

Universidad de Montreal

“Aportes del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en la enseñanza de la  
Fisiología Animal en un programa de Zootecnia”

Mónica Reinartz-Estrada

REIM 22586604

Departamento de Didáctica  
Facultad de Ciencias de la Educación

Agosto 2012

“Aportes del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en la Enseñanza de la  
Fisiología Animal en un Programa de Zootecnia”

Mónica Reinartz-Estrada  
REIM 22506604

Director  
Profesor Marcel Thouin

Codirector  
Profesor Michel Laurier

Presentado al jurado evaluador compuesto por los profesores

Dr. Marcel Thouin- Director  
Dr. Michel Laurier- Codirector  
Dra. Milagros Chávez  
Dr. Francisco Loyola  
Dr. Jesús Vázquez-Abad

Universidad de Montreal  
Facultad de Ciencias de La Educación  
Agosto 2012

## **Dedicatoria**

**A mis amados Juanita, Isaac, Raquel, Nicolás, María y Amalia, mis maestros; a Raquel por su coraje y tenacidad.**

## **Agradecimientos**

Agradezco a mi tutor de investigación, Profesor Marcel Thouin, por su acompañamiento y responsable dedicación en la asesoría durante mi doctorado; igualmente al Profesor Michel Laurier en su papel de codirector.

Manifiesto mis sentimientos de gratitud y respeto, a todos los estudiantes del curso de Fisiología Animal II de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, con quienes tuve el honor de trabajar y me ofrecieron su confianza para realizar esta investigación.

Gracias a las directivas, profesores, compañeros y personal administrativo de la Universidad de Montreal, en la que llevé a cabo esta importante etapa de mi vida académica.

Muchas gracias a Simon Collin por su asesoría sobre el programa QDA miner, y a Jean Francois Durmin por su ayuda en lo relacionado con la documentación.

A Nicole Gaboury, por su eficiente gestión administrativa en el departamento de didáctica de la Facultad de Ciencias de Educación de la Universidad de Montreal.

Muy agradecida me siento con la invitación de las profesoras Sylvie Laliberté y Cathy Vailancourt de la Universidad de Quebec en Montreal (UQAM), a conocer directamente las aplicación del método ABP en su programa curricular de Biología y particularmente en la asignatura de Fisiología Animal.

A los colegas del Departamento de Producción Animal y de la Universidad Nacional de Colombia que apoyaron esta iniciativa diferente. A los que no la apoyaron, también.

Mi especial sentimiento de gratitud, amor y reconocimiento a mi familia y amigos.

## RESUMEN

Partiendo de algunas dificultades observadas en torno a los aspectos de la conceptualización técnico-científica y de la integración de la teoría y la práctica en el aprendizaje de la fisiología animal en los estudiantes del programa curricular de Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, la presente investigación propone una estrategia didáctica de enfoque problémico fundamentado en el método del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), aplicado específicamente en los temas de termorregulación y estrés fisiológico de los animales domésticos.

En este estudio de caso se trabajó con una muestra de ocho estudiantes, a quienes se les presentó desde la primera sesión un problema didáctico para ser resuelto a través del curso. Con el fin de evaluar el proceso se llevaron a cabo tres encuestas denominadas Pruebas de nivel de formulación (NF) realizadas en distintos momentos del ensayo: una antes de comenzar con el tema (NF 1), otra después de las clases tres teóricas impartidas y antes de ir a la práctica de campo (NF 2), y otra después al final de todo el proceso (NF 3). Finalmente se realizaron entrevistas individuales a cada estudiante con el fin de conocer la percepción de los estudiantes con respecto al método.

La información obtenida se sometió a un análisis cualitativo y por correspondencias, por medio del programa QDA Miner a través de la revisión y codificación de los textos provenientes de las encuestas y la entrevista individual, complementadas a su vez con la observación de campo, analizando el cambio conceptual, la relación teoría-práctica y las correspondencias entre las variables y categorías establecidas.

Entre los principales resultados obtenidos cabe destacar que tras la aplicación del ABP en este curso de Fisiología Animal se favoreció el cambio conceptual y el problema formulado sirvió como conector entre la teoría y la práctica. Además, se observó la fusión de los conocimientos previos con los recién adquiridos, aprendizaje significativo, mejoramiento del nivel de formulación e incremento de la científicidad de las definiciones; igualmente indujo la solución de problemas y la superación de obstáculos epistemológicos como la pluridisciplinariedad y la no-linearidad.

Queda como recomendación el evaluar este método en otros temas de la Fisiología Animal, en otras ciencias, en muestras de mayor tamaño, así como abordar el tema de la evaluación aplicada directamente a este método.

*Palabras clave: Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), cambio conceptual, integración teoría-práctica, aprendizaje significativo, Fisiología Animal, termorregulación y estrés fisiológico.*

## RÉSUMÉ

En partant de quelques difficultés observées autour des aspects de la conceptualisation technoscientifique et de l'intégration de la de la théorie et la pratique dans l'apprentissage de la physiologie animale chez les étudiants du programme de Zootechnie de l'Université Nationale de Colombie, siège Medellín, cette recherche propose une stratégie didactique s'appuyant sur la méthode de l'Apprentissage Basé sur les Problèmes (ABP), appliquée spécifiquement aux sujets de thermorégulation et stress physiologique des animaux domestiques.

Dans cette étude de cas on a travaillé avec un échantillon de huit étudiants à qui on a présenté dès la première session un problème didactique pour être résolu à travers le cours. Afin d'évaluer le processus on a réalisé trois enquêtes nommées Épreuves de Niveau de Formulation (NF) réalisées à différents moments de l'essai : l'une avant de commencer avec le sujet (NF 1), l'autre après la troisième classe théorique donnée et avant de faire la pratique sur le terrain (NF 2), et l'autre à la fin du processus (NF 3). Finalement on a réalisé des entretiens individuels avec chaque étudiant afin de connaître sa perception concernant la méthode.

L'information obtenue a été soumise à une analyse qualitative et par des correspondances, par le biais du programme QDA Miner à travers de la révision et codification des textes provenant des enquêtes et de l'entretien individuel, complétés à leur tour par des observations sur le terrain, en analysant le changement conceptuel, la relation théorie-pratique et les correspondances entre les variables et les catégories établies.

Parmi les principaux résultats obtenus on souligne le fait qu'après avoir appliqué l'ABP dans ce cours de Physiologie Animale le changement conceptuel a été favorisé et le problème formulé a servi comme connecteur entre la théorie et la pratique. En outre, on a observé la fusion des connaissances préalables avec les nouveaux acquis, l'apprentissage significatif, l'amélioration du niveau de formulation et l'augmentation de la scientificité des définitions; également il a mené à la solution

de problèmes et à surmonter les obstacles épistémologiques comme la pluridisciplinarité et la non-linéarité.

Il reste comme recommandation celle d'évaluer cette méthode dans d'autres sujets de la Physiologie Animale, dans d'autres sciences, dans des échantillons d'une taille majeure, ainsi comme approcher le sujet de l'évaluation appliquée directement à cette méthode.

*Mots clés: Apprentissage Basé sur les Problèmes (ABP), changement conceptuel, intégration théorie-pratique, apprentissage significatif, Physiologie Animale, thermorégulation et stress physiologique.*



## **SUMMARY**

Based on difficulties observed on the subject of technical-scientific conceptualization and the integration of theory and practice in learning animal physiology for students in the Animal Science program at the National University of Colombia in Medellin, this research paper proposes a problem-based learning strategy founded on the method of Problem Based Learning (PBL), applied specifically to the issues of thermoregulation and physiological stress in domestic animals.

In this case study, a sample size of eight students was presented with a pedagogical problem during the first session that would then be solved during the course. In order to evaluate the process, three surveys were conducted called Level Test Formulations (NF) performed at different times of the trial: one before beginning the topic (NF 1), one after three theoretical classes had been given and before beginning the fieldwork (NF 2), and another one after the end of the process (NF 3). Finally, individual interviews were conducted with each student to know the students' perceptions regarding the method.

The information obtained was subjected to a qualitative analysis and categorization, using the QDA Miner program which reviewed and coded texts from the surveys and individual interviews, supplemented in turn, by field observation, analyzing the conceptual change, the theory-practice relationship and the correlation between the variables and categories established.

Among the main results obtained, it should be noted that following the implementation of PBL in this Animal Physiology course, support for conceptual change was demonstrated and the formulated problem served as a connector between theory and practice. Moreover, there was a fusion of prior knowledge with newly acquired knowledge, meaningful learning, improvement in the level of conceptualization and an increase in the scientificness of definitions; it also led to problem-solving and overcoming epistemological obstacles such as multidisciplinary and nonlinearity.

As a result of this research, it is recommended that this method be evaluated in other topics related to Animal Physiology, in other sciences, in larger sample sizes, as well as to address the issue of evaluation applied directly to this method.

*Key words: Problem Based Learning (PBL), conceptual change, integration of theory and practice, significant learning, animal physiology, thermoregulation, physiological stress.*

## **Tabla de contenido**

INTRODUCCIÓN.....	1
1. PROBLEMÁTICA.....	3
1.2. El Contexto Educacional.....	6
1.3. El ABP Aplicado a la Fisiología a Nivel Universitario.....	12
1.3.1. El Modelo ABP en la Universidad McMaster (Canadá).....	23
1.3.2. El ABP en la Universidad de Maastricht (Holanda) en la Actualidad: el Caso de la Facultad de Medicina.....	23
1.3.3. Aplicación del ABP en la Facultad de Medicina de la Universidad de Montreal (Canadá).....	24
1.3.4. La Universidad de Quebec en Montreal (Canadá) y el ABP.....	24
1.3.5. Comunidad, Conocimiento y Resolución de Problema: un Modelo Académico en la Universidad de Sao Paulo (USP) Este (Brasil).....	26
1.3.6. La Experiencia de la Universidad de Aalborg (Dinamarca).....	26
1.3.7. Diseño e Implementación del ABP en la Escuela de Enfermería Vall d'Hebron de la Universidad Autónoma de Barcelona.....	27
1.3.8. La Enseñanza Basada en Problemas de la Medicina en la Universidad de Linkoping (Suecia).....	27
1.3.9. La Enseñanza de la Fisiología Animal en Algunas Facultades de Ciencias Agrarias en Colombia.....	28
1.4. Preguntas y Objetivos de la Investigación.....	29
2. MARCO TEÓRICO.....	32
2.1.1. Didáctica de las ciencias.....	32
2.1.2. Aprendizaje Significativo (AS).....	35
2.2. La Estrategia Didáctica desde lo Problematizante.....	37
2.2.1. El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) como Opción de Aprendizaje Significativo (AS).....	38
2.2.2. Problema.....	40

2.2.3. Situación Problema .....	45
2.2.4. Solución del Problema.....	48
2.4. La Conceptualización en las Ciencias Biológicas: el Cambio.....	50
Conceptual y los Obstáculos Epistemológicos .....	50
3. METODOLOGÍA.....	61
3.1. Proceso Metodológico .....	63
3.2. Variables y categorías .....	74
4. RESULTADOS .....	81
4.1. Resultados de las encuestas.....	81
4.2. Resultados de las entrevistas.....	123
4.3 Cambio conceptual.....	146
4.4. Estrés Fisiológico-Categorías.....	167
4.5. Análisis por correspondencias.....	170
5. Discusión.....	181
7. CONCLUSIONES .....	192
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	194
ANEXOS.....	210
ANEXO I. Cuestionario exploratorio .....	210
ANEXO II. Formato de encuesta .....	211
ANEXO III. Registro de parámetros fisiológicos (Práctica).....	212
ANEXO IV. Entrevista.....	213
ANEXO V. Diario de campo.....	215

## LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Nivel de formulación general.	79
Gráfica 2. Nivel de formulación (NF) de acuerdo al Nivel de la Investigación (%).	80
Gráfica 3. Nivel de formulación (NF) de cada concepto.	82
Gráfica 4. Nivel de cientificidad en la definición de los Conceptos. Análisis general.	86
Gráfica 5. Cientificidad de la definición según el nivel.	87
Gráfica 6. Relación de la cientificidad por concepto (%).	88
Gráfica 7. Análisis general del tipo de definición (%).	90
Gráfica 8. Análisis específico del tipo de definición por nivel.	91
Gráfica 9. Tipo de definición utilizado en cada concepto (%).	92
Gráfica 10. Pluridisciplinariedad. Análisis General (%).	94
Gráfica 11. Pluridisciplinariedad por nivel.	95
Gráfica 12. Pluridisciplinariedad por concepto.	97
Gráfica 13. Conceptos previos. Análisis general.	98
Gráfica 14. Conceptos previos según el nivel.	101
Gráfica 15. Uso de conceptos previos por concepto.	102
Gráfica 16. Referencia al problema (RP) en la definición de fenómenos fisiológicos. Análisis general.	104
Gráfica 17. Referencia al problema (RP) según el nivel.	105
Gráfica 18. Referencia al problema en cada concepto	106
Gráfica 19. Cambio Conceptual por nivel.	109
Gráfica 20. Cambio Conceptual según el concepto.	110
Gráfica 21. Generación de teorías (GT). Análisis general.	112
Gráfica 22. Generación de teorías (GT) según el nivel.	113
Gráfica 23. Generación de teorías con cada concepto.	113
Gráfica 24. Relación entre Tipo de Definición, Nivel y Concepto	115
Gráfica 25. Relación entre Pluridisciplinariedad, Nivel y Concepto.	116
Gráfica 26. Relación entre Referencia al Problema, Nivel y Concepto	117
Gráfica 27. Relación entre Tipo de Definición, Nivel y Concepto.	118
Gráfica 28. Identificación del problema (%).	120

Gráfica 29. Estrategias de solución del problema.	121
Grafica 30. Integración Teoría-Práctica y efecto del ABP.	123
Gráfica 31. Linearidad en la solución del problema. Análisis general.	125
Gráfica 32. Ciencias aplicadas a la definición de conceptos y solución de problemas según la percepción de los estudiantes.	127
Gráfica 33. Percepción de la importancia de las ciencias básicas en la solución de problemas. Análisis general.	129
Gráfica 34. Fortalezas percibidas por los estudiantes. Análisis general.	130
Gráfica 35. Dificultades percibidas por los estudiantes en la de aplicación del método ABP. Análisis general.	133
Gráfica 36. Etapas de la solución del problema. Análisis general.	135
Gráfica 37. Identificación de la solución final. Análisis general.	137
Gráfica 38. Análisis de correspondencias múltiples ACM entre niveles y sus categorías	165
Gráfica 39. Análisis de correspondencias múltiples ACM de las variables Concepto 1 (C1) y Concepto 2 (C2) y categorías	167
Gráfica 40. Análisis de correspondencias múltiples ACM de la interrelación de niveles y conceptos.	169
Gráfica 41. Análisis de correspondencias múltiples ACM de nivel y concepto con pluridisciplinariedad y concepto previos.	171
Gráfica 42. Análisis de correspondencias múltiples ACM de nivel y concepto con pluridisciplinariedad y conceptos previos.	172
Gráfica 43. Dendrograma sobre los conceptos previos de las distintas disciplinas	173

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Convenciones sobre variables y categorías.	77
Tabla 2. Cambio conceptual en la definición del fenómeno de termorregulación (C1) (Resultados de la encuesta).	141
Tabla 3. Cambio Conceptual en las definiciones del fenómeno de estrés fisiológico (C2) (Resultados de la encuesta).	146

## **INTRODUCCIÓN**

La educación científica, entendida como proceso dinámico de formación intelectual de individuos y colectividades, se ve influenciado por el área de conocimiento o ciencia en la que se desarrolla y su evolución va ligada a los avances del área en cuestión y a la necesidad transmitir un saber generado en ella, lo cual hace que entren en escena los conceptos de enseñanza, aprendizaje, pedagogía y didáctica de las ciencias, ámbito en el cual aparecen interrogantes respecto a la transmisión del conocimiento, la pertinencia de los modelos educativos y algunos conceptos, entre ellos los de resolución de problemas, cambio conceptual e integración teoría-práctica, los cuales han ido cobrando importancia en los últimos años en el proceso enseñanza-aprendizaje de las ciencias.

