

Aportes del enfoque problémico en la enseñanza de la fisiología animal y la conceptualización científica

MONICA REINARTZ-ESTRADA.
Profesora asociada Universidad Nacional de Colombia. Medellín.

1. Introducción

La educación científica, entendida como un proceso dinámico de formación de individuos y colectividades en torno al conocimiento y el aprendizaje de conceptos y fenómenos abordados por los diversos tipos de ciencias, involucra en parte la comunicación de saberes y es influenciada por la época histórica en la cual se circunscribe, el área de conocimiento en la que se desarrolla y los avances del conocimiento científico que se comunican (Ranganchari, 2007). En ella aparecen interrogantes en cuanto a la transmisión de información, la asimilación del conocimiento por parte del estudiante y la pertinencia de los modelos tanto pedagógicos como didácticos, e igualmente sobre la transformación del conocimiento previo del estudiante en conocimiento científico, lo que se denomina el cambio conceptual.

Vale indicar que en el caso de las ciencias básicas biológicas, como la fisiología animal, entendida como la ciencia que estudia el funcionamiento de tejidos, órganos y sistemas y sus interrelaciones (García-Sacristán et al, 1995), ha habido algunos acercamientos en este sentido y en la búsqueda de alternativas de su enseñanza a nivel universitario (Sefton, 2001; Congreso Latinoamericano de Ciencias Fisiológicas, 2006; Cox, 2001; Congreso Nacional de Fisiología, 2010; Reinartz, 2007). En esta dirección, inicialmente Viau (1995) y McNeal y Mierson (1999), y luego Villar (2001), Sri Nageswari et al (2004) y Moni et al (2005) insisten en inducir el pensamiento crítico y profundizar en la enseñanza de la Fisiología la conceptualización científica, la cual se refiere al proceso a través del cual los estudiantes verifican, construyen y modifican conceptos científicos, trabajando en este caso desde un enfoque problémico centrado en el estudiante (Zhijie, 2003), favoreciendo las competencias del análisis y de la interpretación.

Con base en lo anteriormente expuesto, el objetivo de esta investigación ha sido proponer el enfoque problémico de la enseñanza de la fisiología animal con el fin de favorecer la conceptualización científica en los estudiantes.

Se trabajó en esta oportunidad con el concepto de termorregulación, debido a la importancia y aplicabilidad de este fenómeno en este campo del saber.

2. Marco teórico

La integración de tecnología y la aplicación de nuevos métodos derivados de las ciencias físicas, matemáticas e ingenieriles han promovido un cambio en las ciencias biológicas, llevando en las últimas dos décadas a la aparición de tres fenómenos: uno, la necesidad de preparar a los estudiantes para resolver

Revista Iberoamericana de Educación / Revista Ibero-americana de Educação

ISSN: 1681-5653

n.º 59/3 – 15/07/12

Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI-CAEU)

Organização dos Estados Ibero-americanos para a Educação, a Ciência e a Cultura (OEI-CAEU)



problemas de alta complejidad; otro, la incorporación de nuevos conceptos o la transformación de los ya existentes (Lavob et al, 2010), y finalmente, la pluridisciplinariedad como componente de la enseñanza y aprendizaje, comprendida como obstáculo epistemológico, por generar dificultades en la aprehensión del objeto de conocimiento (Foulley,1979). Algunos obstáculos de este tipo, de acuerdo a lo observado por Bachelard (1938), son la experiencia previa, el conocimiento general y el uso exagerado de situaciones comunes. Foulley (1979) contextualiza el tema en el terreno de la fisiología e indica que también pueden tomarse como obstáculos epistemológicos el sujeto, el sistema educativo, el conocimiento e inclusive la transposición didáctica. En el mismo ámbito de lo biológico, Guespin y Ripolle (2005), consideran la pluridisciplinariedad como un nuevo obstáculo epistemológico, entendida como el abordaje de un tema o problema a partir de varias disciplinas que interactúan; a su vez Noverraz (1996), sugiere que ella sea percibida como una alternativa educativa para ser aplicada en la apropiación y construcción de saberes y a la resolución de problemas científicos, ante lo cual la didáctica de las ciencias puede generar estrategias (Legendre, 2002).

Por su parte Gilly (1989) considera que una forma de superar el obstáculo epistemológico de la pluridisciplinariedad es conducir al estudiante a darse cuenta de la contradicción existente entre los conceptos previos y los nuevos, lo cual influye sobre el proceso de la conceptualización científica y el respectivo proceso de cambio conceptual.

