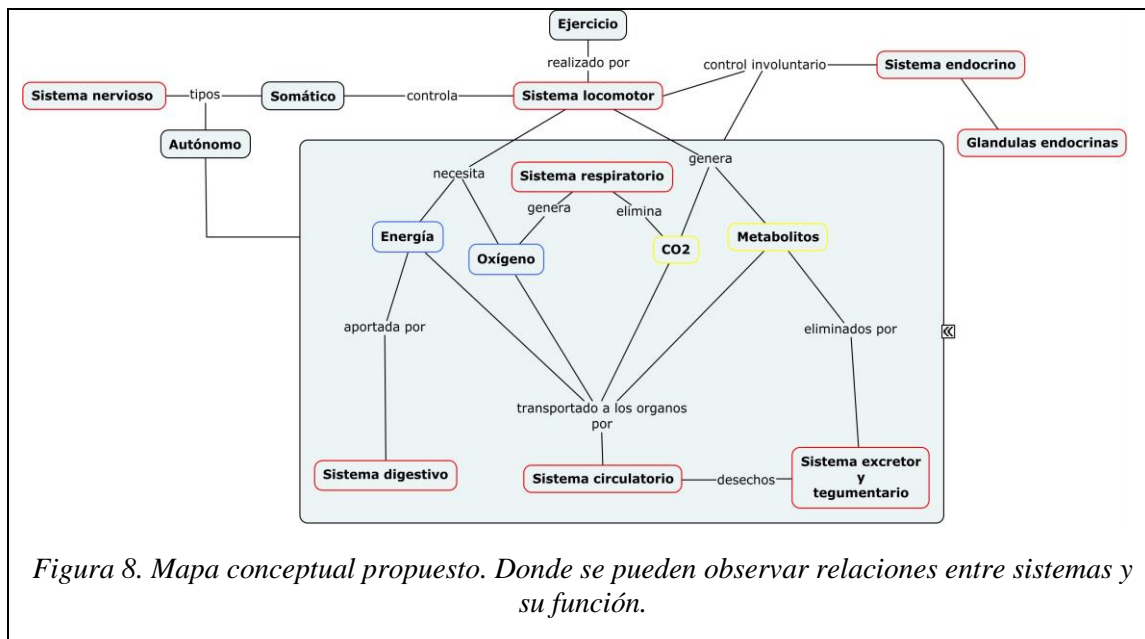
La finalidad de las preguntas 4 y 5 no era otra que comentar los sistemas que posiblemente no habían enumerado en las preguntas 3 y 4. De este modo y haciendo la comparación entre el cuerpo humano y un vehículo, ellos mismo fueran razonando y deduciendo los sistemas que les faltaba por incluir. De esta forma, con una conversación guiada, los alumnos acaban incorporando los conceptos que no relacionaban con el ejercicio.

6-Realiza un mapa conceptual que resuma este experimento. Relacionar los sistemas que están involucrados.

Ninguno de los mapas conceptuales entregados por los alumnos tenía una relación real entre los sistemas, las figuras 6 y 7 muestran algunos de los ejemplos que entregaron los alumnos, debido a que se hicieron 25 mapas conceptuales se han seleccionado el más y el menos relacionado. Esta pregunta se respondió tras dar la solución de las anteriores, de forma que los grupos añadieron en el mapa todos los sistemas. El mapa conceptual esperado y con relaciones tendría que tener un aspecto parecido al de la figura 8. En este caso no se

profundizo tanto los detalles de cada sistema, aunque en el anexo se pueden ver los mapas conceptuales que se habrían podido realizar en caso de tratarse de una clase real, donde se dispone de más tiempo para cada uno de los sistemas.





7- ¿Crees que un mapa conceptual como el que has realizado podría aplicarse en primaria? ¿Hay otros sistemas más adecuados?

Esta pregunta tenía como objetivo saber si los alumnos, posiblemente futuros profesores, creían adecuada esta metodología para cursos inferiores a ESO. Aunque no todos subgrupos llegaron a responderla, la gran mayoría pensaban que sí, que era un método que podría aplicarse en primaria y ESO ya que resultaba sencillo y práctico. Algunos añadían que para cursos inferiores a ESO, se podría añadir un refuerzo visual como imágenes de los diferentes sistemas.