El presente trabajo se ha enfocado en la didáctica de las ciencias biológicas, particularmente en la Fisiología Animal, área en la que se requiere mayor investigación en lo concerniente a los aspectos señalados anteriormente. Dada la importancia que reviste esta ciencia en algunos programas de ciencias agropecuarias, se tomó como contexto el del programa curricular de Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, profesión se caracteriza por fundamentarse en algunas ciencias básicas como la química, el metabolismo y la fisiología, como también por un alto componente práctico a nivel del trabajo de campo con los animales destinados a la producción.

Viene al caso indicar que en la actualidad no se conoce una metodología de enseñanza que dé indicaciones claras y precisas para orientar a los estudiantes de esta carrera hacia el análisis de situaciones problémicas, la aplicación de su conocimiento en la solución eficaz de problemas y de la conceptualización científica, y la fusión teórico-práctica en la enseñanza de los contenidos.



Es por esta razón que el objetivo de la presente investigación ha sido crear una estrategia de enseñanza de la Fisiología Animal basada en el método del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), el cual se considera puede dar aportes importantes en esta dirección.

Para tal efecto este estudio ha sido dividido en cinco secciones. En la primera, se exponen la problemática, el contexto, las preguntas y el objetivo de la investigación. En la segunda, el marco teórico, la situación alrededor de la didáctica de las ciencias hasta llegar a la perspectiva problematizante de la enseñanza y la conceptualización científica. Igualmente se presentan en esta fase las teorías y autores sobre las cuales se fundamentará esta investigación, la pregunta de investigación y el objetivo. Se continúa en la tercera sección con el abordaje de los aspectos metodológicos y en las dos últimas con el análisis e interpretación de resultados y las conclusiones respectivamente.

## **1. PROBLEMÁTICA**

Con el propósito de definir la problemática en torno al tema de esta investigación, se presentan en este primer capítulo una secuencia cronológica de antecedentes dentro del ámbito educacional mundial y del desarrollo y aplicación del método ABP a nivel universitario; con ello se busca entender como se ha llegado a la situación actual con respecto a dicha alternativa metodológica y logra enmarcarla dentro de una serie de sucesos que han determinado algunas premisas que llevan al planteamiento de las preguntas de investigación, a las cuales se les dará respuesta a través de este estudio, así como a la definición de los objetivos que se postularon como meta en el desarrollo del mismo.

### **1.1. Antecedentes**

En los últimos años, la educación, junto con la salud, ha comenzado a ser tema fundamental en lo que se ha denominado el desarrollo equitativo y sustentable de la humanidad (OEI, 2006). Tanto así, que el artículo 26 de La Declaración Universal de los Derechos Humanos plasma algunos ideales en cuanto a la educación, entendida ésta como una vía del desarrollo de la personalidad y el fortalecimiento del respeto por los derechos humanos y las libertades fundamentales (Naciones Unidas, 1948), y como el medio para transmitir a las nuevas generaciones la información y habilidades adquiridas en el pasado por otros seres humanos (Dewey, 1997).

Es un contexto diferente al que se vivía hace apenas un par de décadas, el cual muestra unos cambios acelerados en los sistemas educativos, exponiendo al mismo tiempo la necesidad inminente de mayor eficiencia, mayor justicia y accesibilidad en lo que respecta a la educación (Piaget, 1972).

Por ello, constantemente se están llevando a cabo cambios que tratan de ajustar los sistemas educativos a las necesidades de la sociedad (González, 1998), diversificando los tipos de enseñanza profesional y técnica, y adoptando medidas para mejorar la orientación académica del estudiante de acuerdo a las nuevas características que éste va presentando respecto a formas y facilidades de aprendizaje (Mergendoller *et al*, 2005).

Lo antes enunciado ha conducido a una coevolución entre las ciencias y las metodologías de la enseñanza de las mismas, muy especialmente en las ciencias experimentales y biológicas, donde se observa una tendencia a ligar lo experimental e investigativo con lo teórico y a buscar vías de acercamiento al conocimiento desde una posición más protagónica del aprendiz.

El desarrollo actual de propuestas didácticas y de mecanismos de innovación pedagógica universitarios permite entrever un creciente cuestionamiento con respecto a nuevas propuestas dinamizadoras del proceso enseñanza-aprendizaje, considerados estos últimos como dos componentes interrelacionados de la educación científica. Las principales innovaciones giran en torno al trabajo colectivo, la autoformación, la búsqueda de autonomía intelectual y personal del estudiante (Gomes *et al*, 2000), como también la interdisciplinariedad, la relación enseñanza-investigación, la flexibilidad curricular y la equidad en la educación (González, 1998).

Es así como en los años 70 y 80 cobraron importancia los conceptos de práctica, estudio del entorno y adquisición de habilidades científicas, llevando a una minuciosa especialización disciplinar y a la atomización del conocimiento, a lo que se opone Piaget (1983), quien en su lugar busca la unidad estructural y funcional de los saberes; a su vez, los 90 se destacaron por la exigencia de más contexto y relevancia de los problemas a resolver y por una mayor relación entre el conocimiento científico y el cotidiano (Adúriz y Eder, 1999), perspectiva que se conservará aún durante la primera década del siglo XXI (Aubert-Simó, 2008), cuando

sigue siendo vigente la idea de John Dewey (1997), de que la educación es una continua reconstrucción de la experiencia y se comienza a hacer un mayor énfasis en la participación de la pedagogía en la enseñanza de las ciencias a nivel de la educación superior (Pool, 2004).

Ésta visión marcaría las próximas décadas y daría una directriz importante a la investigación en el campo de la didáctica en siglo que estaba por comenzar, cuando, según Bodone (2005), se va entrando al campo de la investigación educacional, la cual explora fenómenos educacionales, su dinámica y los factores que influyen en la formación de las personas, así como en sus habilidades y su competitividad.

Paralelamente, la tecnología de la información introduce ayudas no convencionales a nivel del aula, como la educación a distancia por Internet, los laboratorios virtuales, la modelación y los métodos audiovisuales; todos ellos estimulando el aprendizaje activo, convirtiéndolo en un proceso multisensorial y agilizando la comunicación del saber y el acceso al mismo (Nageswari *et al*, 2004; Riopel, 2005).

A partir del año 2000 se comienza a dar algún reconocimiento a la sociedad civil en los procesos educativos y comienzan a tener fuerza conceptos como la formación integral, el espíritu de liderazgo, la ética, la inter y la transdisciplinariedad, las competencias a nivel del currículo y de la pedagogía, el liderazgo y la globalización de la educación (López y Álvarez, 1999). Al mismo tiempo se expresa la necesidad de vincular la Universidad con la sociedad, dejando de ser el conocimiento un patrimonio exclusivo de la institución educativa para volcarse al servicio de la gente y llevar soluciones adecuadas a los problemas reales.

Es decir, nos enfrentamos a una rápida evolución en materia de lo educacional a nivel mundial, lo cual permea los sistemas educativos de los países, entre ellos Colombia y por su puesto sus universidades. Éstas, que son las responsables de la educación científica, deben no sólo integrar sino crear alternativas metódicas contextualizadas, viables y sostenibles que conduzcan a la apropiación de saberes y a la construcción de conocimiento.

## **1.2. El Contexto Educativo**

La situación latinoamericana en general es delicada en lo que se refiere a educación superior: altos niveles de deserción y bajas tasas de ingreso a la universidad (Atcon, 2005). El caso específico de Colombia, país con un nivel de pobreza de más del 60 % y con un 9% de analfabetismo de la población mayor de 15 años y con sólo un 30% de ciudadanos que pueden iniciar estudios postsecundarios (Sierra, 2010), la situación no es mejor, observándose además diversidad y fraccionamiento de conceptos en torno a la pedagogía, a la didáctica y al currículo, lo que hace difícil hablar de un sistema educativo específico (Bolívar, 2001).

En la situación particular de La Universidad Nacional de Colombia, universidad pública dónde se llevó a cabo la presente investigación, los procesos de autoevaluación han señalado problemas de currículo y pedagogía. Entre ellos, el exceso de asignaturas, los contenidos repetidos y la rigidez curricular (Universidad Nacional de Colombia, 2004 y 2005), aspectos que se pueden superar con la innovación en los métodos didácticos para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Sin embargo, a pesar de las nuevas tendencias a nivel educativo a nivel mundial la aplicación de nuevas metodologías didácticas no se ha generalizado en la universidad colombiana y el modelo dominante sigue siendo el de la clase magistral, cuyos principales efectos son los ya descritos por Levesque (1997): falta de motivación, aprendizaje exclusivamente memorístico, protagonismo del profesor y menor aprendizaje significativo, debido a que dicho método, es un proceso estático

que dificulta la transposición didáctica efectiva, la construcción de conocimiento científico y no da cabida a otras posibilidades metodológicas.

Tarabay y Salazar (2004), apoyan la anterior percepción sobre la clase magistral, ya que su investigación ha conducido a concluir que ese método no permite la argumentación por parte del estudiante, debido al poco tiempo que tiene para asimilar la gran cantidad de contenido expuesto por el profesor e igualmente se observa una compartimentalización exagerada de los programas tendiendo a una especialización de los mismos, sin lograr una integración efectiva entre los saberes.

Con respecto a la relación teoría-práctica y la implementación de prácticas de laboratorio o de campo se puede decir que frecuentemente el estudiante mantiene en su posición de espectador, viendo como el profesor aplica la teoría y resuelve el problema. Puede suceder también que la teoría y la práctica no se presenten de manera sincronizada, debido a que existe mucho tiempo de por medio entre ellas, lo cual dificulta la apropiación de nuevos saberes y su integración con los anteriores, así como el proceso de conceptualización por parte del estudiante (Reinartz, 2007). Por ello es necesario elaborar modelos didácticos que ayuden a probar la heurística positiva de los programas de las asignaturas y de la investigación y que ayuden a fortalecer la relación entre los modelos teóricos y la naturaleza (Gallego, 2004).

De modo más particular, en la Universidad Nacional de Colombia, donde se realizó esta investigación, se han detectado algunos vacíos que ameritan mayor énfasis, especialmente en lo que se refiere a la integración de la teoría y la práctica en la enseñanza de las ciencias básicas, la transformación conceptual del estudiante y a la resolución de problemas científico-tecnológicos a nivel de la educación superior. De igual manera se requiere llegar a la formación científica del alumno, para que desarrolle la disciplina de investigación aprendiendo a observar y a preguntarse por la realidad que le circunda, vislumbrándose que el llevarlo a preguntarse por una situación problema y llegar a una solución de la misma, son

metas deseables en la formación de los nuevos profesionales, que favorecerían el desarrollo de su autonomía e independencia intelectual y la aplicación de su creatividad en la construcción de nuevo conocimiento (Mockus, 2000).

Este autor acierta en la relación que establece entre la formación científica del estudiante en la universidad colombiana, la creatividad y resolución de problemas, considerándolo un punto de partida fundamental que orienta hacia metas específicas. Mientras él lo indica de una forma global y pedagógica, se sugiere llegar a un planteamiento desde la didáctica, lo cual la autora de esta investigación pretende lograr.

Siendo este el ambiente institucional, se hace preciso trabajar sobre varios aspectos:

- Fomentar la investigación crítica, creativa y reflexiva en torno a los procesos educacionales desarrollados en la universidad.
- Construir, aplicar e implementar modelos pedagógicos en la educación superior, con el debido filtro crítico según las condiciones socioculturales.
- Favorecer, desde la didáctica, los procesos de enseñanza y aprendizaje científicos construyendo estrategias innovadoras que rompan algunos de los anteriores paradigmas educativos a nivel universitario.

Dentro de este último aspecto se ha enmarcado la presente investigación, la cual versa sobre la didáctica de las ciencias biológicas, ámbito en el que se cuenta, según Tarik (2002), con una serie de alternativas de enseñanza. Específicamente en la Fisiología Animal se vienen abriendo nuevas posibilidades, debido a su importancia en los programas curriculares relacionados con la biología y las ciencias agrarias (Reinartz, 2006, 2007, 2009).

La Universidad Nacional de Colombia, cuenta con varias facultades de ciencias agropecuarias en el país, y una de las carreras que las conforman es la de

Zootecnia. En esta investigación fue éste el escenario curricular que se tomó como contexto, debido a que en él la fisiología desempeña un importante rol; de hecho es considerada uno de sus pilares, junto con la nutrición y el mejoramiento genético de los animales. En la primera se estudia el funcionamiento de los distintos órganos y tejidos del cuerpo, su interacción y los principios que lo rigen, fundamentándose en procesos biológicos, bioquímicos y físicos que se dan en el organismo del animal, abordándolo de acuerdo a la sugerencia de Gómez (1995), desde una perspectiva del funcionamiento normal de los sistemas.

Esta ciencia puede ser percibida como difícil debido a la cantidad de conceptos que la conforman, como a la complejidad de los fenómenos que intenta explicar (Boone, 1995) y a la diversidad de especies que incluye su estudio. Con base en la experiencia de la autora durante los últimos diez y seis (16) años en su ejercicio como docente en dicha área, se percibe que este problema es aún mayor cuando se trata de transformar los conceptos previos que trae el estudiante para aplicarlos a la solución de problemas científicos y de llevar a la práctica lo aprendido en la teoría. En este sentido, hasta el momento no se tiene referencia de una metodología establecida para orientar a los estudiantes hacia la conceptualización científica y la aplicación de su conocimiento en la solución eficaz de problemas en la enseñanza de la Fisiología Animal en Zootecnia.

Igualmente deben considerarse dos aspectos importantes en la enseñanza y aprendizaje de esta ciencia; uno de ellos es la pluridisciplinariedad, comprendida como la acción de distintas ciencias en la explicación de los fenómenos fisiológicos. El otro, es la no-linealidad, que indica que no siempre ha de existir una proporción directa entre la causa y el efecto de dichos fenómenos. Ambos son considerados obstáculos epistemológicos importantes en el proceso enseñanza-aprendizaje de la misma (Foulley, 1979), en el cual, de acuerdo a lo expuesto por McNeal y Mierson (1999), se deben desarrollar las siguientes habilidades: organización de información, identificación de lo que no se sabe, capacidad de preguntar, actitud crítica,



generación de ideas e hipótesis y la aplicación de conceptos previos.

Es esta la razón por la cual se trabajan en la presente propuesta didáctica algunos elementos conducentes a realizar modificaciones metodológicas innovadoras en la enseñanza de la Fisiología Animal, lo cual además es coherente con la necesidad esgrimida por los fisiólogos de trabajar respecto a la calidad y profundidad de los conceptos fisiológicos, la transformación de los mismos y su aplicación en casos o problemas concretos (Reinartz, 2007; Piñeros y Téllez, 2001).

Al respecto y con el fin de elaborar una propuesta de enseñanza de la Fisiología Animal que cubra las anteriores deficiencias, se recurre a tres principios. El primero es que todo conocimiento surge de la solución de un problema (Astolfi, 2001), segundo, que la práctica puede ayudar al cambio conceptual, ya que en ella se pueden observar la validez de los conceptos que se tienen y las relaciones entre ellos (Vygotski, 1962), y el último principio indica que la formación conceptual es primordial ya que es una reproducción que identifica los aspectos de una realidad (Vieira y Ramos, 1999).

A partir de estos principios, la propuesta sugerida en este trabajo es la de recurrir al método ABP (Aprendizaje Basado en Problemas) para plantear una situación en la cual el estudiante se enfrente a un problema de orden científico, con el fin de llegar a una solución integrando elementos teóricos y prácticos que permitan transformar sus concepciones iniciales en científicas (Giordan, 2002).