Es este el preámbulo que ha hecho que desde los años 80 los investigadores de la enseñanza de las ciencias biológicas hayan concebido el aprendizaje y conceptualización de saberes científicos desde la perspectiva del Cambio Conceptual (CC), definido como un proceso de evolución entre las concepciones iniciales y las modificadas del estudiante (Lapoint, 2002); es la transformación que sufre el conocimiento común para llegar a ser científico, siendo el primero un lenguaje basado en la utilidad, ligado más a los hechos que a las relaciones entre ellos, y el segundo, el lenguaje científico, una serie de códigos elaborados que interrelacionan los conceptos para explicar un fenómeno. La solución del conflicto generado en dicho proceso y el tomar conciencia de las inconsistencias existentes entre ambos momentos de la conceptualización, es lo que hace que un individuo pueda construir un nuevo conocimiento (Legendre, 2002; Lapoint, 2002).

Para llegar al CC hay dos vías; la primera sugiere la ruptura con el saber inicial, reemplazando el concepto previo considerado un error; y la segunda, implica continuidad y construir algo nuevo a partir de lo que se sabe, favoreciendo su evolución, sin aniquilar el conocimiento previo (Legendre, 2002). Esta segunda vía es reafirmada por Giordan (2002), quien argumenta que todo saber es la prolongación de saberes ya adquiridos, los cuales sirven de cuestionamiento, referente y significado; igualmente Delgado (2002), indica que en esta evolución se mantienen elementos de los saberes previos a los cuales incorpora otros más recientes, con el fin de elaborar un concepto científico. Es por ello que esta investigación adoptará la segunda vía para aprovechar las concepciones previas como punto de partida del cambio conceptual. Para lograrlo, según Delgado (2002), se requieren las siguientes condiciones:

- Insatisfacción frente a la concepción de un fenómeno y sus inconsistencias.
- El nuevo concepto mejora la explicación y conceptualización del fenómeno.
- El concepto final explica las anomalías presentes en la anterior concepción.

Siguiendo la dirección constructivista indicada por Toussaint (2002), en vía opuesta a la realista defendida entre otros por Beguin (2009), se parte de que el conocimiento científico se construye en oposición a las concepciones comunes y las erróneas, las que según Astolfi (2001) pueden provenir de influencias externas que afectan la experiencia de vida de los individuos y hacen que el conocimiento previo se convierta en un obstáculo a superar.

En este sentido vale decir que algunos autores se oponen a esta visión constructivista, pluridisciplinar y problémica de la enseñanza de la ciencia contradiciendo sus beneficios, como son Albanese y Mitchel (1993), Vernon y Blake (1993), Berkson (1993), Colliver (2000) y Newman (2003), quienes a través de sus investigaciones en didáctica de la medicina no establecieron la superioridad de dicha perspectiva metodológica con respecto a las tradicionales.

Así, la presente investigación ha propuesto lo que la autora ha denominado el enfoque problémico de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, entendiéndose por ello el uso de un problema disciplinar o científico, como el que se presenta más adelante en la metodología, transversal a los temas impartidos en un curso, con el objetivo de integrar los conceptos previos que traen los estudiantes con los nuevos que van adquiriendo, facilitando el proceso de conceptualización científica, solucionando el problema desde una perspectiva interdisciplinar y construyendo nuevos saberes. Según Zhijie (2003), este tipo de alternativas didácticas desarrollan el pensamiento crítico y el conocimiento disciplinar en el proceso de aprendizaje de la fisiología.

3. Metodología

Este estudio de caso se llevó a cabo en el curso de Fisiología Animal del quinto semestre del programa curricular de Zootecnia de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, con el fin de proponer, aplicar y evaluar una estrategia didáctica de carácter teórico-práctico fundamentada en el enfoque problémico de la enseñanza de las ciencias.

Se seleccionó un grupo de 8 estudiantes de un total de 26, a través del cuestionario exploratorio sugerido por Calande et al (1990), el cual consiste en plantear una o varias preguntas abiertas sobre un tema para conocer la ubicación del estudiantes al respecto; en nuestro caso la pregunta fue ¿Qué es la termorregulación animal?

Los ocho estudiantes seleccionados al azar, resolvieron en forma de encuesta transversal, tres Pruebas de Niveles de Formulación (PNF) (Robitaille, 1997); la primera (PNF 1) se aplicó antes de comenzar las clases teóricas, la segunda (PNF 2) se hizo al finalizar la teoría, y la última (PNF 3) después de la práctica de campo. En ellas se formuló siempre la misma pregunta abierta, ¿Qué es la termorregulación?, con el fin de analizar la evolución del concepto y la integración de los saberes interdisciplinarios anteriores y recién adquiridos, en el proceso.