Conclusiones

Los resultados obtenidos tanto en las preguntas como en los mapas conceptuales a nivel de sistemas, muestran como los alumnos tienen dificultad para relacionar conceptos que han estudiado en años pasados con un modelo memorístico. Aunque estos resultados no se han podido obtener de alumnos que estén cursando ESO, cosa que los haría más interesantes, concuerdan con los resultados obtenidos por el proyecto SNAB (Salters-Nuffield Advanced Biology) donde indican que la gran mayoría de alumnos tienen dificultades a la hora de relacionar nuevos conceptos con su conocimiento.

Este hecho puede deberse a que el estudio de ciencias como la biología se pueden hacer más interesantes para el alumno utilizando situaciones reales (Reiss, 2006). Los libros de ciencias están plagados de información relevante para el mundo científico que a ojos de un alumno de ESO puede parecer irrelevante si no recibe una correcta explicación. Debido a la gran cantidad de información que tiene que asimilar el alumno, puede verse desmotivado a seguir cursando una asignatura o una carrera de ciencias (Osborne et al., 2003). Como cualquier otra actividad, el aprendizaje también depende del estado emocional y no únicamente del cognitivo. Si se consigue generar curiosidad a los alumnos, el aprendizaje se verá beneficiado. Debido a eso, promover el uso de situaciones reales, como en este caso el ejercicio físico, puede servir de aliciente para motivar y animar al alumno a indagar en el tema.

Si a todo esto le añadimos a que en cursos como ESO el objetivo no es formar científicos o médicos sino ciudadanos, un aprendizaje mecánico fomenta que el error de entendimiento se mantenga sobre conceptos que tienen que ayudarles a generar la base de su conocimiento.

Por este motivo, el modelo educativo, sobre todo en las primeras fases de la enseñanza, donde el alumno se forma como ciudadano debería ser el aprendizaje significativo. Ya que no solo les ayudará a construir estructuras mentales estables donde poder relacionar los nuevos conceptos, sino que también fomentara el espíritu crítico además de favorecer a un pensamiento creativo (M^a Gonzalez, 2014).

Cabe destacar que no únicamente la estructura mental del alumno sobre determinado campo es importante para él, sino también para el docente. Citando a Ausubel (1983) en el epígrafe de su teoría de aprendizaje significativo "Si tuviese que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, enunciaría este: El factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averíguese esto y enséñese consecuentemente". Como se ha dicho anteriormente, los mapas conceptuales son una herramienta muy valiosa a la hora de ordenar y relacionar los conceptos, pero también un fantástico punto de partida para ver que conceptos se entienden y cuáles no. Utilizando esta sencilla herramienta se puede observar si el alumno está entendiendo de forma correcta la teoría que se le imparte, este hecho puede facilitar las futuras explicaciones al docente y sobre todo mejorar la asimilación de nuevos conceptos al alumno.

En conclusión, si tenemos en cuenta los resultados obtenidos en este trabajo y de los diferentes proyectos de los diversos autores que han tratado este tema, llegamos a la conclusión de que el sistema educativo actual debe modificarse. Cada vez menos alumnos optan por las ciencias porque no les resultan atractivas y parte de los alumnos que las cursan, luego tienen dificultad para relacionar y asimilar los conceptos impartidos en clase. La