Para lograr este propósito se hace necesario seleccionar un concepto o fenómeno que implique la intervención de varios sistemas orgánicos de manera coordinada, que revista importancia significativa dentro de la teoría de la Fisiología y que al mismo tiempo sea fundamental dentro del ámbito práctico de la Zootecnia.

En este orden de ideas, en el caso concreto de la asignatura fisiología animal

de la carrera de Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia y conociendo el campo de aplicación profesional, se considera que hay varios temas que son importantes objetos de conocimiento de dicha ciencia. Los conceptos de termorregulación y estrés fisiológico se ajustan a las anteriores condiciones y a partir de ellos se pueden formular problemas teórico-prácticos que ayuden al estudiante a fortalecer y evolucionar sus conceptos y a construir conocimiento científico. Además responden a los requisitos descritos por Lapoint (2002) para que se pueda llevar a cabo el cambio conceptual, a saber:

- El concepto previo de los estudiantes es insuficiente, no necesariamente erróneo, pero sí incompleto o de poca profundidad. Puede de hecho provenir del sentido común o del uso cotidiano del término. En el caso del concepto de *estrés*, por ejemplo, es clara la influencia de su uso cotidiano en el lenguaje común, en el cual se tiene una idea general del término, susceptible de ser revisada y completada.

- El concepto final es inteligible para el sujeto y coherente con otros campos del conocimiento.

- El conocimiento final debe parecer plausible y más productivo que el previo. Es un concepto evolucionado y verificable, lo cual lo convierte en científico.

### **1.3. El ABP Aplicado a la Fisiología a Nivel Universitario**

El estudio de las estrategias que utilizan los estudiantes para aprender ha tenido su auge después de los años 80, cuando se comienza a explorar cómo el estudiante adquiere, registra, memoriza y utiliza la información en un contexto preciso (Larue, 2005). También coincide con la búsqueda de crear activamente el significado y el aprendizaje colaborativo (Michael, 2006), además de definir la actividad científica como proceso de solución de problemas y de considerar al estudiante como el centro de su aprendizaje para que se apropie del saber (Astolfi, 2001).

Lo que se empieza a definir es un tipo de enseñanza centrada en el estudiante, el paso de profesor a educador, el aumento de la práctica (Sefton, 2001) y se concreta el aprendizaje activo (Ranganchari, 2007); todo ello va unido a la implementación de programas que generen soluciones a problemas científicos (Hartry et al, 2008), aspectos estos que antes no eran considerados en la educación, ni siquiera en el ámbito universitario, en el cual aún hoy en día se opone resistencia al cambio (Reinartz, 2007). Hoy por hoy se reconoce que son múltiples los factores que determinan el aprendizaje; entre ellos se encuentran el tipo de currículo, la calidad de la enseñanza, la personalidad, la edad, el trabajo, el conocimiento previo y la experiencia académica (Groves, 2005); igualmente el nivel de motivación de los estudiantes y sus razones para tomar un determinado curso (Rangachari, 2006).

De todos modos debe recordarse que los conceptos que se aprenden dependen de las representaciones y percepciones de cada persona (Dietrich y Markman, 2000). Aunque en este aspecto no debe olvidarse la influencia que puede ejercer la motivación sobre el estudiante, ya sea interna o externa.

Todo esto hace que los objetivos de la formación se redefinan y se consideren los siguientes en la enseñanza de las ciencias (Mauffette, 2007):

- Autonomía: es el razonamiento científico, la comunicación clara y precisa, la gestión de tiempo y la organización de ideas.
- Responsabilidad científica: verificación de hipótesis, interpretación de resultados, recomendaciones con base en los mismos.
- Desarrollo personal e implicación social: curiosidad y ética.
- Adquisición de conocimiento: oscila desde lo molecular al ecosistema, predomina la especialización rigurosa.

Con base en ello se hace necesario crear metodologías de enseñanza que aseguren el aprendizaje significativo, el trabajo colaborativo y la formación de profesionales capaces de solucionar problemas científicos.

Siendo esta la situación, se comienza a acuñar el concepto de “Enseñanza Problémica” de las ciencias naturales, entendida como un sistema de métodos y un tipo de enseñanza. En realidad lo más importante al respecto es que el trabajo del alumno consiste en enfrentar ciertas contradicciones de su objeto de estudio, asimilarlas como problemas y buscar soluciones a través de tareas y preguntas que contienen elementos de problematicidad que le ayudan a apropiarse de nuevos conocimientos (Guanche, 2005). Refuerza este concepto lo analizado por Ausubel (2001), quien indica que la meta principal de la educación es la solución de problemas, más que el descubrimiento de ideas o la acumulación de conocimiento. Se trata de conocer los algoritmos generales para la resolución de problemas y la adquisición de nuevos conocimientos (Droz y Rahmy, 1997), como también que el estudiante adquiera consciencia de su aprendizaje (Metacognición) (Larue, 2005).

Una de las posibilidades más claras para lograr lo enunciado, es el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) (Sobral, 1995), el cual se origina a partir de las experiencias de Dewey y Piaget en la década de 1930 y de Lewin en la década de 1940, quienes incluyen la idea de trabajo activo en el aprendizaje. (Cox, 2001).

Fue el Doctor Howard Barrows quien desarrolló esta estrategia en la Universidad de McMaster en 1968, en la Facultad de Medicina, con el fin de poner en acción las cinco etapas del razonamiento clínico que él mismo definiera:

a. Investigación de datos iniciales del paciente y estado: los estudiantes hacen preguntas a sus pacientes, practican exámenes médicos, ordenan pruebas de laboratorio.

b. Generación rápida de hipótesis: con base en el anterior paso, los estudiantes pueden proponer un diagnóstico presuntivo.

c. Utilización de estrategias para refinar, verificar y eliminar hipótesis: apoyados en el trabajo con su equipo de colegas, la discusión y el debate, la comparación con otros casos y el repaso de lo aprendido.

d. Formulación del problema: basándose en lo ya descubierto hasta el momento, deben definir cuál es el problema al cual se enfrentan.

e. Diagnóstico y decisión terapéutica: conocido el problema, lo definen en términos médicos y proponen el tratamiento más conveniente para el paciente.

Luego sería aplicada en las universidades de Maastricht (Holanda), Newcastle (Inglaterra), en Escandinavia y Suiza. En la Universidad de Sherbrooke (Quebec) se emplea desde 1987 en Medicina y en la Universidad de Quebec en Montreal, en biología desde 1996, incluyendo dentro de su currículo la asignatura de fisiología animal (Larue, 2005), y en la actualidad es aplicado en más de 200 facultades de medicina en el mundo, incluyendo la asignatura de fisiología; es ampliamente utilizado en Norteamérica (Cassasus, 1999); se ha usado en la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Cornell (Cox, 2001) y en escuelas de medicina en el Reino Unido (Wood et al, 2003, Woods, 2006), comprobando que desarrolla habilidades clínicas (Groves, 2005) y de observación (Molina, 2003).

La OMS Realizó una encuesta a 1657 escuelas de medicina en 159 países, la cual fue respondida por 850 de ellos y los resultados obtenidos fueron los siguientes: 60% usan ocasionalmente el ABP, 10% sólo en preclínica, 30% en preclínica y clínica, 10% no lo usan (Guilbert, 2004) y 50% reconoce el ABP como una estrategia valiosa en el estudio de las ciencias de la salud, ya que es un método a través del cual se estimula el estudiante a descubrir la información necesaria para dar solución a un problema real de la medicina sin quedarse tan sólo en el diagnóstico (Barrows y Tamblyn, 1980).

Cabe resaltar que en la Comunidad Económica Europea (CEE) se han evaluado 100 facultades de Medicina Veterinaria en cuanto a sistemas de educación en relación a los estándares mundiales y al concepto de acreditación (Fernández, 2005), aunque es difícil pensar en un currículo ideal y único de Fisiología Animal, ya que éste se adecúa a las necesidades y tendencias de cada caso. De igual manera se debe recordar que los objetos de conocimiento en la fisiología también evolucionan (West, 2002), hecho que determina qué se debe enseñar y cómo.

Dicha metodología, según Morales y Landa (2005), es un cambio desde lo disciplinar, caracterizado por el academicismo, la homogeneidad en habilidades y la jerarquización, hacia la construcción de conocimiento transdisciplinar, la horizontalización de jerarquías en el aula, la flexibilidad curricular y la aplicabilidad de conocimiento, y surge por la necesidad de cambiar las clases expositivas por unas más interactivas.

Dochy (2003), lo compara con el método tradicional expositivo, y llega a la conclusión de que el ABP da más herramientas al estudiante en lo que se refiere al análisis e interpretación de información, sin quedarse solamente en la acumulación y memorización de la misma.

También se ha utilizado este método en otras disciplinas como el derecho, la economía, la psicología y la ingeniería (Leclercq y van der Leuten, 1998) ha contado con una amplia difusión debido a dos razones fundamentales. La primera, expuesta por Sanson-Fisher y Lynagh (2005), es que esta explosión de popularidad del ABP se debe a que su aparición coincide con corrientes filosóficas sobre educación, muy particularmente el constructivismo. Y la segunda razón, de acuerdo a lo indicado por Gwee (2008), es que la globalización de este método educacional se debe a que él se centra en el estudiante trayendo como consecuencia el aumento de reflexión, comprensión, profundidad del conocimiento, eficacia, creatividad y trabajo en equipo.

Como definición, se puede indicar que el ABP es un método de enseñanza que se basa en el principio de usar problemas como punto de partida para la adquisición e integración de nuevos conocimientos (Morales y Landa, 2005), identificando las necesidades de aprendizaje y la información necesaria, que permita dar una solución técnico-científica al problema en cuestión (Di Bernardo y Puyol, 2004).

Como hecho importante se resalta que el ABP se basa en situaciones reales ayudando al entendimiento de conceptos teóricos debido a la necesidad de aplicarlos en la comprensión y solución de una situación problémica y en la creatividad que conduce a generar alternativas de solución de los problemas (García, 1998).

Ella se fundamenta en el conocimiento o definición de un problema, una necesidad o una situación problémica planteada por el docente, quien además aporta los elementos teóricos y técnico-científicos para que los estudiantes busquen la solución más pertinente y oportuna del caso (Woods, 2006); el ABP enfatiza la resolución de conflictos académicos (Valencia, 2002).

A diferencia del sistema convencional, invierte fuertemente en el trabajo independiente del alumno (Di Bernardo y Puyol, 2004), el cual es un sujeto activo en el proceso educacional (Molina, 2003) y se orienta igualmente a una comunidad (Branda, 2001); normalmente se lleva a cabo con pequeños grupos de estudiantes que autodirigen el proceso (Morales y Landa, 2005), buscan y aplican de manera activa la información, sin recurrir a la memorización excesiva (Flisser y Pérez, 2006). Se transfiere al alumno la responsabilidad de la abstracción y la generalización, y detecta fortalezas y vacíos en sus conceptos previos (Peláez, 2002), además de desarrollar su autonomía (Calande et al, 1990) y favorecer la transposición didáctica (Chevillard, 1991).

Las consecuencias de su aplicación son: la autorregulación, la asertividad y la empatía, entendiéndose por autorregulación la combinación de la preparación, el rendimiento y la evaluación; por asertividad la habilidad para expresar apropiadamente ideas, intereses y sentimientos; y por empatía, la capacidad de sentir, percibir, entender intereses y puntos de vista identificándose con las necesidades de los otros (Sanz, 2003).

Además se mejora la profundidad del conocimiento y se puede descubrir la vocación del estudiante (Abraham et al, 2008), lo cual ayuda a mantener su interés, motivación y confianza para llegar al éxito académico y profesional (Center, 2001). Esto genera responsabilidad en el estudiante (Savery, 2006) y liderazgo (Boone, 1995). La investigación individual y la discusión en equipo se ven estimuladas (Cox, 2001), ya que el estudiante es conducido a la investigación, integrando teoría y práctica y aplicando el conocimiento para hallar una solución a un problema definido (Savery, 2006; Allen et al, 1996).



También se puede afirmar que el ABP es un método que permite articular el trabajo individual con el grupal (Comeli, 2002), lo que se denomina aprendizaje cooperativo (Saveri, 2006), aumentando según Sobral (1995) la calidad del ambiente de aprendizaje en el sentido cognitivo y emocional en la mayoría de estudiantes y, con base en lo afirmado por Zhijie (2003), generando pensamiento crítico y habilidades de por vida, ya que se adquiere conocimiento por experiencia, instrucción o ambas, y se crean nuevos circuitos neuronales aumentando el tiempo de almacenamiento de lo aprendido.

Por su puesto existen algunos autores que contradicen estos beneficios. Entre ellos se encuentran Albanese y Mitchel (1993), Vernon y Blake (1993), Berkson (1993), Colliver (2000) y Newman (2003), quienes a través de sus investigaciones sobre el uso del ABP en la enseñanza de la medicina no pudieron establecer la superioridad de dicho método con respecto a los tradicionales. Por ejemplo Colliver (2000) insiste en que no se puede concluir la superioridad del ABP en lo que respecta a la habilidad clínica, la fortaleza y la precisión de los principios teóricos.

De otra parte, Newman (2003), aduce que las pruebas sobre la eficacia del ABP no son robustas y que además depende fuertemente del contexto y de los grupos de estudiantes en los cuales se aplica.

Al respecto, otros autores han manifestado sus inquietudes, ya que por ejemplo Vernon y Blake (1993) y Prince et al (2000) consideran, con base en sus meta-análisis de investigaciones sobre la aplicación del ABP en medicina, que pudo haber un problema de percepción frente al uso del ABP, ya que ellos consideran que se logra una mayor profundidad de los conceptos.

De otro lado, según Ward y Lee (2002) apoyados por Gijbels et al (2005), indican que pudo deberse a un problema de evaluación del método, ya que en sus investigaciones pudieron observar que se lograba trascender la memorización conceptual y favorecerse el aprendizaje de principios, condiciones y procedimientos médicos. En este sentido Deelman y Hoeberigs (2008) van más allá al preguntarse hasta qué punto pudo haber una mala aplicación de dicha alternativa didáctica y por ende no obtener los resultados esperados. Igualmente se pueden mencionar las críticas que desde el realismo se hacen a este método de corte más constructivista. Es el caso de Beguin (2009), quien considera que la definición de la estrategia educativa a seguir no debe ser definida por el estudiante, sino exclusivamente por el profesor, ya que el estudiante no tiene suficiente autonomía ni consciencia cognitiva para hacerlo. Al respecto, Reinartz (2007), considera válida la opción, en el caso de la Fisiología Animal, de ver al estudiante de como protagonista constructor de su saber, formando un equipo estratégico con el profesor, quien sigue siendo autoridad y orientador del proceso educativo, y quien le guía hacia el desarrollo de su autonomía intelectual. En dicha investigación se propone la creatividad como conector entre la teoría y la práctica.

Aunque es una opción válida desde el punto de vista de construir conocimiento, falta definir cómo lograrlo; es decir, definir un método que conduzca a ese objetivo constructor. La creatividad es una competencia que se puede desarrollar y al mismo tiempo aprovechar en el proceso de aprendizaje y enseñanza de las ciencias y no riñe con la aplicación de métodos didácticos como el ABP, lo cual se trabajará en el presente documento. De otro lado, Larue (2005), insiste en la posibilidad de construir saber científico a partir de la actividad, el pensamiento y la consciencia del estudiante.

Altamente relevantes pueden ser los resultados obtenidos por Abraham et al (2008), quienes más recientemente y probablemente debido a que actualmente se cuenta con más herramientas de evaluación y aplicación del ABP como con un mayor número de experiencias a nivel mundial, hallaron que existe diferencia significativa en lo que respecta a la profundidad del conocimiento y el pensamiento crítico en el aprendizaje de la fisiología médica en grupos dónde se aplicó el método en cuestión.