Los estudiantes recibieron tres clases teóricas de dos horas cada una, y una práctica de campo de todo el día en un centro agrario de la Universidad, sobre el tema de la termorregulación animal. Desde la primera clase se planteó el siguiente problema para ser analizado por los estudiantes a través del curso:

“Se tiene una finca ganadera en una zona a 800 metros sobre el nivel del mar con una temperatura promedio de 32 grados y 40% de humedad relativa. Está comenzando el verano. En la mañana la temperatura ambiental llega a 26 grados centígrados y al medio día puede subir a 36. Las lluvias son escasas, por lo cual el pasto ha comenzado a escasear.

El hato está conformado por varios lotes, entre ellos el de lactancia con el cual se trabajará. Son hembras F1 (Bos indicus x Bos Taurus) que están alimentando a sus crías, lo cual implica una pérdida de líquido para la madre y por ende afecta la lactancia. Las hembras aún se encuentran en buena condición corporal, pero las crías no alcanzan el peso promedio para su edad y comienzan a verse débiles. La alimentación de las madres consiste en pasto Dichanthum aristatum asociado con la leguminosa Arachis pintoi más agua. En las horas de más calor, buscan el sombrero de los árboles, se observa sudoración, los capilares de la superficie corporal se dilatan, algunas mucosas pierden humedad, orinan menos y la materia fecal es menos acuosa.

Se quiere saber, desde una perspectiva fisiológica y midiendo en dos momentos del día los parámetros fisiológicos indicados, como hacen las hembras y sus crías para termorregularse y mantener la homeostasis, y si puede definirse algún nivel de estrés fisiológico. De ser así, sugiera por favor una solución a esta situación”.

Los estudiantes analizaron el problema, desde el comienzo del curso y en la práctica de campo realizada, en una granja ganadera, midieron en dos momentos y temperaturas ambientales diferentes los parámetros fisiológicos de temperatura corporal, frecuencias cardíaca, respiratoria y ruminal, pH y densidad de la orina. Igualmente analizaron, interpretaron y discutieron los resultados con su equipo de trabajo; finalmente propusieron y argumentaron la solución al problema.

Para el análisis cualitativo de los datos de las PNF y con el fin de describir el proceso de Cambio Conceptual respecto al fenómeno de la termorregulación, con base en lo sugerido por Legendre (2002) y por Liu y Ebenezer (2002), se establecieron dos categorías descriptivas; categoría A, en la que se define el concepto de termorregulación; en ella se analizó qué tan completa y acertada fue la definición ofrecida por los estudiantes. Categoría B, en la que se analizaron los elementos con los cuales el alumno explica el fenómeno. Cada categoría tuvo una subcategoría; en la A, la subcategoría de la estructura A1, referente la calidad de términos teóricos utilizados en la definición; en la B, la subcategoría de la pluridisciplinariedad B1, en la que se analiza el uso de conceptos de otras ciencias para explicar el fenómeno fisiológico. Luego se observó la relación entre ellas y se definió la influencia de los componentes práctico y teórico sobre el cambio conceptual de los estudiantes.

La información obtenida mediante las encuestas fue procesada en el programa QDA Miner (**Q**ualitative **D**ata **A**nalysis), el cual tiene un componente de análisis de la información de documentos escritos (QDA Miner, 2009), que en este caso fueron las encuestas elaboradas por cada estudiante. El texto de cada una de ellas fue incluido en el programa y luego se procedió a codificarlo de acuerdo a las categorías (A, B), subcategorías (A1, B1) y las variables analizadas (PNF, nivel y concepto), enunciadas anteriormente. Mediante el vínculo de análisis de datos de QDA Miner se accede a la opción de analizar estadísticamente la información. Los porcentajes determinados por el este programa corresponden al porcentaje de aparición de códigos relacionados con las variables con respecto al número total de códigos asignados a cada texto.

4. Resultados y discusión

A continuación se presentan las definiciones de los estudiantes respecto al concepto de termorregulación en los tres momentos del proceso.

Tabla 1.
Cambio conceptual del fenómeno de *termorregulación animal*.