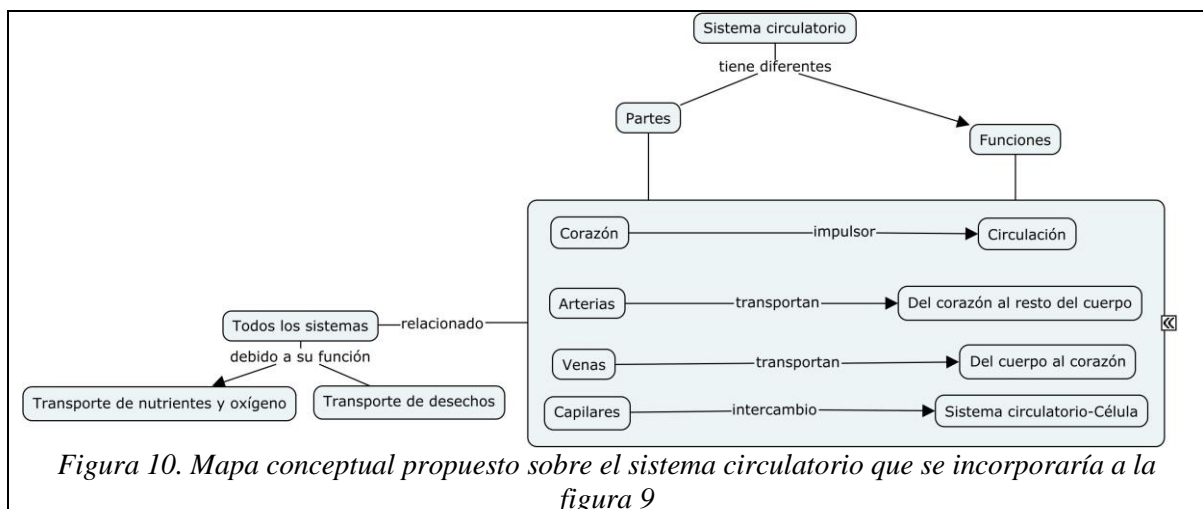
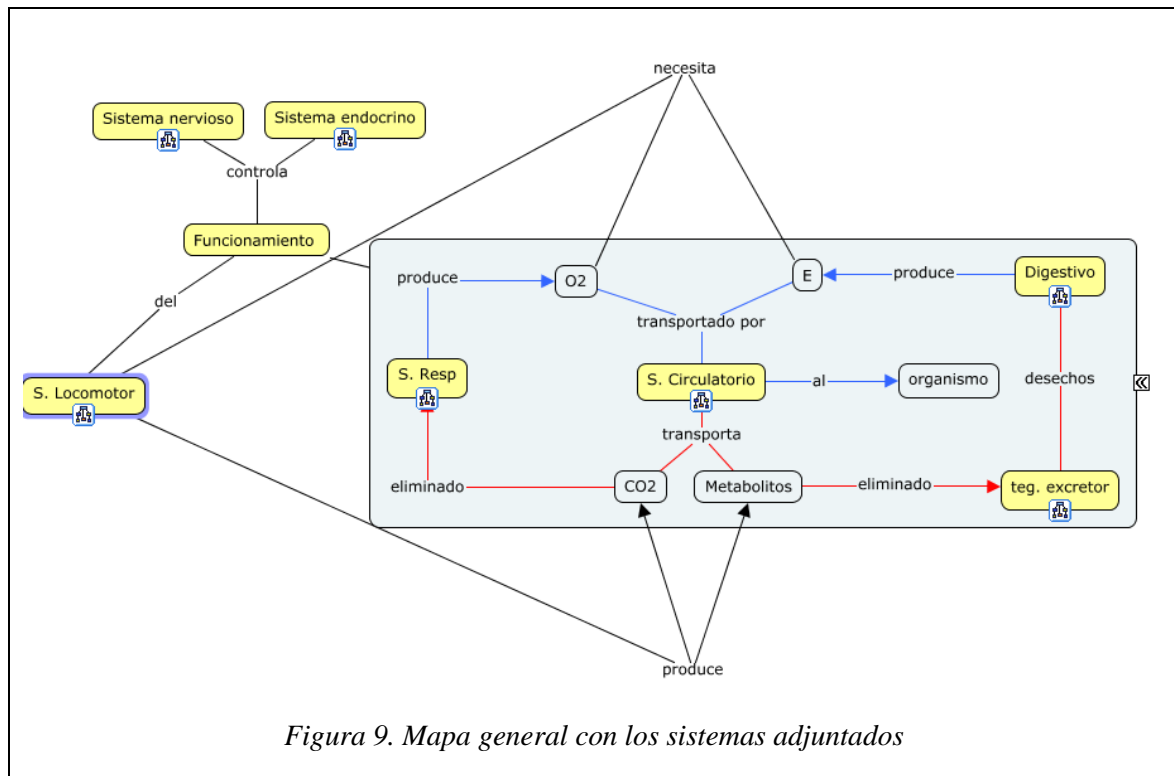
fomentación de contextos en las clases podría hacer más atractivas las ciencias escolares, ya que los alumnos verían la utilidad de lo que están aprendiendo. Si a esto le sumamos la utilización de recursos como los mapas conceptuales o los diagramas en V para facilitar la comprensión del temario y el papel de guía del profesorado facilitando así la secuencia de conocimiento. Los alumnos podrían verse más atraídos por las ciencias y se eliminaría la reputación de ser aburrida o irrelevante.