En lo concerniente a otros aspectos que pueden generar limitaciones para la aplicación del ABP, pueden incluirse el que presenta Herreid (2003) cuando indica que exige más disponibilidad de recursos humanos y que se recarga el trabajo del profesor, o la dificultad, de acuerdo a lo manifestado por Drinan (1991), que implica elaborar buenos problemas. También Hung et al (2003) consideran una limitación la dificultad que puede entrañar el pasar de ser un profesor de posición autoritaria a un rol de facilitador o “Coach Metacognitivo”; además de que el currículo no siempre está estructurado para que el estudiante vaya a su ritmo, que la evaluación debe hacerse de manera individual y que exige mucha madurez por parte del estudiante.

Al respecto, en el capítulo de análisis de resultados de esta investigación se observará como se pudieron obviar algunas de estas situaciones.

Algunos autores sugieren el seguimiento las siguientes etapas para la aplicación del ABP, entre ellos Casassus (1999) y Wood et al (2003):

1. Clarificación los términos y conceptos del problema.
2. Definición el problema.
3. Análisis del problema.
4. Formulación de hipótesis explicativas.
5. Lectura y trabajo individual, consulta a especialistas.
6. Presentación y discusión de resultados.

## 7. Síntesis.

Etapas estas que pueden ser presentadas de diversas maneras, como por ejemplo, a través de la apreciación de fenómenos y procesos reales, situaciones generadas a partir de un experimento y por la comparación de objetos o procesos (Guanche, 2005). Su aplicación se podrá observar posteriormente cuando se presenten los distintos tipos de problema.

Analizando el ABP desde la perspectiva del rol del docente, vale afirmar que él se convierte en tutor que explora el conocimiento preexistente de los estudiantes; motiva y orienta la discusión, promueve el autoestudio y la investigación, la cooperación no la competencia (Walsh, 2005); es flexible y sensible a las necesidades de aprendizaje del estudiante (Neville, 1999) y es un facilitador, que contextualiza, integra teoría y práctica (Woods, 1996), aumenta la autoconfianza e induce la interdependencia positiva creando el ambiente y promoviendo normas (Woods, 2006).

El tutor debe tener habilidades muy definidas en cuanto al conocimiento de la materia, los pasos del ABP y desarrollo de pensamiento crítico; de la misma manera debe generar inquietudes y motivar al estudiante, para así incrementar el potencial que él ya trae para solucionar problemas complejos y reales (Molina, 2003). Además de dominar su área de conocimiento, según Dewey, citado por Bhattacharya (1983), el docente deberá darle la dirección debida para guiar la experiencia del estudiante, para que éste determine por sí mismo el proceso de su aprendizaje. Parte importantísima del rol del profesor es crear el ambiente y las condiciones para que haya colaboración entre los estudiantes para conducirlos hacia el aprendizaje cooperativo y estimularlos a aprender (Hmelo-Silver y Barrows, 2006), aumentando la retención de la información, el entendimiento y la retroalimentación o feedback (Cortright, 2003).

Él aprende que enseñar significa más que transmitir una información; significa entender las ideas de los estudiantes (Hmelo-Silver y Barrows, 2006). Así, por efecto y por ejemplo de esta actitud del docente, se estimula la escucha y la coherencia de juicios, el análisis, la síntesis y la evaluación de la información por parte de los alumnos (Remedios et al, 2007).

Respecto al problema en sí, el profesor debe tener en cuenta el contexto en el cual se ha de aplicar, con el fin de integrarlo adecuadamente a las necesidades y posibilidades reales del medio, tratando de establecer escenarios de calidad (Wood et al, 2003). Él debe analizar bien y exponer con claridad cada experimento, que debe relacionarse con el tema, así como definir el momento en que se presenta (Guanche, 2005).

En lo que concierne al currículo, el ABP sirve como organizador de las disciplinas que lo conforman (Comeli, 2002), integra el currículo y facilita la definición y la adquisición de competencias (Wood et al, 2003); a su vez exige definición clara de metas y la intención del aprendizaje (Masui y De Corte, 1999), cambios en el programa de la asignatura y en la manera en que normalmente se imparten los cursos (Flisser y Pérez, 2006).

A continuación, y con el objetivo de observar el contexto internacional respecto a la implementación del ABP en la educación superior, se presentan algunos ejemplos de Universidades dónde ha sido aplicado, evaluado y registrado en programas universitarios que incluyen la Fisiología dentro de su currículo.

### **1.3.1. El Modelo ABP en la Universidad McMaster (Canadá)**

La Facultad de Medicina de la Universidad de McMaster (Canadá), en donde naciera el ABP, implementa esta metodología desde finales de la década de los años 60 en el programa curricular de medicina y se sigue aplicando con éxito este recurso didáctico en todo su campo curricular; dicha orientación hacia la comunidad, de manera interdisciplinaria y utilizando el ABP, es su sello característico.

En principio lo aplican trabajando especialmente con grupos pequeños (10 a 12 estudiantes), autodirigidos, quienes monitorean su propio progreso a través de una evaluación continua individual y grupal. Hoy por hoy, complementan su modelo con cursos a distancia, simuladores de programas médicos, TIC y teleconferencias (Uden, 2007).

### **1.3.2. El ABP en la Universidad de Maastricht (Holanda) en la Actualidad: el Caso de la Facultad de Medicina**

En esta facultad la enseñanza de la medicina se orienta hacia la práctica y ofrece formación en todos sus campos y en investigación médica. En su currículo se destaca el entrelazado entre teoría y práctica a través del ABP, una visión multidisciplinaria y unas destrezas de aprendizaje continuo, poniendo a los estudiantes en contacto con pacientes desde el comienzo de la formación académica del estudiante.

El principio educativo de esta institución es que los estudiantes son aprendices activos y por ello el currículo se centra en ellos, esperando que asuman la responsabilidad de su propio aprendizaje. Tienen un enfoque multidisciplinar y se procura que el contexto en que tiene lugar el aprendizaje sea lo más realista posible y que se tengan en cuenta las competencias para el posterior ejercicio de la profesión. Los estudiantes trabajan en grupos de 10 personas y resuelven problemas presentados por pacientes reales.

Para esta institución, el ABP está respaldado por la evaluación, los planes de desarrollo, la formación del profesorado, la estructura organizativa, la gestión y la economía de cada facultad (Deelman y Hoeberigs, 2008).

### **1.3.3. Aplicación del ABP en la Facultad de Medicina de la Universidad de Montreal (Canadá)**

Aquí se introdujo el nuevo currículo fundamentado en ABP en 1993, después de una prueba piloto en 1991 en grupos de 7 a 10 estudiantes reunidos con un tutor para discutir un problema médico real o ficticio, siguiendo las fases de lectura y análisis del problema, planteamiento de hipótesis, consulta individual y discusión en equipo. Es el resultado de un modelo híbrido basado parcialmente en el que se utiliza en la Universidad de Maastricht (Holanda) (Ntyonga-Pono, 2006).

### **1.3.4. La Universidad de Quebec en Montreal (Canadá) y el ABP**

Desde 1986 esta universidad ha aplicado el ABP en su programa de biología. Lo que hace importante traer a colación este caso en particular, es que entre sus asignaturas está la Fisiología Animal, lo cual lo convierte en un modelo susceptible de ser contextualizado a las condiciones en las cuales se llevará a cabo esta investigación.

La aplicación del modelo ABP se basa en los siguientes preceptos:

- Se aplica en grupos pequeños (8 a 12 estudiantes).
- El docente aporta el material básico de estudio y da un derrotero del tema.

En cada sesión hay un grupo de 3 o 4 estudiantes que se encargan de coordinar la clase; se reparten entre ellos las actividades de moderador, presentador y redactor.

- La intervención del profesor es mínima: Observa el proceso, aclara dudas, especifica y enfatiza términos, resuelve controversias.
- Después de comprendido y analizado el tema, los estudiantes entran a resolver un problema asociado con el tema en cada clase planteado por el docente.

A modo de ejemplo se enuncia a continuación un problema sobre termorregulación, planteado en ese curso de Fisiología Animal:

*“Gilles, el director general de un centro para personas de la tercera edad, ha pasado por un tiempo difícil debido a los importantes cortes presupuestales del sistema de salud, ha decidido partir de vacaciones con el fin de cambiar las ideas y de descansar antes de comenzar de nuevo a trabajar.*

*Busca un destino con clima diferente al de Quebec. Quiere desconectarse del país. Decide partir al Sahara. Sin teléfono, ni fax, ni celular. Sólo los nómadas del desierto le servirán de guía.*

*Partió en invierno hacia un oasis de paz. Tuvo que realizar muchas escalas antes de llegar al hotel “El tifón de arena”. Pasó la noche allí y a la mañana siguiente salió en dromedario acompañado de su guía, Mohafideh, con el propósito de atravesar el desierto.*

*Después de 15 días de caminata (50 Km/día), el guía se percató de que en su primera salida como guía, él no estaba muy bien ubicado. Nuestros dos compañeros estaban perdidos y no encontraban el sitio donde supuestamente llegarían para tomar agua. Casi no les quedaba agua. El agua se debía consumir en cantidades muy calculadas, de 100 ml/día. La temperatura era tórrida y el sol calentaba. Nuestro gran director comenzó a sentir el fenómeno de la boca seca y a sudar copiosamente. Su orina estaba muy concentrada y de color oscuro. Se encontraban a más de 400 Km. del lugar más próximo. Estaban desesperados.*

*Gilles decidió recolectar el agua que se deslizaba por la superficie de su piel, pero rápidamente cayó en cuenta de que era muy salada. Ensayó ocultarse del sol, escondiéndose bajo la sombra del dromedario. Al mismo tiempo se preguntaba porque el animal no sudaba y parecía no tener sed. Somos dos organismos vivos, pero reaccionamos de modo diferente a las condiciones climáticas del desierto del Sahara. No dejaba de pensar que moriría de sed.” Fuente: material de clase del curso de Fisiología Animal del programa de Biología, UQAM, 2008.*

En la visita realizada a dicho curso se pudo observar sentido de responsabilidad, de discusión académica y autoevaluación en los estudiantes, participación, construcción de saberes en equipo y apropiación del lenguaje científico. Igualmente se fortalecen la autonomía, los conceptos previos y las competencias de interpretación, raciocinio, comparación y análisis. Existe un constante progreso cognitivo y avanzan tanto individual como colectivamente. Se manifiestan rasgos de liderazgo y aptitudes de docencia en algunos de los alumnos.



### **1.3.5. Comunidad, Conocimiento y Resolución de Problema: un Modelo Académico en la Universidad de Sao Paulo (USP) Este (Brasil)**

El objetivo central del proyecto académico de la USP Este es articular teoría y práctica, ciencia y vida cotidiana, Universidad y comunidad; igualmente, formar académica y científicamente a los estudiantes, favorecer su autonomía, propiciar la interdisciplinariedad y fortalecer sus valores. Esta Universidad, creada en 1935, cuenta con cerca de 80000 estudiantes y es una de las más fuertes en Latinoamérica, enfoca su trabajo en los estudiantes, sujetos protagonistas del proceso educativo y al adoptar esta estrategia inducen la resolución de problemas a partir de la siguiente secuencia

1. Identificar problemas en la realidad científica y cotidiana.
2. Debatir una cuestión particular.
3. Utilizar la experiencia propia para buscar respuestas.
4. Plantear hipótesis que puedan explicar y resolver la cuestión.
5. Investigar las hipótesis y dar posibles soluciones al problema.

Así, aproximan al estudiante al mundo de la investigación, a la construcción de conocimiento y elaboración de proyectos, desarrollando competencias científicas y académicas (Araujo y Amorim, 2008).

### **1.3.6. La Experiencia de la Universidad de Aalborg (Dinamarca)**

Esta Universidad une las metodologías de ABP y proyectos desde los 80 para garantizar una relación entre teoría y práctica en sus facultades de ingeniería y ciencia, ciencia social y humanidades. Tiene como intención la unión de la universidad, la empresa y la sociedad; los estudiantes trabajan en grupo con problemas reales con el uso de las tecnologías más modernas, bajo la supervisión de un profesor.

El ABP ha permitido cumplir los objetivos potencializando la creatividad y la innovación, las destrezas en dirección de proyectos y la comunicación, y el Aprendizaje Significativo, y el éxito obtenido se ha debido a una exhaustiva interacción entre la enseñanza, la investigación y la práctica profesional. Los problemas que surgen de esta última constituyen la mejor orientación para el proceso del aprendizaje (Enemark y Kjaersdam, 2008).

### **1.3.7. Diseño e Implementación del ABP en la Escuela de Enfermería Vall d'Hebron de la Universidad Autónoma de Barcelona**

La implementación del ABP en esta escuela ha sido escalonada desde el 2001.

Estuvo acompañada del diseño de escenarios y material didáctico, formación profesoral en competencias y planificación de la metodología de evaluación. Lo que se observa hasta el momento, es que los estudiantes preparados en currículos fundamentados en el ABP presentan mayor capacidad para analizar problemas, trabajar en equipo y utilizar el razonamiento lógico en su práctica profesional (Bernabeu, 2008).

### **1.3.8. La Enseñanza Basada en Problemas de la Medicina en la Universidad de Linkoping (Suecia)**

La combinación del ABP y el contacto temprano con los pacientes, la integración de disciplinas, las destrezas de comunicación, se ha convertido en la base del currículo de esta Facultad de Medicina en Suecia. Entre los resultados se destacan la integración de las ciencias básicas a los ciclos profesionalizantes, mejor retención del conocimiento, fomento del estudio de la teoría con mayor profundidad y capacidad de aplicar principios científicos en la clínica, como consecuencia de asociar desde el principio de la carrera a situaciones realistas en forma de “estudios o situaciones de casos” reales, los cuales son analizados y debatidos entre los estudiantes que trabajan por equipos, guiados por un tutor (Dahle et al, 2008).

### **1.3.9. La Enseñanza de la Fisiología Animal en Algunas Facultades de Ciencias Agrarias en Colombia**

En el caso particular de la Fisiología Animal la didáctica de las ciencias tiene un amplio horizonte, dado que se trata de una asignatura ofrecida en el pensum de la carrera de Zootecnia en diferentes sedes de La Universidad Nacional de Colombia (Sedes de Bogotá, Palmira y Medellín), Medicina Veterinaria (Sede de Bogotá) y en el programa curricular de biología (Sede Bogotá). Además vale anotar, que en este país se cuenta con cerca de 30 facultades en las cuales se ofrece la asignatura de Fisiología Animal (contando los programas de Zootecnia, Medicina Veterinaria y Medicina Veterinaria-Zootecnia); no se pueden excluir los programas de Biología y Medicina humana en las cuales también se ofrece la asignatura de fisiología.

Lo anterior permite entender que la ciencia en cuestión es un potencial para la difusión de un modelo didáctico innovador y en este sentido es vital el papel que pueden llevar a cabo las universidades estatales debido a su liderazgo académico e investigativo.

Se destaca el trabajo realizado en algunas universidades colombianas. En primer lugar, se menciona el esfuerzo realizado en la Facultad de Medicina de la Universidad de La Sabana (Bogotá), en cuyo curso de morfofisiología se viene integrando recientemente la metodología ABP, sin reportarse aún los resultados. La segunda, es el cambio curricular generado todas las asignaturas del programa de Medicina Veterinaria Universidad de Antioquia (Medellín), incluyendo Fisiología Animal, donde se pasó del sistema tradicional de la clase magistral a la modalidad de proyectos.