Estudiante	PNF	Definición de <i>Termorregulación</i>
1	1	Los esfuerzos que realiza un animal para encontrar el confort térmico
	2	Regulación fisiológica de la temperatura corporal del animal, influenciado por varios sistemas del organismo
	3	La capacidad que tiene un organismo vivo para controlar la temperatura interna con respecto a la del medio ambiente, como una reacción al cambio de temperatura. Ésta puede variar por efectos endocrinos (ADH, T3 y T4) y puede influir sobre las frecuencias respiratoria y cardiaca, así como en el pH, la concentración de la orina y el calor metabólico. Cada especie tiene su promedio de temperatura. Esta varía según la edad y estado fisiológico del animal. En la práctica vimos que el animal adulto se adaptaba más rápido al calor que la cría, la cual siempre estaba a la sombra de la madre. La lactancia permite el ingreso de líquido al cuerpo de la cría, pero al mismo tiempo es una pérdida de líquido de la madre. Es decir que hay cambios en el equilibrio hídrico para adaptarse a los cambios drásticos de temperatura. La piel del animal se calienta. Suda.
2-6	1	Regulación del calor del cuerpo
	2	Capacidad del organismo para regular la temperatura corporal por mecanismos fisiológicos y metabólicos. Ayudan las hormonas ADH, T3, T4.
	3	Mecanismo por el cual el animal llega a un equilibrio térmico entre el medio ambiente interno y el externo, ajustando sus variables fisiológicas como la frecuencia respiratoria y la cardiaca. Estas aumentan cuando sube la temperatura ambiental por encima de la zona termoneutral del animal. Cambia la concentración de la orina: aumenta en el caso de aumento de la temperatura ambiental, ya que el cuerpo retiene agua. Actúa la ADH (Hormona antidiurética), la T3 (Triyodotironina) y la T4 (Tiroxina). El pH de la orina cambia, porque se retiene agua y se liberan solutos. También puede cambiar el comportamiento alimenticio del animal, come menos en las horas más calientes, o no come. La materia fecal es más caliente y seca, es decir por ella se libera calor. El cuerpo busca retener agua del alimento
3	1	. Es el proceso propio de las especies animales con el que se busca mantener el equilibrio dados los cambios de temperatura.
	2	. Búsqueda del equilibrio térmico del animal entre el ambiente externo y el interno, regulado por factores endocrinos y metabólicos. Ayuda a la homeostasis. Se relaciona con el equilibrio hídrico y con la especie animal.
	3	Es el mecanismo por el que el animal y cada especie regula su temperatura corporal, logrando un equilibrio entre medio ambiente externo e interno. Como consecuencia, en el caso de la finca en clima caliente, varían los parámetros fisiológicos de las frecuencias cardiaca, respiratoria y ruminal, baja el pH urinario (se liberan H+ para reducir la acidosis metabólica, que indica que hay un estrés fisiológico), influye sobre el equilibrio ácido-base, aumenta la concentración urinaria por acción de la ADH, y la aumenta la temperatura en 0.5 grados centígrados con respecto al promedio de la especie. El aire que exhala el animal es caliente.
4	1	Es la capacidad del animal de adquirir su temperatura óptima.
	2	Serie de mecanismos fisiológicos y metabólicos que usa el animal para mantener estable su temperatura corporal. Recurre a varios sistemas, especialmente el endocrino, el respiratorio y el renal. Se relaciona con el equilibrio hídrico.
	3	Capacidad del animal de alcanzar un equilibrio entre la temperatura interna y la del medio ambiente. Para ello recurre a alterar sus variables fisiológicas como las frecuencias respiratorias y cardiaca, la temperatura corporal. En clima muy cálido el animal puede salir de su zona de termoneutralidad, su temperatura rectal aumenta, la orina se concentra y disminuye su volumen en cada micción. El animal se queda quieto para no aumentar su temperatura. Las crías respiran más rápidamente que las madres y sus mucosas oral y nasal se secan más rápido.
5	1	Tiene que ver con la temperatura del animal.
	2	Rango de temperatura interna que un organismo debe mantener constante para que no se alteren sus sistemas fisiológicos y se conserve la homeostasis. Es regulada por hormonas. Se relaciona con la sed.
	3	Adaptación del organismo a la variación de la temperatura externa para mantener sus parámetros fisiológicos en equilibrio u homeostasis. Incluye regulación de pH y equilibrio hídrico del animal, así como la acción de las hormonas ADH, T3 y T4, que se encargan de regular la retención de agua (la primera) y la temperatura del cuerpo (las otras dos). En la práctica observé que los animales buscan la sombra y se quedan más quietos, buscando favorecer la conducción del calor hacia el exterior del cuerpo, ceder calor al aire que rodea al animal y tratando de reducir la generación de energía metabólica. El animal orina menos en las horas de mayor calor y su orina aumenta la concentración de solutos, pues el cuerpo retiene agua. La temperatura de la orina y de la materia fecal aumenta. Los animales comen menos pasto en las horas más calientes.
6	1	Ajustes fisiológicos que realiza el cuerpo en relación a su temperatura para conservar el equilibrio.
	2	Estrategias de adaptación del animal para mantener su temperatura corporal dentro del rango normal de él mismo y de su especie. El proceso de termorregulación influye sobre el comportamiento y el metabolismo del animal,