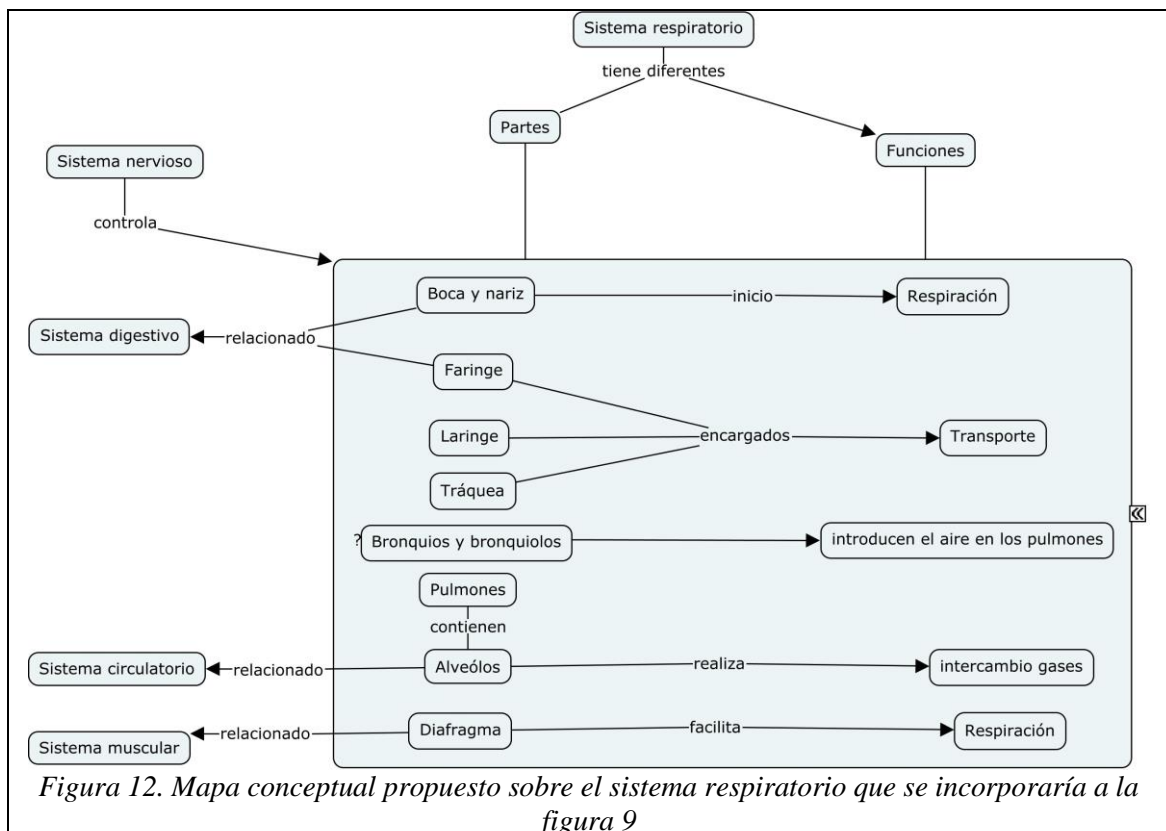
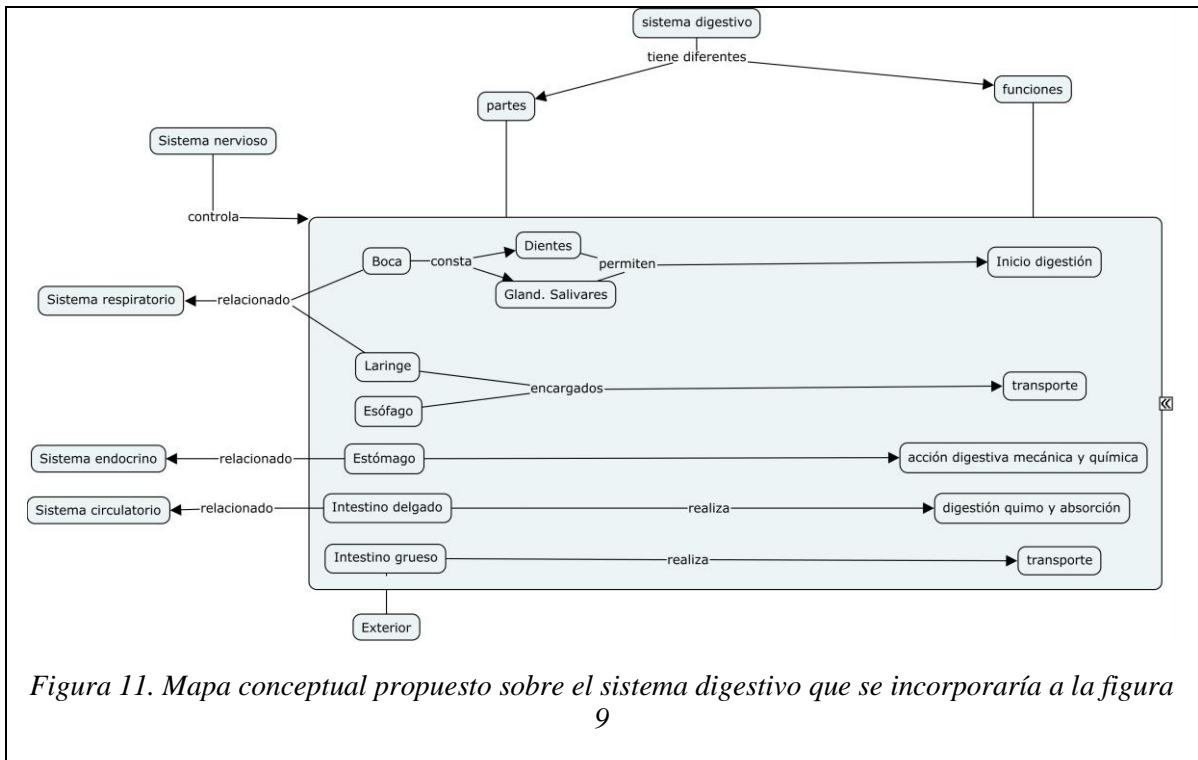
Agradecimientos