Por último, se menciona la metodología aplicada hace algunos años en la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, en Zootecnia, específicamente en el curso de Fisiología Animal y se trata del “Seminario Estudiantil de Fisiología Animal” (Reinartz, 2006; Reinartz y González, en publicación), el cual tiene como

objetivos integrar la teoría y la práctica, vincular procesos de creatividad en la valoración académica e inducir los conceptos de autoevaluación y autorregulación en los estudiantes. Es un método de enseñanza-aprendizaje fundamentado en la investigación (Reinartz, 2007) y en el trabajo colaborativo (Cortright, 2003), basado en el principio de que la vinculación del aspecto investigativo en la enseñanza de las ciencias básicas tiene profundas implicaciones positivas en el aprendizaje de las mismas, debido a que potencia la capacidad de razonamiento y de asociación de saberes en el individuo (Nendaz et al, 2005).

Las anteriores experiencias se conciben como alternativas válidas en la medida que buscan mejorar la calidad de la enseñanza y el nivel de aprendizaje (Reinartz, 2004), pero falta sistematizarlo e integrarlo a las políticas educativas de las universidades.

Se considera que en este país se requiere hacer énfasis en la educación científica, investigar metodologías aplicables a las ciencias básicas como la fisiología animal y, compartiendo lo expresado por Sierra (2010), apropiar con criterio estrategias didácticas tendientes a desarrollar el pensamiento crítico, la autonomía intelectual y la construcción de conocimiento científico.

#### **1.4. Preguntas y Objetivos de la Investigación**

Esta contextualización en torno a la educación científica universitaria de las ciencias fisiológicas, la necesidad de aplicar en ella la investigación educacional y el vislumbrar la posibilidad de aplicar un método de enfoque problematizante como el ABP en la enseñanza de la Fisiología Animal en la Zootecnia, conduce a buscar la posibilidad de favorecer los procesos de enseñanza y aprendizaje de dicha ciencia, construyendo estrategias didácticas innovadoras que fomenten la integración teórico-práctica, la conceptualización científica y la construcción de saberes a nivel universitario, y conlleva a formular las siguientes preguntas.

¿Cómo establecer una metodología didáctica fundamentada en el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) que integre la teoría y la práctica, favorezca la conceptualización científica respecto a los fenómenos de termorregulación y estrés y que permita la construcción de saberes en la enseñanza de la Fisiología Animal en el programa curricular de Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín?

¿Podría un problema científico servir de conector entre la teoría y la práctica en la enseñanza de las ciencias fisiológicas?

En un intento por responder estas preguntas, el objetivo general de la presente investigación es:

Crear, aplicar y evaluar una estrategia didáctica basada en el ABP que integre la teoría y la práctica y facilite el Cambio Conceptual en los fenómenos de termorregulación y estrés térmico en el curso de Fisiología Animal del programa de Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

Como objetivos específicos se establecen los siguientes:

- Observar y analizar el proceso de Cambio Conceptual y el proceso de solución de problemas científicos de los estudiantes con respecto a los fenómenos fisiológicos estudiados.

- Definir si el problema científico planteado durante el curso favorece el Cambio Conceptual y sirve de conector entre la teoría y la práctica en la enseñanza de la Fisiología Animal.

Una vez contextualizado el ámbito educacional relacionado con el tema que se ha investigado, definidas la problemática así como las preguntas y objetivos de esta investigación, se espera poder aportar elementos para la discusión y análisis, como también mostrar un método que conlleve elementos innovadores para la enseñanza de la Fisiología Animal a nivel universitario.

## **2. MARCO TEÓRICO**

Conscientes de la evolución de la dinámica educativa superior en los últimos tiempos, además de la importancia que han adquirido la educación como ciencia y la didáctica universitaria, perspectiva desde donde se enfoca esta investigación, en este capítulo se incursionará en tema como la didáctica de las ciencias, el aprendizaje significativo, el problema, la situación problema y la solución del problema desde un orden didáctico; igualmente se abordará lo relacionado con la conceptualización científica y los niveles de formulación conceptual, enmarcados dentro del contexto de **la enseñanza y del aprendizaje** de las ciencias básicas como la Fisiología Animal, entendidos estos como **elementos interdependientes del proceso educativo** y de la construcción de saberes científicos.

### **2.1. La transformación educacional. Un enfoque desde la didáctica de las ciencias hacia el aprendizaje significativo**

Como todo campo del saber el de la educación ha experimentado una transformación a través del tiempo, de manera que sus principios, métodos y conceptos han evolucionado para irse adaptando a las necesidades y exigencias de los mecanismos de enseñanza y aprendizaje de las diversas ciencias. Es por este motivo que después de haber dado una mirada general a los antecedentes y al contexto educativo universitario y con el fin de presentar la perspectiva didáctica de esta investigación, se hace pertinente definir el concepto mismo de didáctica como el de otros relacionados con el propósito de esta investigación.

#### **2.1.1. Didáctica de las ciencias**

La didáctica es una rama de las ciencias de la educación, cuyo objeto es planear las situaciones pedagógicas que favorecen la aparición, el funcionamiento y las preguntas continuas de los estudiantes; estudia los problemas particulares de la

enseñanza y el aprendizaje de diversas disciplinas apoyándose sobre un análisis preciso de saberes y se interesa en los saberes mismos, los contenidos, el estudiante, la enseñanza y en el contrato didáctico (conjunto de interacciones, conscientes o no, verbales o no, entre docentes y estudiantes) (Thouin, 2004).

Astolfi (2007), considera que la didáctica es la disciplina que se encarga de los contenidos, se interesa por la apropiación de saberes precisos, incluye la pedagogía y permite pensar las condiciones de la transmisión de conocimientos, referencia los conceptos de una disciplina y las dificultades de su aprehensión, las prácticas sociales a las cuales se remiten, las tramas conceptuales, el nivel de formulación, la transposición didáctica, las representaciones de los estudiantes y la adquisición de los saberes científicos. Ella tiene en cuenta los conceptos de la disciplina y la relación entre ellos; se interesa en su historia, sus rectificaciones, en las modalidades de su introducción en la enseñanza, en las representaciones hechas por los estudiantes y su manera de razonamiento. Es tan específico su quehacer que se puede hablar de didáctica de las ciencias, la cual se interesa en la transposición didáctica que transforme saber difundido por la comunidad científica en un saber que se enseña en la escuela (Thouin, 2004, Terrise, 2002), motivo por el cual la didáctica toma estatuto de ciencia, pues se le considera la ciencia de enseñar ciencias (Gallego, 2004);

Así, la didáctica de las ciencias se puede igualar al término de educación científica, para diferenciarla de la didáctica general, la cual se entiende como la teoría de la enseñanza; la primera, vinculada a ciencias experimentales en su origen y actualmente a las ciencias sociales (Adúriz y Eder, 1999), perspectiva con base en la cual se observa cómo la emergencia de la didáctica de las disciplinas se acompaña de propuestas metodológicas que permiten enseñar con éxito el contenido de un programa académico (Develay, 2001), apropiarse de los saberes científicos y entender la manera como un estudiante aprende un concepto, lo interioriza y lo utiliza de acuerdo a un fin específico (Astolfi, 1989).



Es interesante el acompañamiento que ha hecho en este proceso de afianzamiento metodológico de la didáctica de las ciencias la *Ingeniería Didáctica*. Ésta es una metodología de investigación educacional caracterizada por basarse en las realizaciones didácticas en el aula, es decir concepción, realización, observación y análisis de la secuencia de enseñanza, como también el registro de estudios de caso y su validación esencialmente interna, basada en la confrontación entre una situación a priori y otra a posteriori (De Faria Campos, 2006).

Pone en evidencia cómo el análisis del medio y de las interacciones posibles de los estudiantes con él, es vital para comprender lo que puede ser construido como conocimiento, ya sea colectiva o individualmente (Artigue, 2002).

Chevillard (1991) ya habría afirmado que se trata de una metodología que busca ensamblar los elementos de un sistema didáctico con todos sus componentes complejos, sabiendo de antemano que es imposible controlarlos todos, pero que gracias a ella se establecen situaciones didácticas que conducen a una experiencia educacional sobre el terreno y facilitan la observación del comportamiento de los estudiantes al aprender.

Tanto las concepciones epistemológicas y sociológicas sobre la naturaleza de la ciencia y la manera en que se elabora el conocimiento científico, como los aspectos metodológicos, condicionan los objetivos de la educación científica y de la didáctica de las ciencias (Acevedo y Acevedo, 2002).

### **2.1.2. Aprendizaje Significativo (AS)**

Al irse definiendo en las últimas décadas un ambiente tan propicio para la enseñanza de las ciencias, también han ido surgiendo cuestionamientos en torno a lo que se aprende y cómo se aprende. Particular interés ha suscitado el tema de cómo lograr un verdadero aprendizaje en los estudiantes, con el cual se pueda construir nuevo conocimiento y procurar el avance del ya adquirido. Este proceso nos acerca al concepto de “aprendizaje significativo” (AS). El cual es el aprendizaje asimilado gracias al enlace entre la nueva información que se está recibiendo y las ideas existentes en la estructura cognoscitiva del que aprende, conduciéndolo a construir conceptos por sí mismo (López y Álvarez, 1999).

Lo anterior, según Lev Vygotski (citado por Dahms et al, 2008 y Téllez et al, 2007), coincide con la idea de que la importancia del conocimiento previo es la de dar sentido a las nuevas experiencias y al conocimiento presente para desarrollar pensamiento de alto nivel; igualmente induce a tomar conciencia del conocimiento y de la reflexión sobre el mismo (Piaget, 1972).

Ausubel (2001), argumenta que dicho tipo de aprendizaje se basa en procesos superordinados, representacionales y combinatorios que ocurren durante la recepción de la información; el mismo autor se atreve a ir más lejos indicando que las transformaciones conceptuales generadas en el individuo a través de esa forma de aprender son las que generan el verdadero conocimiento científico y enriquecen los recursos lógicos del estudiante. El AS se puede adquirir a través de algunas prácticas, como la utilización de mapas conceptuales con los cuales se integran, organizan, reconcilian y diferencian conceptos (Cambio Conceptual) (Moreira, 2005); así relacionan lo previo con lo nuevo, permitiendo de tal manera la construcción de conocimiento, la atribución de nuevos significados y la relación entre distintas ideas, en lo cual coincide con Boulet et al (1996).

El AS se ve estimulado por la participación activa en la solución de problemas (punto de encuentro con el ABP y con la idea de cambio conceptual que se manejará en esta investigación), dando al estudiante la posibilidad de aplicar en la práctica sus conocimientos y los conceptos teóricos; favorece además la adopción por su parte de una actitud positiva frente a la tarea de dotar de significado propio los contenidos que asimila (Morales y Landa, 2005) y promueve en él la generación de hipótesis y los niveles de inferencia (Wilhelm y Beishuisen, 2003). Facilita formular preguntas y la autorreflexión (Arziczon y Cudmani, 2005), desarrollando el pensamiento crítico a través de la controversia estructurada (Barma, 2007) y la duda (Barrette, 2007).

Por su parte Harden citado por Varela-Ruiz (2009), asegura que el AS integra la acción y la reflexión en torno a lo teórico-práctico, considera las situaciones reales de trabajo y hace énfasis en la motivación, asegurando el desarrollo de habilidades de orden superior (análisis, interpretación y comparación). Para que aquel se lleve a cabo, se deben tener en cuenta el estilo de aprendizaje (visual, auditivo, etc.) de los estudiantes (Leblanc, 1979), entendido como la forma de recopilar, interpretar y pensar una nueva información de acuerdo a las facilidades y habilidades que ellos tengan (Escalante y Linzaga, 2006).

Igualmente importante es el rol del docente, ya que él ayuda a fortalecer la relación del estudiante con el conocimiento, considerándosele un facilitador del aprendizaje que guía el proceso activo que ocurre internamente en la persona, para que ella construya conocimiento (Leblanc, 1979). Él organiza el proceso de enseñanza-aprendizaje y orienta a los estudiantes para que ellos logren su independencia (Ortiz, 2005) y genera en el estudiante la posibilidad del asombro ante un fenómeno, la curiosidad por entender un suceso y el impulso para hallar respuesta a sus inquietudes.

Logrado esto, es él mismo quien busca e investiga a partir de su motivación; ya que, como diría Díaz-Barriga y Hernández (1999), el profesor cataliza del proceso educativo activando los saberes anteriormente adquiridos permitiendo al estudiante aprender a aprender, tomando conciencia de su aprendizaje.

Lo anterior permite vislumbrar la necesidad de una metodología que promueva el aprendizaje significativo logrando integrar la teoría y la práctica a nivel conceptual muy especialmente en el ámbito científico (Revilla, 1998). Se hace importante el incorporar el aprendizaje significativo y la construcción activa del conocimiento por el estudiante lo cual ha dado resultados positivos en Fisiología, según lo descrito por Michael (2006), como también lo ha logrado el aprendizaje colaborativo, mediante el cual se afianzan los conceptos fisiológicos, se genera reflexión, deducción y discusión en dichos cursos (Moni et al, 2005).

## **2.2. La Estrategia Didáctica desde lo Problematicante**

Como se ha indicado anteriormente, los avances en las ciencias y en la tecnología inducen transformaciones en la enseñanza de las mismas (Molina, 2003), y este progreso, que también se da en las ciencias biológicas y en la didáctica de las ciencias, debe generar propuestas coherentes y adecuadas de acuerdo a los diversos contextos sociales y educativos (Flisser y Pérez, 2006).

En respuesta a esta situación, la comunidad científica se ha mostrado interesada en mejorar las prácticas de enseñanza de las ciencias a nivel de la educación superior teniendo en cuenta a un nuevo tipo de estudiante, con diferentes

necesidades, exigencias, habilidades y competencias (Mauffette, 2007), con el propósito de hallar un camino que conduzca al aprendizaje significativo, al trabajo colaborativo, a la integración de la teoría y la práctica, a la conceptualización y construcción de conocimiento científico y a la solución de problemas, es uno de los retos de la actual didáctica de las ciencias.

Con el fin de afrontar este reto y tomando como base la premisa indicada por Astolfi (1989) de que el conocimiento se genera a partir de la solución de un problema, se considera que el método del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) puede ser una estrategia apropiada para plantear una propuesta didáctica de enfoque problémico en la enseñanza de la Fisiología Animal.

### **2.2.1. El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) como Opción de Aprendizaje Significativo (AS)**

A nivel de los procesos didácticos en las ciencias biológicas, se puede decir que ha ido aumentando el interés en los temas de ABP y el aprendizaje significativo a nivel mundial (Hansen, 2001), ya que el ABP favorece la integración de la teoría y la práctica, lo cual ha sido una meta en esta investigación, porque se basa en casos reales, desarrolla habilidades de observación (Molina, 2003) y es vital en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la fisiología (Goodman, 2007).

Estos dos últimos autores coinciden con Allen et al (1996) y Barrows y Tamblyn (1980), en que el mayor potencial de la aplicación del ABP en la enseñanza de ciencias a nivel universitario es la posibilidad de fusionar los aspectos teórico y práctico.

Este tipo de trabajo se integra a las prácticas de laboratorio, especialmente en las ciencias básicas, ya que ayuda a desarrollar competencias intelectuales como la observación, la comparación y el análisis través de la solución de los problemas (Ruiz, 2006). En esta misma dirección, Giuliadori et al (2009) afirma que para el estudiante existe una alta necesidad de incluir la experiencia práctica junto con la teórica, ya sea de manera individual o grupal. Indica que existe una correlación alta (57%) entre lo teórico y lo práctico, en los estudiantes con un buen rendimiento académico.

En este mismo sentido, Álvarez (2001) apoya este resultado indicando que los estudiantes muestran una alta predilección por este tipo de integración al momento de estudiar un curso, especialmente en las ciencias biológicas.

Ambos autores hacen énfasis en la tendencia mostrada por los estudiantes en torno a lo teórico-práctico en estudiantes de ciencias biológicas y veterinarias, lo cual se considera importante e induce a pensar en la búsqueda de conectores entre ambos aspectos del conocimiento, hecho que probablemente no ha sido el objetivo específico de las investigaciones anteriores y por ende no lo han descrito, pero aun así se considera que el definir este aspecto es fundamental en la enseñanza integradora de teoría y práctica, para así poder analizar su efecto en el aprendizaje de las ciencias.