	3	.Capacidad de realizar ajustes fisiológicos que permitan conservar la temperatura corporal en un rango adecuado, aunque la temperatura del medio varíe. Implica gasto energético y estrés fisiológico. Las reacciones químicas y metabólicas del cuerpo pueden verse afectadas y hacen cambiar el pH. Las Hormona ADH regula la retención de agua en el cuerpo para que el animal no se deshidrate por el calor y pueda seguir alimentando a su cría. La raza del animal debe influir. Creo que los Cebú se adaptan mejor que las Holstein. Los cruces muestran buena adaptación.
7	1	Cambios bioquímicos y hormonales que se dan en el individuo para recuperar la homeostasis.
	2	Mecanismos fisiológicos mediante los cuales el animal regula su temperatura corporal.
	3	Mecanismos fisiológicos con los que el individuo regula su temperatura corporal y la mantiene en un rango óptimo así no se encuentre en una zona termoneutral. Afecta la calidad de la orina, su pH y las frecuencias cardíaca y respiratoria. El animal se comporta diferente. La orina es más concentrada, posiblemente la ADH está funcionando. La orina huele más fuerte.
8	1	Mecanismo por el cual el animal que entra en estrés térmico recupera la homeostasia.
	2	Mecanismos por los cuales el animal vuelve o mantiene la homeostasis. Se activan en caso de calor o frío. No recuerdo bien como lo hace.
	3	Procesos fisiológicos, metabólicos y bioquímicos por los cuales el animal mantiene su temperatura corporal y su homeostasis ante una situación de estrés térmico. Se da en frío o en calor. En calor el animal orina menos, su orina cambia de pH y es más concentrada y caliente, porque la ADH retiene agua en el cuerpo. Huele más fuerte por estar más concentrada. Las frecuencias respiratoria y cardíaca aumentan y las mucosas se secan porque el animal intenta retener líquido a como dé lugar. Especialmente las madres que están lactando a sus crías. Los animales buscan la sombra y se mueven menos en las horas de mayor calor.

5. Categorías

A. Definición

Con base en los resultados de la PNF 1, se puede indicar que siempre llegaron con un concepto previo sobre la termorregulación animal, que no siempre fue completo ni preciso, pero fue tomado como el punto de partida para ver cómo evolucionaba el mismo a través del presente estudio, de acuerdo a lo propuesto por Legendre (2002), Delgado (2002) y Guespin (2005). En la PNF 2, en todos los integrantes de la muestra, se observa la inclusión de algunos conceptos teóricos, aún un poco generales y sin ninguna referencia al problema planteado en el curso;

a pesar de no ser un proceso inmediato, se puede afirmar que las clases teóricas, a través de la utilización de artículos y videos sobre el tema, y la discusión del problema por equipos, ha tenido un efecto positivo sobre el concepto inicial del estudiante; ya hay CC, sin decir aún que se haya llegado a un concepto científico.

Pareciera ser que los conceptos teóricos no se integran inmediatamente, sin embargo, al final la PNF 3 muestra en cada caso una definición más completa y compleja, con conceptos teóricos más sólidos tanto de fisiología como de otras ciencias, haciendo referencia al problema indicado y trayendo de la práctica de campo datos u observaciones respecto al proceso de regulación de temperatura. Se observa un nivel de análisis, comparación e interpretación de resultados, y en todos los casos hay una evolución y homogenización de las definiciones de todos los estudiantes, la definición se torna científica y el cambio conceptual es notorio.

A.1. Subcategoría: estructura de las respuestas.

En lo que respecta a la calidad de los términos utilizados en la definición, en la PNF 1 se utiliza un vocabulario menos científico. Hay la tendencia al uso del lenguaje común y es corriente el uso de palabras como: capacidad, calor en lugar de temperatura, equilibrio en vez de homeostasis, proceso y no mecanismo

fisiológico. En ningún caso se hizo referencia a los sistemas orgánicos que se involucran en el fenómeno de la termorregulación.

Algo cambia en la PNF 2; se comienzan a incluir los términos de homeostasis, mecanismos fisiológicos, temperatura corporal, relación medio ambiente interno–externo, regulación de temperatura. Las clases teóricas han aportado elementos y los estudiantes los han empleado aplicándolos a la definición del concepto de termorregulación. Aún parecen ser términos sin conexión, pero han sido usados adecuadamente. Se observa criterio al integrarlos a la definición.

Se atribuye al componente práctico de la PNF 3, el hecho de lograr una mayor relación de conceptos científicos y más atención a la función de algunos sistemas orgánicos como sistema respiratorio y endocrino. También es interesante la referencia que se hace a variables fisiológicas como temperatura corporal, frecuencias respiratoria, cardíaca y ruminal, y pH urinario; además se observa que el 100% de los estudiantes incluyeron dentro de su definición el concepto de pH, ya sea como tal o asociado al pH de la orina y al equilibrio ácido-base del cuerpo.