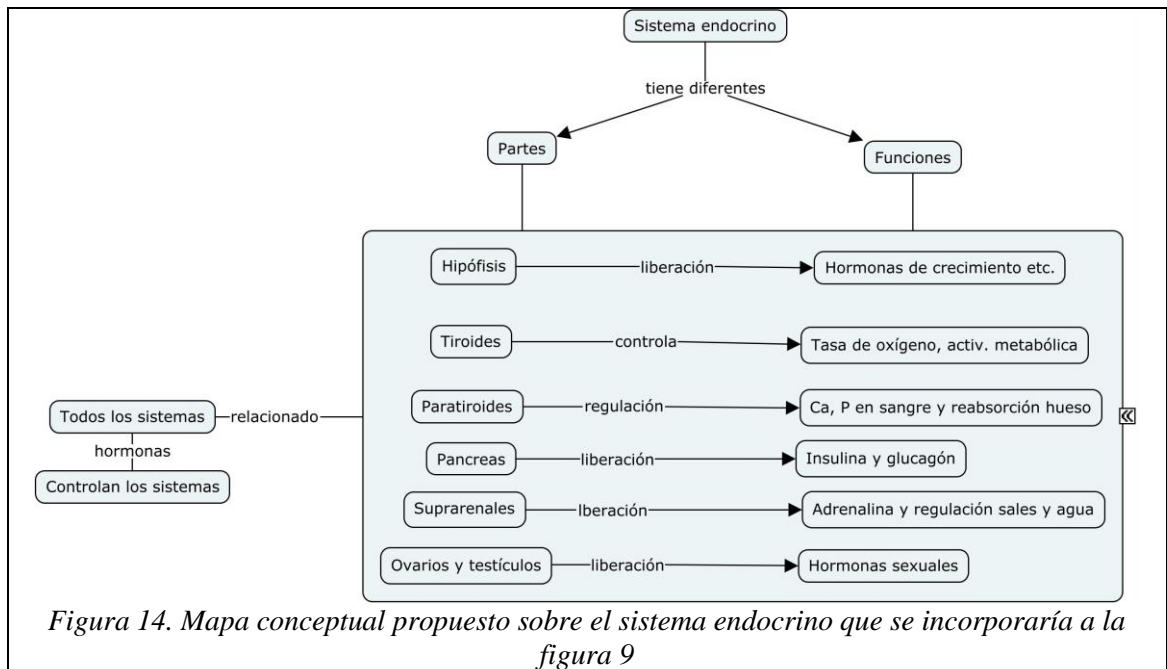
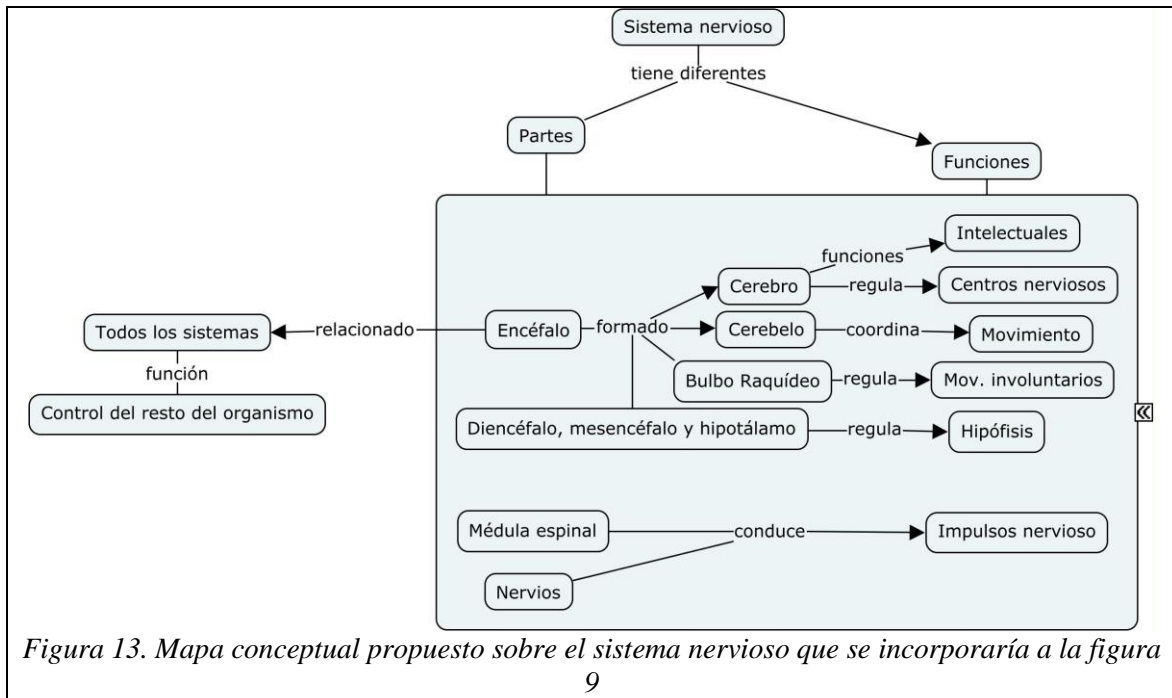
- A Antoni Bennàsar, por su ayuda y asesoramiento durante todas las fases del trabajo.
- A Miguel Ángel Pascual, Moisés Nieto, y Patricia Arguimbau que me facilitaron libros de ESO.
- A los alumnos de magisterio que participaron en el experimento.