Desde la perspectiva de la autora de esta investigación, el proponer un conector es un elemento imprescindible en la formulación de un método de enfoque problematizante, como lo es el ABP. Sobre su aplicación en la educación superior de la didáctica desde una perspectiva problematizante, específicamente en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los fenómenos fisiológicos y su respectivo cambio conceptual en las ciencias agrarias, no es abundante la bibliografía encontrada.

Son más frecuentes los trabajos de este tipo a nivel de secundaria que en la universidad y muchos de ellos son una exploración más epistemológica que didáctica; eso hace más necesario aún incursionar en este campo (Ruiz, 2006).

Con base en lo anteriormente expuesto sobre el método ABP, se puede afirmar que como estrategia didáctica, en tanto proyección de tácticas y técnicas educativas, ofrece cierta flexibilidad para ser aplicada en diversos escenarios educativos. Son múltiples las ventajas que tiene, aunque algunos autores como Finucane et al (1998) advierten sobre la mayor demanda de tiempo y recursos que implica. Esto, como se verá en los resultados de la presente investigación, tiene forma de ser resuelto, ya que hay alternativas de trabajarlo aun en grupos grandes.

En este orden de ideas, se considera importante, con el fin de implementar el ABP como método didáctico en el proceso educativo de la Fisiología Animal, definir a continuación tres conceptos que permitirán manejar un lenguaje común y precisar lo que desea abarcar con ellos en este proyecto: problema, situación problémica y resolución de problemas.

### **2.2.2. Problema**

De manera general, con base en lo aportado por Legendre (2005), se puede afirmar que un problema es una situación que requiere una solución, es una pregunta sobre eventos, objetos o estructuras que piden una explicación o una demostración y su enfoque dependerá de la ciencia desde la cual se analice, lo que hace que puedan existir diferentes perspectivas para enfrentar un problema y la solución del mismo. Valga aclarar que debido a la orientación de esta investigación en el área de la didáctica de las ciencias, se hace referencia específicamente al término “problema didáctico”, definido por Guanche (2005) como un problema docente a través del cual se plantea la pregunta desde el punto de vista del ejercicio de raciocinio y que puede resolverse con herramientas como la lógica, la comparación o la deducción.

Es lo buscado y se usa para asociar situaciones del mundo real con los conceptos de la ciencia que se esté estudiando.

Un problema didáctico, sugiere Astolfi (2001), no es la simple aplicación de conocimientos adquiridos; es, en su lugar, un proceso que tiene tres categorías de elementos: la situación inicial, la situación final, y las transformaciones materiales o simbólicas que se den entre ambas. Su representación es la interpretación que se le dé a estos elementos y su interpretación depende de la información dada en el enunciado y de los conocimientos que se activen en el sujeto.

Tomando como principio que el conocimiento científico surge a partir de la resolución de un problema, los problemas son importantes desde el comienzo hasta el final del aprendizaje; por ende ellos tienen unas funciones pedagógicas claras, entre las que Charnay, citado por Astolfi (2001), distingue las siguientes:

1. El problema es el criterio de aprendizaje: permite verificar si ha habido aprendizaje. Esto es *pedagogía de la respuesta* y de modelo de enseñanza *normativo*.

2. El problema es el móvil del aprendizaje: se aprovechan experiencias vividas y se motiva a los alumnos; en este caso se trata de *pedagogía del problema* y de modelo *iniciativo*.

3. El problema es el medio de aprendizaje: el estudiante participa en la solución y construye los instrumentos intelectuales, por lo cual se trata de *pedagogía de la situación problema* y modelo *apropiativo*.

Los dos últimos, trabajan con problemas abiertos, y será la dirección dada a la presente investigación.



## **- Tipos de Problema y su Enunciación**

### **- Problema Abierto**

En principio se puede decir que el problema abierto tiene un enunciado corto, no se reduce a la aplicación o utilización inmediata de los últimos resultados presentados en clase, ni se encuentra en un dominio conceptual familiar para el estudiante, por lo que así puede ensayar, establecer conjeturas, poner a prueba sus conocimientos, dar contraejemplos y demostrar.

Esta modalidad de problema induce a una reorganización de la clase; los estudiantes se reparten en grupos donde se investigan y discuten el problema y los conceptos, lo cual permite el desarrollo de sus ideas y entretanto el profesor puede lanzar preguntas sin cerrar o reducir el problema, observando el procedimiento empleado por los alumnos, ya sea individualmente o en grupos (Astolfi, 2001).

### **- Problema Teórico – Problema Práctico**

Cualquiera que sea la orientación que tenga un curso o una asignatura, sea técnica o científica, pertenezca a las ciencias humanas o biológicas, se deberá contar con dos aspectos fundamentales. El primero se refiere a la adquisición y transformación de conceptos, el conocimiento de ideas y del desarrollo histórico de la ciencia en cuestión, lo cual se concibe como *la teoría*. El segundo componente se refiere a la aplicación de los conceptos e hipótesis, y es lo que se denomina *la práctica*. Con base en esto, los problemas teóricos o prácticos. Es válido crear un tercer tipo de problema, el teórico-práctico, el cual se aplica en este estudio.

Para ilustrar lo previamente anotado, se presentarán sendos ejemplos de tipos de problemas, para los cuales se utilizó la metodología del ABP para inducir a los estudiantes de una facultad de medicina a encontrar soluciones desde la clínica y fisiología. Se describen las fases del proceso de comprensión y solución del problema, como también los objetivos pretendidos.

A continuación se presenta un ejemplo de ABP utilizado en la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de México (Figuroa-Hernández et al, 2001). Su objetivo general es que los estudiantes diagnostiquen el problema y reconozcan su etiología y los objetivos específicos son: definirlo, describir los mecanismos fisiológicos y patológicos, describir el método de auscultación, especificar las manifestaciones clínicas y biológicas, reconocer el desarrollo, la semiología y el diagnóstico de la enfermedad.

*“Veterano de la segunda guerra mundial, ingirió accidentalmente 1 g de sulfato de atropina; dos horas después ingresó a urgencias de un Centro de Salud y se le practicó lavado gástrico con una solución “débil” de permanganato de potasio. Tres horas después de la ingestión de la sustancia el paciente refiere sensación de calor generalizado, bochornos y dificultad para la visión. Cinco horas más tarde estupor y coma durante 19 horas. A la exploración física: pupilas midriáticas y arrefléxicas, temperatura axilar 39°C, FR 9/min y superficial, TA 130/80 mmHg y FC 120/min. Se le administró solución glucosada al 5%, 2000 ml, IV; durante 10 horas; mostró ligera mejoría y se trasladó al hospital para continuar su tratamiento”.*

Para llegar a la solución de este tipo de problemas, Casassus (1999) sugiere las siguientes fases y etapas:

*Fase 1:* Examinar el problema. Etapas: clarificar el problema, sus términos y conceptos; definirlo, analizarlo, formular hipótesis explicativas.

*Fase 2:* Estudio personal. Etapas: trabajo individual, lectura y consulta con especialistas.

*Fase 3:* Síntesis y aplicación. Etapas: presentación de resultados del estudio personal y grupal, discusión de los mismos, respuesta a preguntas, planteamiento del diagnóstico y del tratamiento.

En cuanto al problema práctico, se presenta un ejemplo de problema abierto tomado también de una práctica clínica la Facultad de Medicina de La Universidad Autónoma de México, a partir de un caso de urgencias (Figuroa-Hernández et al, 2001).

*“Una mujer de 34 años llega a urgencias con los siguientes síntomas: cólico lumbar derecho, dolor progresivo, diaforesis, náuseas, vómito. Los estudiantes de medicina deben atenderla y realizar las siguientes actividades: tranquilizarla, auscultación y determinación de las principales variables fisiológicas como frecuencia cardíaca, respiratoria y temperatura corporal. Además deberán recolectar las muestras de orina y las de sangre con el fin de enviarlas al laboratorio clínico e interpretar los resultados, diagnosticar y formular el debido tratamiento”.*

Para que el estudiante pueda llegar a la resolución del problema, debe comprender lo que se le pide (demostrar, comparar, analizar, medir), saber a qué tipo de problema se enfrenta (aplicar o descubrir conocimientos) y si el problema contiene los elementos necesarios. Igualmente deberá aplicar operaciones como la deducción, la inducción, la modelación o la analogía, o varias de ellas, de acuerdo al caso, con lo cual se pretende acercarse a la solución inteligente, no mecánica, de problemas de carácter científico. Es una forma de transformar la lógica aplicada por los estudiantes a la solución de un problema (Astolfi, 2001).

Un problema teórico-práctico, según lo observado en la presente investigación, debe contar con tres elementos básicos:

1. los datos necesarios para resolverlo (siempre deben estar explícitos),
2. el método o relación entre los datos, qué es lo que el estudiante debe averiguar, y
3. el resultado buscado (al que se llega al seguir ciertas reglas de razonamiento y supuestos que surgen de los datos). En este sentido se considera que los dos problemas tomados como ejemplos podrían formularse de una manera más completa.

### **2.2.3. Situación Problema**

Para Guanche (2005), una situación problema es un estado síquico de dificultad, asombro, alarma o confusión que surge en el ser humano cuando está resolviendo algo que no puede explicar con los conocimientos que tiene o cuando realiza un acto conocido a través de los procedimientos generales y debe buscar otro procedimiento de actuación.

Es el enfrentamiento a una contradicción, a algo que parece inexplicable; es lo desconocido y es creada por el maestro. Hernández y Morffi (2001) complementan esta visión, afirmando que la situación problémica surge cuando existe una contradicción entre lo que se conoce y lo que se está observando, y es esto lo que lleva a indagar por nuevas posibilidades de explicación o nuevas vías de solución.

En esta misma dirección, Astolfi (2001), explica que las situaciones problemas son situaciones concretas de las que se deriva un problema científico, el cual puede ser utilizado como objeto de estudio para la clase. Son alternativas más amplias y mejor calibradas que los problemas clásicos, debido a que toman como punto de partida un problema complejo para ser analizado, resuelto y debatido científicamente. Son construidas en torno a un obstáculo epistemológico que ha de ser resuelto, con lo cual se garantiza simultáneamente la existencia de un problema por resolver y la imposibilidad de resolverlo sin aprender. La anterior definición es compartida por Thouin (2004), para quien una situación problema es un ejercicio o problema abierto, es un medio de aprendizaje que conduce al estudiante a construir instrumentos intelectuales y conceptos que debe adquirir; ella se concibe alrededor de una concepción frecuente que sirve de obstáculo al aprendizaje. El mismo autor revela que se debe comprender que no existe una sola buena respuesta y que se puede optar por soluciones originales bien justificadas; ante todo, reconocer su evolución conceptual y reflexionar sobre estrategias de soluciones, desarrollando pensamiento crítico.

Según Robardet (1990), citado por Thouin (2004), la situación problema debe ofrecer resistencia suficiente para que el estudiante genere nuevas ideas, ser percibida como enigma a resolver y no como un ejercicio artificial, permitir manipular el material y la experiencia científica sin convertirse en una receta, posibilitar el proponer y discutir varias soluciones.

#### **- Planteamiento de la Situación Problema y su Nivel de Formulación**

El planteamiento de la situación problema puede ser complejo (Comeli, 2002), pero para lograr buenos resultados en la utilización del ABP, se hace indispensable identificarlo, definirlo y hacer una representación mental del mismo, planear como proceder, ejecutar la solución según el plan, evaluar y generar una adecuada retroalimentación (Kapa, 2007).

Es vital para el éxito de esta alternativa didáctica enunciar bien el problema (Savery, 2006), seleccionar bien los experimentos (Ranganchari, 2007) y diseñar un problema interesante para el estudiante (Comeli, 2002; White, 1995), con la idea de inducir a los estudiantes a construir conceptos y conocimiento a través de la solución de problemas, es importante abordar la forma en que estos deben ser elaborados y planteados. Por esto para Friis et al (2010) todo problema o práctica utilizada en la enseñanza de la fisiología deben enunciarse con claridad y de forma detallada; igualmente Tansey (2008), en sus trabajos sobre fisiología de la adaptación al estrés sugiere formular preguntas y problemas de manera clara para el estudiante, para así poder ser resueltos y servir como una alternativa didáctica.

Goffard y Goffard (2000) indican que deben establecerse situaciones de aprendizaje para guiar a los estudiantes hacia actividades cognitivas y así poder:

1. Problematizar y modelar la situación dada por el docente.
2. Emitir hipótesis sobre factores que intervienen en la situación que se modela, para entender mejor el problema.

3. Considerar diferentes vías de solución.

4. Análisis crítico de los resultados y de las hipótesis.

Por su parte Astolfi (2001) afirma que el nivel de formulación dependerá directamente de la situación de aprendizaje, los niveles de abstracción y generalización, como de las significaciones lingüísticas científicas del aprendiz.

Se comparte la idea expresada por Jara et al (2008) en su trabajo sobre la influencia de la resolución de problemas en el aprendizaje de conceptos científicos, de tomar en cuenta las ideas previas de los estudiantes, las cuales sirven como base para conocer los obstáculos que ellos puedan tener al aprender un concepto, los errores conceptuales que les puedan generar algún tipo de resistencia para avanzar y como punto de comparación con el resultado final del proceso.

Esta orientación es la que se ha dado a esta investigación, en la cual se trabajó bajo la premisa de tener en cuenta las concepciones previas del estudiante, confrontándolas con sus hallazgos más recientes y los nuevos conceptos adquiridos; así podrá generarse una reestructuración del conocimiento y tomar conciencia del proceso de aprendizaje, lo que se conoce como metacognición.

Para tal efecto, y fundamentándose en lo descrito a nivel del capítulo de la problemática, las preguntas y los objetivos, se creó una situación didáctica de partida enmarcada dentro de una trama conceptual entorno a los fenómenos de la termorregulación y el estrés fisiológico en animales, cuyo nivel de formulación se basará en la definición ofrecida por Eckert (1997) y García-Sacristán (1995) en sus libros de Fisiología Animal, contextualizada desde la Zootecnia.

#### **2.2.4. Solución del Problema**

La solución de un problema es un proceso de exploración metódica orientada a encontrar una solución a una situación, concatenando los hechos y los juicios de la realidad para llegar a una conclusión (Legendre, 2005).

Joshua y Dupin (1993), sugieren que el problema es el motor del proceso científico y por ello aclara que el descubrimiento de su solución implica delimitar estrictamente el problema, presentar hipótesis refutables y buscar la conjetura. En este proceso el estudiante selecciona las reglas y las herramientas para hallar la explicación de una situación desconocida a través de un razonamiento por medio del cual se generan argumentos válidos y también se enfrenta a un auténtico problema y no simplemente aprender y reproducir la solución dada por un profesor. Se debe llegar a la aplicación de unos principios en situaciones diferentes, exigiendo una elaboración mental de orden superior (Astolfi, 2001).

Sintetizando, la solución de problemas consiste en encontrar los elementos que faltan para entender y estructurar un problema, y así llegar a proponer una o más posibles soluciones de acuerdo al contexto en el que se esté trabajando; desde la perspectiva educacional se convierte en una opción promisoriosa de transposición didáctica y de cambio conceptual para el estudiante, a través de la cual puede inducirse al estudiante a una solución del problema y a superar ciertos obstáculos que se le presenten a través de dicho proceso. Es un medio para organizar la estructuración de los saberes.

#### **- Proceso de Resolución del Problema**

Una vez definidos los conceptos de problema, situación problémica y solución de problema, se puede abordar el proceso mediante el cual se logra esta última, se comienza por la interpretación del problema.

Según Astolfi (2001), es la representación que la persona hace de los elementos del mismo; a saber, la situación inicial, la situación final o meta a alcanzar y las transformaciones materiales o simbólicas permitidas para llegar a la meta.