Así mismo, cobran interés los fenómenos de equilibrio hídrico y ácido-base y se precisan los nombres de algunas hormonas como ADH, T3 y T4 (estudiantes 1, 2, 3, 5, 6, 7 y 8; el 87,5 % de la muestra). Algunos hicieron referencia a las sensaciones generadas en ellos. Estudiante 1: “La piel del animal se calienta”; estudiante 3: “el aire que exhala el animal es caliente”; estudiantes 7 y 8: “La orina huele más fuerte”. Es decir, entra en escena el componente sensorial del que observa y lo utiliza como herramienta para definir un fenómeno, lo cual es válido. En el caso del estudiante 6 aporta términos de asignaturas posteriores a la fisiología animal (V semestre) para completar la definición (no para explicarla), como lo es el mejoramiento genético: “Creo que los Cebú se adaptan mejor que los Holstein. Los cruces muestran buena adaptación”.

B. Explicación

Para llegar a la explicación de un fenómeno es importante partir de buenas bases teóricas. A nivel de la PNF 1 ningún estudiante se arriesgó a pasar de la definición a la explicación; no hay un cuestionamiento ni siquiera básico en lo que respecta a cómo explicar el fenómeno fisiológico descrito por ellos. Hay algunos intentos de explicación desde lo teórico en la PNF 2, particularmente en los estudiantes 3, 5 y 6. Sin embargo, a pesar de incluir adecuados términos teóricos de varias ciencias, no siempre los usan para explicar el fenómeno. Finalmente en la PNF 3 todos los estudiantes profundizan, redefinen y complementan los conceptos teóricos con los prácticos, y al mismo tiempo, se evidencia el esfuerzo por explicar lo visto en campo con la teoría que ya habían adquirido. Se observa en las respuestas y también directamente en el trabajo de campo, que el estar frente a los animales y llevando a cabo el trabajo de medición y recolección de datos, los estudiantes toman conciencia de que el animal no es un objeto aislado y lo relacionan con el medio ambiente externo y establecen relaciones entre los sistemas orgánicos del animal y los fenómenos que están observando, en este caso específico, el de termorregulación.

Igualmente asumen una posición crítica y analítica frente al problema y el intento por resolverlo hace que comiencen a formularse preguntas, recurrir a lo teórico, discutir entre ellos, formular hipótesis; dándole una magnitud real al problema, el

cual cobra importancia dentro de la comprensión de los mecanismos fisiológicos de termorregulación, reafirmando lo expresado por Guanche (2005).

B1. Subcategoría 1: pluridisciplinariedad.

Al momento de incluir la explicación del fenómeno de la termorregulación, especialmente en la PNF 3, los estudiantes recurren principalmente a la bioquímica y el metabolismo enunciando conceptos como los de pH, ácido, base, concentración, solutos y calor metabólico. Esto no se observa en la PNF 1 ni en la PNF 2, donde solo los estudiantes 2 y 6 se refieren al metabolismo en la definición. Ya en la PNF 3 interrelacionan los fenómenos fisiológicos, metabólicos y bioquímicos, con aspectos comportamentales como buscar la sombra y lactar. Este hecho de incorporar referencias de otras ciencias en la definición de un concepto fisiológico, permite considerar que los estudiantes alcanzan a percibir que se trata de un fenómeno multifactorial, abordable desde múltiples perspectivas, lo que lo hace pluridisciplinar y a su vez implica un grado de dificultad al tratar de integrarlos en su explicación. Es un obstáculo epistemológico a superar cuando se enfrentan a un problema científico (Foulley, 1979).

Para el caso que nos convoca se definieron los porcentajes de las diversas ciencias a las cuales recurrieron los estudiantes para explicar el fenómeno de termorregulación animal; en la siguiente tabla se observan los porcentajes de las disciplinas implicadas en la definición de termorregulación.

Tabla 2.
Ciencias involucradas en la definición del fenómeno de termorregulación animal y en la solución del problema enunciado.

Ciencias	Porcentaje
Biología	6.6
Química	11.4
Metabolismo	9.3
Fisiología	70
Física	0.6
Anatomía	0.6
Suelos	0.0
Pastos	0.4
Otros	1.7

Igualmente se procedió para establecer la magnitud del Cambio Conceptual, para lo cual se otorgaron cuatro niveles (3, 2, 1, 0; siendo 3 el mayor cambio conceptual observado y 0 el menor), y ello se observó en los distintos niveles de la prueba (PNF 1, 2 y 3), lo cual se registra en la tabla 3. A partir de ella se puede indicar que en el nivel de formulación 3 se obtuvo el máximo cambio conceptual (3), lo cual se explica porque en ese momento los estudiantes contaban con los componentes teórico y práctico del curso y ya habían analizado y dado solución al problema propuesto. Además es de observar la diferencia señalada entre el nivel 2 (sólo teoría) y el 3 (teoría y práctica), la cual es el resultado de la integración de los conceptos teóricos pluridisciplinarios aplicados y reforzados en la práctica que tuvieron los estudiantes directamente con los animales, realizando mediciones, evaluando los resultados y completando el análisis del problema enunciado desde el principio del curso. Se hace notoria la desaparición, hacia el último nivel, del Cambio Conceptual 0, lo cual indica que en todos los casos hubo evolución en los grados de conceptualización científica, predominando el nivel mayor de Cambio Conceptual (50 %) en la PNF 3.