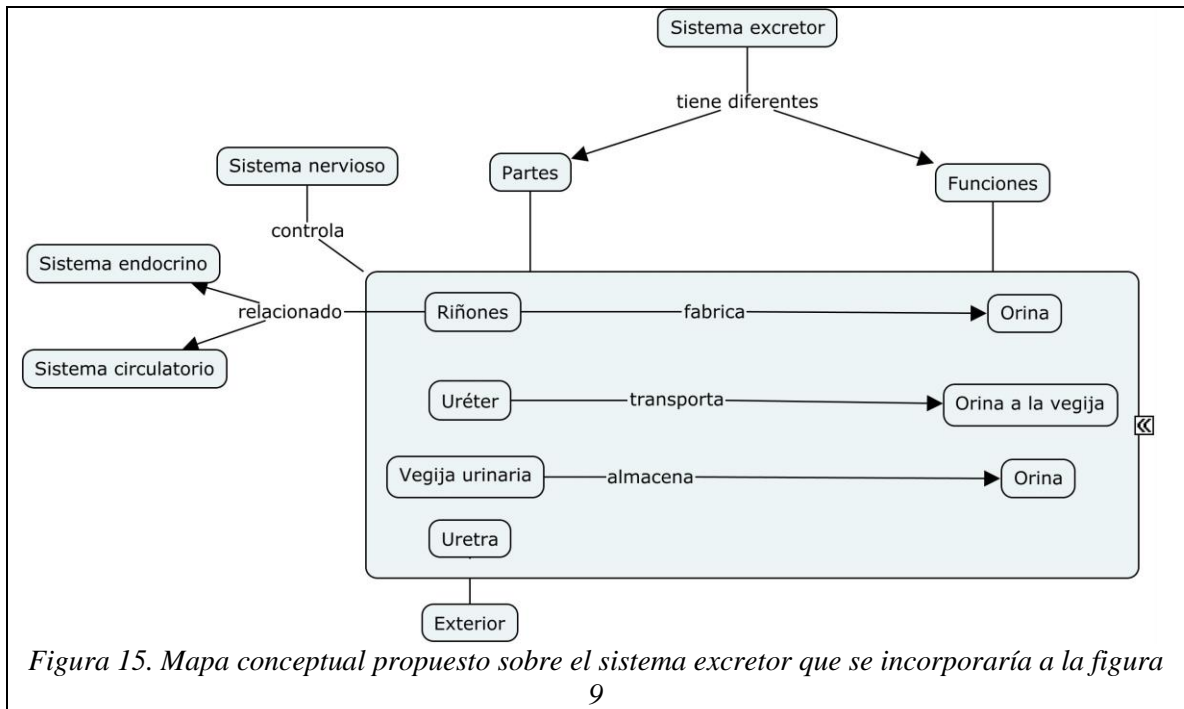
Anexo:

Debido a la falta de tiempo en las clases de magisterio, únicamente se trataron los sistemas de manera superficial, sin entrar en detalles de anatomía. En caso de tratarse de una clase real, donde el tiempo para cada sistema es mayor al que se tuvo a la hora de realizar este trabajo, con la herramienta CmapTools, dentro de cada burbuja de la figura 8 o 9 se habrían asociado los mapas conceptuales del sistema.









Bibliografía

- Aikenhead, G. (1994). What is STS teaching? In J. Solomon & G. Aikenhead (Eds.), *STS education: International perspectives on reform*. New York: Teachers College Press.
- Ausubel et al. (1983). *Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. 2º Ed. TRILLAS México
- Bennàssar Roig, A et al. (2014). Proposal of application of concept maps to a case of biology in context: performing a physical exercise. Universidad pública de Navarra.
- Bennett J. et al. (2006). *Bringing Science to Life: A Synthesis of the Research Evidence on the Effects of Context-Based and STS Approaches to Science Teaching*. Wiley Periodical, Inc.
- Elster, D. (2009). Biology in context: Teachers' professional development in learning communities. *Journal of Biological Education*. 43(2).
- González, F; Morón Ceriaco; Novak, Joseph D. (2001). *Errores conceptuales. Diagnósis, tratamiento y reflexiones*. Pamplona: Eunate.
- Hall, A et al. (2006). *Salter-Nuffield Advanced Biology*. Heineman
- Lewis, J (2006). Bringing the real world into the biology curriculum. *Journal of Biological Education*. 40(3).
- Martín Ortega, E. y Moreno Hernández, A. (2007), *Competencia para aprender a aprender*, Madrid, Alianza Editorial.
- Mª González García (2014). La vigencia de un inconformista intelectual. *Cuadernos de pedagogía* nº 448.
- Mª González García et al. (2013). Los modelos de conocimiento como agentes de aprendizaje significativo y de creación de conocimiento. *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, vol. 14, núm. 2, 2013
- Novak, Joseph D.; Gowin D. Bob (1984). *Learning how to learn*. Nueva York: Cambridge University Press.
- Novak, J. & Cañas, A. (2006). *The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct Them (Technical Report IHMC CmapTools 2006-01)*. Florida Institute for Human and Machine Cognition.
- Osborne J., Simon S. and Collins S. (2003). Attitudes towards science: a review of the literature and its implications. *NT. J. SCI. EDUC.*, 2003, VOL. 25, NO. 9, 1049–1079
- Osborne J et al. (2008). *Science Education in Europe: Critical Reflections*. Nuffield Foundation.

- Reiss, M. J. (2006). Teacher Education and the New Biology. Institute of Education, University of London , UK

Referencias

- Informe PISA 2003. Aprender para el mundo del mañana.
- Normativa Web Educatiu de les Illes Balears (WEIB).
- Bioterra Ciències de la naturalesa. Segon curs. Vicens Vives.
- Natura. Biología y geología. Tercer curso. Vicens Vives.