El mismo autor explica que ella depende de la información dada en el enunciado del problema y de los conocimientos activados en la memoria a largo plazo, los cuales pueden ser procedimientos conocidos para resolver problemas, esquemas de acción o situaciones de referencia que se hayan sabido resolver y que se tomen analógicamente como guía.

Se trate de un problema teórico, práctico o mixto, su solución requiere la representación mental de una situación real, lo que se denomina esquema del problema al que se llega a través de conocimientos precisos, procedimientos e imágenes mentales (Johnson y Christensen, 2000). Según estos autores, la construcción del modelo mental es una fase fundamental en la solución del mismo, ya que ayuda a entender cuál es la dificultad o contradicción que se plantea y cuales los pasos a seguir; Goffard y Goffard (2000) coinciden en este punto.

Dadas estas condiciones, algunas de las estrategias que pueden ser empleadas por el estudiante para resolver problemas científicos e integrar la teoría recibida y las demostraciones observadas, son:

1. La deducción: aplicación de principios para llegar a una respuesta.
2. La inducción: hallar cuál es el principio general.
3. La modelación: traducción de una situación en un esquema.
4. La analogía: Comparar con otras situaciones de solución similar.

Con ellas se pueden implementar los siguientes procedimientos:



1. Algorítmicos: sucesión organizada de operaciones para llegar a un resultado adecuado. Se usan procedimientos mentalmente ya disponibles.

2. Heurísticos: Proporcionan estrategias posibles en relación con la resolución del problema y conducen a elaborar estrategias nuevas y originales. Estos no dan tanta seguridad como los anteriores.

Dumas-Carré et al (citados por Astolfi, 2001), sugieren la siguiente serie de pasos que conforman una orientación metodológica que incluye las estrategias y procedimientos anteriores con el fin de evitar la resolución mecánica y acercarse a la solución de problemas de orden científico.

1. Estudio que precise la situación y represente el problema.
2. Emitir hipótesis sobre los factores que intervienen en el proceso.
3. Concebir y planear varias vías de solución posibles.
4. Ejemplificar la vía de solución explicando lo realizado.
5. Analizar los resultados a la luz de las hipótesis.
6. Considerar vías alternas posibles.

Se pretende con ellas transformar la lógica de resolución de problemas del estudiante, basándose en la representación del problema, la explicitación de los criterios y la orientación.

## **2.4. La Conceptualización en las Ciencias Biológicas: el Cambio**

### **Conceptual y los Obstáculos Epistemológicos**

El cambio revolucionario en las ciencias biológicas, debido a la integración de tecnologías novedosas, la aplicación de métodos derivados la física, las matemáticas y las ingenierías, han llevado a la aparición de dos fenómenos.

Uno, la necesidad de resolver problemas científicos complejos; otro, el surgimiento de nuevos conceptos o la transformación de los ya existentes, por efecto de la interdisciplinariedad (Lavob et al, 2010), lo cual toma gran importancia en la educación superior y en la didáctica de las ciencias.

A continuación se aborda el proceso de Cambio Conceptual y de ciertos obstáculos que se pueden encontrar en este proceso.

Ante todo se debe comenzar indicando que el significado de “concepto” es realmente polisémico, pues depende grandemente del contexto desde el cual se aborde; en el ámbito de las ciencias y para efectos de ubicación en esta investigación, se parte de la definición ofrecida por Legendre (2005): Concepto es un grupo de ideas que necesitan de una abstracción para construir sentido y que precisa ser rigurosamente definido. En esta dirección, también se hace importante el abordar un concepto científico, según Desrosiers-Sabbath (1984), como un concepto que muestra una realidad e identifica las características de la misma.

Desde la mirada de Vygotski, la elaboración de un concepto es el hecho de que una palabra adquiera una significación, lo cual es un proceso complejo del pensamiento mediado por la palabra, y para Astolfi y Develay (1989), estas concepciones y representaciones individuales deben llegar a ser intercambiadas y reestructuradas entre sujetos o grupos para convertirse realmente en conceptos científicos incluyendo otros conceptos en red. Afirman Barrows y Tamblyn (1980), que el hecho de convertirse en científico hace que un concepto realmente permita comprender un fenómeno.

En ese sentido, Giordan (2002) afirma que el mundo exterior no enseña directamente al individuo, es él quién debe inventar el sentido de lo que aprende a partir del entorno y teniendo en cuenta su propia historia, ya que un nuevo saber sólo emerge si el aprendiz tiene una intencionalidad, modifica su estructura mental para

reformularlo y si ese saber le aporta algo nuevo de lo que él pueda ser consciente (metacognición). Bachelard y Piaget (citados por Toussaint, 2002), plantean este proceso de aprendizaje como un aumento de conocimiento en el cual se da una transformación gradual de saberes ya adquiridos; no es un proceso aditivo, sino la consecuencia de un cambio de concepciones o representaciones: es una modificación del conocimiento previo; es un proceso dinámico que hace uso de los conocimientos previos con el fin de apropiarse los elementos y las relaciones de su entorno (Toussaint, 2002).

Este ha sido el preámbulo que ha hecho que a finales de la década de los 80 los investigadores hayan comenzado a concebir el aprendizaje de saberes científicos desde la perspectiva del *Cambio Conceptual* definido como un proceso de evolución gradual entre las concepciones iniciales del estudiante y las modificadas, para acercarse al concepto científico (Delgado, 2002).

Continuando en esa línea, se considera que el conocimiento científico se construye al poner en oposición a las representaciones comunes y las erróneas, lo cual puede generar una resistencia al cambio (Burbules 1988, citados por Toussaint, 2002). Dichas concepciones erróneas provienen de influencias sociales e ideológicas que se convierten en esquemas elaborados en función de su experiencia de vida (Astolfi, 2001).

Resumiendo y de acuerdo a lo recopilado por Legendre (2002), se podría decir que el *Cambio Conceptual* es la transformación que sufre el conocimiento común para llegar a ser conocimiento científico; siendo el primero, un lenguaje funcional basado en la utilidad y ligado más a los hechos que a las relaciones entre ellos; mientras que el segundo, el lenguaje científico, es una serie de códigos elaborados que resultan del esfuerzo de sistematización coherente que permite relacionar entre sí a los conceptos y explicar un fenómeno. Según Thouin (2004), la solución del conflicto generado en dicho proceso y el tomar conciencia de las

inconsistencias entre sus percepciones, es lo que hace que un individuo pueda construir un nuevo conocimiento.

La visión que se tiene en la presente investigación con respecto a la conceptualización científica es partir del principio de que el resultado del proceso enseñanza-aprendizaje es la elaboración de nuevo conocimiento a través de la transformación de saberes, los cuales deben ser conceptualizados. Es en esa construcción donde quien aprende se enfrenta a ideas, fenómenos, dudas y contradicciones (Thouin, 2004).

Para llegar al Cambio Conceptual hay dos vías: Una implica ruptura con el conocimiento previo, defendida por Larochelle y Desautels (citados por Legendre, 2002), quienes abogan por erradicar y reemplazar el concepto previo considerado un error; la otra, implica continuidad, avance y construir algo nuevo a partir de él, favoreciendo su evolución, sin necesidad de aniquilar el conocimiento común. Giordan (2002), reafirma la segunda vía al decir que todo saber se sitúa en la prolongación de saberes adquiridos anteriormente, los cuales sirven de cuestionamiento, referente y significado, y al mismo tiempo hacen una ruptura con ellos, indicando que todo aprendizaje exitoso es un cambio de conceptos.

En este trabajo, se asumirá la segunda vía, en un intento por aprovechar las concepciones previas como punto de partida para elaborar saberes más profundos. Además se considera que la vía de la ruptura total con el conocimiento previo, propuesta por Larochelle y Desautels, no es factible. Como se muestra en los resultados de esta investigación, el estudiante ya trae conceptos que pueden ser utilizados para continuar su evolución, así necesiten ser reformados, lo cual en sí mismo ya es un proceso de elaboración de conocimiento y de metacognición para el estudiante.

De acuerdo a lo enunciado por Delgado (2002), el Cambio Conceptual posee

tres niveles:

1. Diferenciación: emergencia de nuevos conceptos a partir de los ya existentes.

2. Extensión de una categoría: dos conceptos considerados diferentes se convierten en equivalentes a partir de una nueva perspectiva.

3. Reconceptualización: permite el cambio en la naturaleza misma de los conceptos y la de las relaciones entre ellos.

Condiciones que aseguran el Cambio Conceptual (Delgado, 2002):

1. La insatisfacción frente a la concepción de un fenómeno y las inconsistencias que ella pueda tener.

2. La nueva concepción debe ser lo suficientemente clara para ayudar a explicar mejor un fenómeno.

3. El concepto final debe permitir explicar las anomalías presentes en la anterior concepción.

4. El nuevo concepto debe abrir perspectivas prometedoras con respecto a la explicación del fenómeno.

Hasta el momento se ha hecho referencia a tres aspectos de considerable importancia para el desarrollo de este proyecto; uno es el enfoque problematizante de la enseñanza de las ciencias; el otro, el aprendizaje significativo, y finalmente el de cambio conceptual. En sendos casos el camino no siempre es directo, lo cual puede generar algunas dificultades; sin embargo éstas, a su vez, en el intento de ser superados, impregnan de dinamismo al proceso de enseñanza y aprendizaje y la formación científica del estudiante.

De acuerdo con lo dictado por Bachelard (1938), el problema del conocimiento científico en las ciencias experimentales debe plantearse en términos de los obstáculos que entraña el acto mismo de conocer y de aprender; es decir, superar las sombras que puede tener un conocimiento anterior y hacerlo mutar,

rectificarlo, con el fin de elaborar un nuevo saber.

Este tipo de obstáculos, relacionados con la conceptualización y desarrollo científicos, se han denominado obstáculos epistemológicos y entre algunos de ellos pueden citarse por ejemplo el conocimiento previo, el conocimiento general, aspectos de expresión verbal y uso exagerado de situaciones comunes, entre otros (Bachelard, 1938). Foulley (1979), quien contextualiza el tema en el terreno de la fisiología, indica que también pueden tomarse como obstáculos el sujeto mismo, el sistema educativo, el conocimiento y la misma transposición didáctica.

Dentro del mismo ámbito de lo biológico, donde se ubican la fisiología y las ciencias agrícolas, Guespin (2005), afirma que pueden considerarse como los nuevos obstáculos epistemológicos la pluridisciplinariedad existente en las ciencias de la vida y la no linealidad (Guespin-Ripolle, 2005) de sus fenómenos; la primera entendida como la necesidad de recurrir a varias disciplinas para explicar un suceso, y cuya interconexión lógica es una dificultad para el estudiante debido a la cantidad de factores a tener en cuenta para definir el punto de convergencia de varias disciplinas frente a la explicación de un mismo fenómeno. Es decir, es un fenómeno complejo que no permite visiones únicas o análisis predeterminados, ya que es un proceso imbricado por diversos elementos y factores con múltiples posibilidades interrelacionales, debido a lo cual cada disciplina o ciencia puede perder su especificidad para convertirse en un todo diferente, no siempre predecible por el estudiante. La segunda, la no-linearidad, es comprendida como las posibles ramificaciones y desvíos en el proceso cognoscitivo.

En el campo de la enseñanza en las ciencias agrarias se reportan algunos cambios positivos en este sentido pluri e interdisciplinar, lo que permite enriquecer y fortalecer la explicación de fenómenos, además de inducir una construcción diferente de saberes (Galiana, 2000). Coinciden en esta afirmación Villar y Arellano (2001), al intentar fusionar el conocimiento de varias disciplinas en su investigación sobre

enseñanza de la fisiología. Ya en 1996, Noverraz indicaba que el trabajo interdisciplinar, entendido como el abordaje de un tema desde varias disciplinas, es una de las herramientas de la modernización de la educación, la apropiación de saberes y la resolución de problemas.

Favre (1996) insiste en que la perspectiva pluridisciplinar podría combatir la parcelación extrema de los saberes, ya que ciertos objetivos son compartidos entre varias ciencias y pueden ser abordados desde la perspectiva de cada una de ellas, conduciendo a formar una red compleja de conceptos conectados entre sí, dando una apreciación más completa y precisa de un fenómeno. Ésta, la pluridisciplinariedad como obstáculo epistemológico, ha sido la idea que se implementó a lo largo del presente estudio, y que pretende transformarse en interdisciplinariedad con el fin de poner a interactuar esas diferentes disciplinas que explican un fenómeno, en un sentido integrador de conceptos.

Por otro lado la no-linearidad del saber, indica que se trata de sistemas dinámicos y complejos que no cuentan con proporcionalidad entre las causas y los efectos que los caracterizan. Ello implica que desde que haya interacciones entre los elementos de un sistema, su comportamiento adquiere propiedades nuevas no siempre predecibles. La no-linearidad en las ciencias biológicas ha generado dificultades de origen filosófico más que científico, convirtiéndose en un obstáculo epistemológico ligado a la noción de determinismo, generando una contradicción dialéctica entre la idea de lo determinable y lo no predecible en estas ciencias (Guespin, 2005).

Uno de los efectos de la pluridisciplinariedad y de la no-linearidad es generar cierta resistencia al cambio; es decir, el temor a dejar un concepto que se creía comprendido, útil y eficaz para entender una situación o resolver un problema, resistencia que ha de influir en el aprendizaje de la ciencia y en su conceptualización.

La Fisiología no es la excepción, por lo que se hace necesario hallar la manera de superar dichos obstáculos con la meta clara de facilitar el *Cambio Conceptual* disciplinar y llegar a un conocimiento científico. Una posible alternativa para poder superarlos es conducir a los estudiantes a darse cuenta de la contradicción existente entre los conceptos que ha adquirido a través de su experiencia previa y los nuevos.

También se podría considerar otra y es la de hacer que ellos puedan tomar conciencia de que su conocimiento es insuficiente para resolver una situación y que debe apoyarse en varias ciencias y vislumbrar varios posibles resultados que lo aproximen a un conocimiento más completo, ya que, de acuerdo con Zuleta (1994), después de enfrentarse a las obstáculos epistemológicos el estudiante da a luz nuevas ideas y a través de ellas llegan a transformar en concepto científico la idea inicial, la cual muchas veces surge del sentido común (Astolfi, 1989). Es esta la dirección para crear en el estudiante un conflicto intelectual frente a al conocimiento, a partir del cual pueden generarse nuevas construcciones conceptuales en la ciencia que le ocupa (Gilly, 1989).

En este sentido se ha enfocado el esfuerzo para construir un método didáctico que permita superar dichos obstáculos epistemológicos que se presenten en el proceso de conceptualización científica del estudiante de Fisiología Animal, en un intento por inducirle a captar esa contradicción, ayudándose con elementos de otras ciencias y disciplinas, con el fin de reconsiderar sus concepciones iniciales y construir otras más elaborada.



## 2.5. Síntesis

Desde hace algunas décadas se vienen observando unos fenómenos importantes en el contexto educativo, los cuales definen nuevas perspectivas pedagógicas y curriculares a nivel universitario, ligados a avances en la investigación educacional que permiten implementar diversas metodologías didácticas con el fin de mejorar la enseñanza de las ciencias en aras de lograr un aprendizaje significativo por parte del estudiante. Cabe citar entre ellos, el enfoque problematizante de la enseñanza (Astolfi, 2001, Guanche, 2005), el trabajo independiente del estudiante (Acevedo y Acevedo, 2002) y el cambio conceptual (Astolfi, 2001; Lapoint, 2002). De igual manera se incluye la Ingeniería Didáctica (Artigue, 2002; De Faria Campos, 2006), los esfuerzos por integrar los aspectos teóricos y prácticos de las ciencias (Álvarez, 2007) y la superación de los obstáculos epistemológicos en el aprendizaje de las ciencias (Fouley, 1979).