Tabla 3.
Nivel de Cambio Conceptual por nivel (%).

Nivel de Cambio Conceptual	PNF 1	PNF 2	PNF3
3	0	40	50
2	0	30	35
1	0	15	15
0	100	15	0

6. Conclusión

La aplicación del enfoque problémico en la enseñanza de la Fisiología Animal ha favorecido en este caso la conceptualización científica, ha promovido el cambio conceptual, la superación de la pluridisciplinariedad como obstáculo epistemológico y su transformación en elemento de análisis e interpretación del fenómeno de la termorregulación animal, gracias al efecto conector entre teoría y práctica del problema científico analizado por los estudiantes a través del curso.

Agradecimientos: Sinceros agradecimientos a los estudiantes del curso de Fisiología Animal II del semestre I del 2010 del programa curricular de Zootecnia, a la profesora Silvia Posada y al personal del centro agrario Cotové de la Universidad Nacional de Colombia (sede Medellín) por su valiosa colaboración.

Referencias bibliográficas

- ALBANESE, M., & MITCHELL, S. (1993). Problem-based learning: A review of literature on its outcomes and implementation issues. *Acad. Med.*, 68, 52-81.
- ASTOLFI, J.P. 2001. Enseigner les sciences comme (à) des géants. *En : Regards multiples sur l'enseignement des sciences*. Ed. Multimondes. Canada.
- BACHELARD, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris, Librairie philosophique.
- BERKSON, L. (1993). Problem-based learning: Have the expectations been met? En P.A.J. Bouhuijs., H.G. Schmidt. & Van Berkel, H.J.M. (dir.), *Problem-Based Learning as an Educational Strategy*. (p. 43-65). Maastricht: Network Publications.
- BEGUIN, R. (2009). *Science et l'enseignement des sciences – Un plaidoyer*. Québec: Liber.
- CALANDE, G., & De Bueger-van der Borghot, C. (1990). *Plaisirs des sciences. Didactique des sciences et autonomie dans l'apprentissage*. Belgique: Éditions universitaires-de Boeck.
- COLLIVER, J. (2000). *Effectiveness of Problem-based learning curricula: Research and theory*. *Academic Medicine*. 75, 259-266.
- CONGRESO INTERNACIONAL XXII DE CIENCIAS FISIOLÓGICAS. 2006. Buenos Aires. Argentina.
- CONGRESO NACIONAL DE FISIOLÓGIA. 2010. Bogotá.
- COX, J. 2001. Veterinary education and PBL. *The Veterinary Journal*. 162:84-86.
- DE FARIA CAMPOS, E. 2006. *Ingeniería Didáctica*. Cuadernos de investigación y formación en educación matemática. Año 1, no. 2.
- DELGADO, C. 2002. Le changement des conceptions dans la formation des enseignants: modélisation d'un processus. *En: Didactique des disciplines scientifiques et technologiques: Concepts et méthodes*. Les dossiers de sciences de l'éducation. No.8 PUM. Toulouse.

- FAVRE, M. 1996. Aprendizajes motores y perspectiva transdisciplinar. *En Clin d'oeil a l'interdisciplinariete de Jean-Claude Noverraz*. CVPR-Centre Vaudois de Recherches Pedagogiques. Fr.
- FOULLEY, M. *L'obstacle épistémologique en physiologie*. 1979. CNRS, Centre de documentation Sc. Humaines. Cahiers d'histoire et de philosophie des sciences No 1.
- GARCÍA-SACRISTÁN, J. 1995. *Fisiología veterinaria*. Ed. Interamericana. España.
- GILLY, M. 1989. Remarque et réflexions a propos de didactique et de conflit sociocognitif. *En N. Bednarz et C. Garnier, Construction des savoirs obstacles*.
- GIORDAN, A. 2002. Après Piaget que peut-on dire sur le changement conceptuel? *En: Changement conceptuel et apprentissage des sciences*. Recherches et pratiques. De Toussaint, R. 2002. Les éditions logiques. Québec. Canada.
- GIULIODORI, M., Lujan, H & Di Carlo, S. 2009. Student interaction characteristics during collaborative groupe testing. *Adv. Physiol. Educ.* 33:24-29.
- GOODMAN, B., et al. 2007. Scientific principles of education research: experimental biology. *Advanced Physiology Education*. 31:374-376.
- GUANCHE, A. 2005. La enseñanza problémica de las ciencias naturales. *Revista Iberoamericana de Educación*.
- GUESPIN, J., & Ripolle, C. 2005. Systèmes dynamiques non linéaires, une approche de la complexité et de l'émergence. *En Emergence, complexité et dialectique*. De Lucien Sève. Ed Odile Jacob. Paris.
- HANSEN, P. 2001. Workshop on teaching Physiology. *Advanced Physiology Education*, 25:62-63.
- HUIZEN, D., Boekaerts, M., & Vedder, P. 2007. Exploring the links between student's engagement, cooperative learning, their goal preferences and appraisals of institutional conditions in classroom. Leiden University. Holland. *Learning and Instruction* 17:673-687.
- LAPOINT, Y. 2002. Changement conceptuel : exemple d'utilisation d'une stratégie de modélisation pour l'apprentissage du concept d'interaction. *En: Changement conceptuel et apprentissage des sciences*. De Toussaint, R. 2002. Les éditions logiques. Québec.
- LAVOB, J.B., Reid, A., & Yamamoto, K. 2010. Integrated biology and undergraduate science education. A new biology education for the twenty-first century? *CBE eficiencia Educ* 9:10-16.
- LEGENDRE, M.F. 2002. Le rôle du raisonnement qualitatif dans le processus de changement conceptuel et ses implications pour l'enseignement et la formation des enseignants. *En: Changement conceptuel et l'apprentissage des sciences*. Recherches et pratiques. Toussaint, R. 2002. Les éditions logiques. Québec, Canada.
- LIU, X., & EBENEZER, J. 2002. Catégories descriptives et caractéristiques structurales des conceptions d'élèves: une exploration des relations. *En: Changement conceptuel et apprentissage des sciences*. Recherches et pratiques. Toussaint, R. 2002. Les éditions logiques. Québec. Canada.
- MCNEAL, A., & Mierson, S. 1999. *Teaching critical thinking skills in physiology*. experimental biology congress. Washington.
- MONI, R., BESWICK, E., & MONI, K. 2005. Using student feedback to construct an assessment rubric for a concept map in physiology. *Advanced Physiology Education*. 29:193-203.
- NEWMAN, M. (2003). *Campbell Collaboration Systematic Review Group on the Effectiveness of Problem-based Learning. A Pilot Systematic Review and Meta-Analysis on the Effectiveness of Problem-Based Learning*. Newcastle upon Tyne (UK): University of Newcastle upon Tyne.
- NOVERRAZ, J-C. 1996. *Clin d'œil à l'interdisciplinarité*. CVRP- Centre Vaudois de Recherche Pédagogique. Fr.
- QDA Miner. 2009. *Análisis cualitativo de datos*. Provalis research. México.
- RANGANCHARI, P. 2007. Back to the future? Active learning of medical physiology in the 1900s. *Advanced physiology education*, 31:283-287.
- REINARTZ, M. 2007. *La creatividad: elemento integrador de la teoría y la práctica en la enseñanza de la fisiología animal*. Ed. Universidad Nacional de Colombia. Medellín.
- ROBITAILLE, J-M. 1997. Étude exploratoire des conceptions de la circulation sanguine auprès d'élèves de l'ordre collégial Thèse doctoral. Université de Montréal, Québec.
- SEFTON, A. (2001). International workshop: modern approaches to teaching and learning physiology. *Physiology Education*. 25:64-71.

- SRI NAGESWARI, K., MALHOTRA, A., KAPOOR, N., & KAUR, G. 2004. Pedagogical effectiveness of innovative teaching methods initiated at the department of physiology. *Advan. Physiol. Educ.* 28:51-58.
- TOUSSAINT, R. (2002). *Changement conceptuel et l'apprentissage des sciences. Recherches et pratiques.* Québec. Les éditions logiques.
- VERNON, D.T., & BLAKE, R.L. (1993). Does problem-based learning work? A meta-analysis of evaluative research. *Academic Medicine*, 68(7), 550-563.
- VIAU, P ; (1995). *Une approche didactique des concepts de diffusion et d'osmose pour l'enseignement secondaire.* Université de Montréal.
- VILLAR, M., & ARELLANO, P. 2001. *Nuevo enfoque de la enseñanza de la fisiología para una carrera de ingeniería biomédica.* Memorias II Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica. La Habana, Cuba.
- WEST, J. 2002. Thoughts on teaching physiology to medical students in 2002. *The Physiologist*:Vol. 45, No. 5. p389. Department of Medicine.UCLA. San Diego. USA.
- ZHUJIE, Y. 2003. Implementation of teaching strategies in a medical physiology curriculum: a shift to student-centered learning. *The China papers.* Department of physiology.School of medicine. University Xi'an Jiao Tong. China.