Se puede decir que entre los elementos enumerados en los anteriores párrafos y definidos previamente, existe un punto de unión importante para esta propuesta didáctica. El factor común es que todos son necesarios para la construcción de nuevo conocimiento, se fundamentan y exigen análisis de problemas, tanto como establecer conexiones entre fenómenos, conceptos, variables y situaciones. El otro punto de unión importante es que todos implican crear y trabajar con conceptos de alta complejidad.

Hasta el momento se ha abordado el panorama de la situación de la educación en lo referente a la didáctica de las ciencias biológicas a nivel superior, el contexto de la misma en la universidad colombiana, el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), el Cambio Conceptual, la pluridisciplinariedad y la no-linearidad como obstáculos epistemológicos y la integración de la teoría y la práctica en la enseñanza de las ciencias fisiológicas desde una perspectiva no médica.

Así mismo se ha hecho referencia a algunos trabajos de talla internacional en los cuales se abordó el enfoque problémico de la didáctica de la fisiología, como es el caso, de la aplicación del ABP en el curso de Fisiología Animal en el programa de Biología de la Universidad de Quebec en Montreal, incluyéndose igualmente la descripción de algunos trabajos realizados en esta área en universidades colombianas, como la Universidad Nacional de Colombia.

Para la presente investigación se ha tomado el caso de la enseñanza de la Fisiología Animal en el programa de Zootecnia en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, dónde se ha hecho evidente la problemática enunciada, particularmente en un par de temas, la termorregulación y el estrés térmico, los cuales revisten especial importancia dentro de la Fisiología y la producción animal.

Igualmente, se ha trabajado desde una perspectiva problémica y la influencia de ésta en la conceptualización científica de los estudiantes, ya que se parte del principio de que toda solución de problemas genera nuevo conocimiento y por ende debe llevar a un cambio conceptual en el aprendiz.

Para tal efecto, como se detalla en la metodología y en el análisis de resultados, se han medido variables como el efecto del momento en el cual se hacen las observaciones, las diferencias asociadas a los dos conceptos (termorregulación y estrés fisiológico) y la respuesta de los estudiantes frente a una situación problema. Igualmente se establecieron variables y categorías a partir de la codificación de la información para poder realizar el análisis detallado de la información, y los instrumentos utilizados para llevar a cabo las observaciones han sido encuestas, entrevistas y diario de campo.

Se considera que ambos temas sirven de modelo para la aplicación de métodos didácticos que permitan trabajar con un enfoque problematizante y de cambio conceptual para que el estudiante aprenda significativamente, construya conocimiento científico y lo aplique adecuadamente en su práctica profesional.

### **3. METODOLOGÍA**

Se presenta a continuación el tercer capítulo sobre la aplicación del ABP en la enseñanza de la Fisiología Animal en el programa curricular de Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. En él se incluyen los aspectos metodológicos considerados para llevar a cabo esta investigación, para lo cual se estudiaron diversas posibilidades desde los métodos de investigación aplicados en las ciencias de la educación y en la didáctica de las ciencias a nivel universitario, con el fin de determinar el tipo de estudio, la selección adecuada de la muestra (de estudiantes) a analizar, la elaboración de las encuestas y entrevistas, la implementación de la prueba piloto, la definición de variables y categorías, la selección y aplicación de programas de análisis de datos y finalmente la interpretación de los resultados.

Para ubicar al lector en el contexto académico universitario en el que se llevó a cabo el presente trabajo, se anota que dicho programa curricular, el primero en Colombia, fue fundado en 1962, tiene una duración 10 semestres y sus objetivos son formar profesionales en el campo de la producción animal bajo una connotación social, económica y de manejo racional de los recursos; capacitar al zootecnista en la conceptualización de los fenómenos que intervienen en la producción animal de tal manera que pueda interpretarlos, y así crear, proyectar y adaptar estrategias y tecnologías para la obtención racional de productos pecuarios que contemplan un valor social y económico. Además se ha creado la especialización en Nutrición Animal y la maestría en Producción Animal y actualmente el programa curricular cuenta en su inmensa mayoría con profesores de dedicación exclusiva y con doctorado, algunos de medio tiempo y ocasionales; se tienen laboratorios de las diversas áreas y granjas de producción con varias especies animales domésticas como bovinos, porcinos, aves y caprinos.

A partir de la última modificación curricular del año 2007, el programa posee 179 créditos exigidos, de los cuales 47 son de las áreas de fundamentación, 96 de la disciplinar o profesionalizante y 36 electivos. A los cursos de Fisiología Animal se le han asignado 16 créditos, lo cual permite entrever el peso que ella tiene dentro de la carrera y por supuesto en lo que se refiere a la formación académica y profesional de los estudiantes.

De otro lado, en lo que se refiere al enfoque epistemológico de esta investigación, se indica que se intenta observar el proceso de construcción de saberes o conceptos dentro de la Fisiología Animal por parte de los estudiantes, basándose en el principio del ABP de centrarse en los estudiantes y de percibir a los individuos como aprendices activos que construyen saberes.

De acuerdo con la problemática y objetivos presentados al inicio de este proyecto, se intentó responder las siguientes preguntas desde la perspectiva de la didáctica de las ciencias y de la aplicación del método ABP:

¿Podría un problema científico servir de conector entre la teoría y la práctica en la enseñanza de las ciencias fisiológicas?

Y como pregunta central: ¿Cómo establecer una metodología didáctica fundamentada en el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) que integre la teoría y la práctica, favorezca la conceptualización científica respecto a los fenómenos de termorregulación y estrés y que permita la construcción de saberes en la enseñanza de la Fisiología Animal en el programa curricular de Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín?

Para darles respuesta se estableció el objetivo general de crear, aplicar y evaluar una estrategia didáctica basada en el ABP que integre la teoría y la práctica y facilite el cambio conceptual en los fenómenos de termorregulación y estrés térmico en el curso de Fisiología Animal del programa de Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia (Sede Medellín).

Y como objetivos específicos, los siguientes:

- Investigar el proceso de cambio conceptual de los estudiantes con respecto a los fenómenos fisiológicos de termorregulación y estrés fisiológico.
- Definir si el problema científico planteado durante el curso favorece el cambio conceptual y sirve de conector entre la teoría y la práctica en la enseñanza de la Fisiología Animal.

### **3.1. Proceso Metodológico**

Este es un estudio de caso, explicado por Arzalaz (2005) como una manera de organizar y analizar cualitativamente la información con base en uno o varios aspectos determinados, que permite investigar profundamente un proceso sin la intención de generalizar un concepto o resultado en el sentido estadístico del término; éste fue llevado a cabo en la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, con una muestra de ocho estudiantes de la asignatura de Fisiología Animal del quinto semestre de la carrera de Zootecnia, trabajando específicamente en uno de los capítulos de dicha materia: el de la termorregulación animal, dada la importancia que el mismo representa en lo que concierne a los fenómenos adaptativos de los animales.

Con el fin de lograr los objetivos previamente señalados, se ha recurrido al enfoque problémico para estudiar el proceso de Cambio Conceptual a partir de los fenómenos de termorregulación y estrés fisiológico, así como el efecto de la unión teoría-práctica en la enseñanza de la Fisiología Animal. Para ello se propuso aplicar el método de Aprendizaje Basado en Problemas, ABP, creando una situación didáctica problémica con el fin de que los estudiantes resuelvan un problema abierto de orden científico utilizado como móvil y medio de aprendizaje de acuerdo a lo sugerido por Charnay, citado por Astolfi (2001). Una de las razones para implementar dicho método es que la fisiología, dado su carácter integrador de conceptos (Silverthorn, 2009), permite elaborar problemas complejos a través de los cuales se estudien fenómenos de importancia zootécnica, como también el hecho de poderse aplicar en las clases teóricas y en las prácticas de campo que se llevan a cabo directamente con los animales.

Las etapas que se siguieron fueron las siguientes: selección de la muestra de estudiantes con la que se ha de trabajar; creación del enunciado del problema científico; elaboración de las encuestas y entrevista; prueba piloto con docentes y estudiantes; trabajo de campo y recolección de datos; análisis e interpretación de resultados.

#### **a. Selección de la muestra de estudiantes**

Para realizar la investigación, en primer lugar, previo consentimiento de los estudiantes para los requerimientos del Comité de Ética de la Universidad de Montreal, se aplicó al grupo completo de estudiantes de Fisiología Animal el cuestionario exploratorio sugerido por Bagheri et al (2002), seleccionando una muestra de ocho estudiantes, aproximadamente el 30% del grupo, con el cual y de acuerdo a lo sugerido por Salamanca y Martín-Crespo (2007) se puede entrar a definir o explorar una realidad.

Con ese instrumento se exploró el campo asociativo del estudiante alrededor de un tema y el grado de conocimiento que tenía sobre un concepto científico (Robitaille, 1997), que en este caso fueron dos: la termorregulación y el estrés fisiológico en animales.

Igualmente se respalda esta decisión con lo observado a nivel de algunas universidades donde aplican el método ABP en Fisiología Animal en grupos pequeños, y a su vez se ajusta a la disponibilidad de los recursos económicos, humanos (número de profesores) y de tiempo con los cuales se cuenta en la institución donde se llevó a cabo esta investigación. Dicho cuestionario, aplicado en la primera clase antes de comenzar el capítulo se hizo solicitando a todos los estudiantes que definieran por escrito y de la manera más completa y precisa posible (máximo 30 palabras) los conceptos de termorregulación y estrés animal (ver anexo 1), lo que permitió conocer el nivel de formulación inicial que traían los estudiantes; con base en ello se realizó una selección aleatoria y posteriormente se evaluó la evolución de los conceptos a través del curso (Robitaille, 1997).

Fue con los estudiantes de esta muestra con quienes se realizó la prueba durante un lapso de tres semanas; se determinó este tiempo debido a que es la duración real del capítulo en el cual se estudia la temática sugerida en el curso de Fisiología Animal en el programa curricular de Zootecnia. A través de este período se impartieron dos módulos teóricos por semana de acuerdo al horario preestablecido para esa asignatura; a partir del primer módulo los estudiantes conocieron el problema planteado con el cual se abordaría la temática de termorregulación y el método ABP. En estas clases la profesora impartió algunos conceptos temáticos básicos respecto a la termorregulación, realizó una introducción del tema haciendo énfasis en la importancia zootécnica del mismo, y los estudiantes escogidos al azar, se responsabilizaban por la presentación del tema guiados por un derrotero conocido con antelación, exponían sus inquietudes respecto al tema y eran resueltas entre todos.



La profesora, quien actuaba como guía, planteaba preguntas que orientaban la discusión, más trataba de no intervenir demasiado permitiendo que los estudiantes llegaran a sus propias conclusiones y a la elaboración de los conceptos relacionados con el tema.

Se siguieron las fases de la *Ingeniería Didáctica* indicadas por De Faria Campos (2006):

- Análisis preliminar de las concepciones de los estudiantes.
- Concepción y análisis a priori de las situaciones didácticas.
- Experimentación con una población de estudiantes investigada, lo que supone la explicitación de objetivos y condiciones, el contrato didáctico, la aplicación de instrumentos de investigación y el registro de observaciones.
- Análisis a posteriori y evaluación: análisis de datos recolectados, establecimiento de relaciones entre ellos, validación y confrontación.

#### **b. Creación del enunciado del problema científico**

Con base en los preceptos de Astolfi (2001) planteados en el marco teórico, en lo que se refiere al planteamiento de un problema, el que se presentó a los estudiantes ha sido el siguiente:

*“Se tiene una finca ganadera en una zona a 800 msnm 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 (Bosindicus 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 pintoj 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, sometidas a estos cambios de temperatura, 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”.*

Este problema se dio a conocer desde la primera clase, a partir de la cual los estudiantes lo comenzaron a analizar con base en lo visto en clase y en su trabajo independiente. Se describe en el problema una situación a resolver, se indica que hacer (medir los parámetros fisiológicos de los animales) y se evidencia qué se quiere que el estudiante explique (en este caso explicar el proceso de adaptación fisiológica de los animales a los cambios de temperatura).

Posteriormente, después de la última clase, se fue a la práctica de campo en una de las fincas de la Universidad, ubicada en una zona ecológica de bosque muy seco tropical, según la clasificación Holdridge, la cual dada su clima es óptima para el trabajo sobre termorregulación y estrés fisiológico en animales. En la práctica los estudiantes tuvieron a su disposición la orientación de los dos profesores que han realizado acompañamiento durante todo el proceso, la ayuda de un auxiliar de docencia, la guía, los animales y el equipo necesario para medir los parámetros fisiológicos y realizar las pruebas respectivas.

Se pide que el estudiante observe y analice la situación, registre la medición de los parámetros fisiológicos que se le indican (frecuencias cardíaca, respiratoria y ruminal; temperatura corporal, pH de la orina), interprete y discuta con su grupo los resultados, sugiera y argumente al menos una solución desde la fisiología al problema propuesto.

Para el registro de los parámetros fisiológicos se recurrió a un formato que se presentó a los estudiantes antes de ir a la práctica (anexo 3), en el cual se indican las variables a medir. La medición se hizo dos veces, temprano en la mañana y otra después del mediodía, con el fin de tener una adecuada diferencia de temperatura ambiental.

### **c. Elaboración de encuestas y entrevista**

Con el fin de evaluar el cambio conceptual de cada estudiante desde el inicio hasta el final del curso con respecto a los fenómenos de Termorregulación y Estrés Fisiológico, se aplicó el instrumento de la encuesta transversal (Calande et al, 1990) sobre el tema en tres momentos diferentes de la investigación:

Nivel 1, antes de comenzar con el tema, después del cuestionario exploratorio. Según Calande et al (1990), esto provoca al estudiante sobre su terreno de conocimiento previo para que exprese el saber que ya ha construido sobre un concepto, y así establecer sus concepciones y ubicarlas en su red semántica.

Las otras dos encuestas, las cuales tuvieron las mismas ocho (8) preguntas, se realizaron, una al terminar la teoría antes de ir a la práctica de campo con los animales (Nivel 2), y la otra al finalizar el trabajo de campo (Nivel 3). Éstas permiten evaluar el grado de evolución, nivel de formulación y comprensión de los preconceptos (Viau, 1995). (Ver anexo 2).

Las preguntas de la encuesta se formularon de manera tal que se pudiera ir dando forma a los conceptos de termorregulación y estrés fisiológico (preguntas 4, 6, 7), trabajando aspectos como la relación del animal con su ambiente externo (1, 2, 3, 8), los mecanismos que se puedan activar en el proceso de adaptación térmica del animal e incluyendo aspectos que puedan ser observados tanto en la teoría como en la práctica (2, 5, 8).

Las respuestas que dieron los estudiantes a las preguntas formuladas, permitieron saber cómo iban construyendo un concepto científico a medida que adquieren nuevo conocimiento y cuál es su progresión desde un estado inicial a uno mejor elaborado (Valbuena, 2007). Igualmente permitieron ver cómo influyen los aspectos teóricos y los prácticos sobre la calidad de los conceptos en cuestión, de acuerdo a los elementos de la teoría (clases, documentos) y de la práctica de campo que utilizaron en su definición en los niveles 2 y 3.

Finalmente se llevó a cabo un análisis a cada estudiante a través de las encuestas, para ver el nivel de formulación de cada concepto. Nivel que, según lo indicado por Astolfi (2007), puede evolucionar en generalización y abstracción a medida que se va enriqueciendo con las actividades del curso. En primer lugar se observó la estructuración personal de cada estudiante en lo que se refiere a la apropiación de un saber y la reorganización de saberes ya existentes (Astolfi, 2007) y también se analizó si recurren a otras disciplinas para explicar el mismo fenómeno (interdisciplinariedad) y si el enfrentarlos a resolver el problema científico (que se presentará posteriormente en esta misma sección), influye sobre su conceptualización científica.

Los diferentes enunciados obtenidos fueron revisados desde el plano epistemológico lingüístico, ya que la diversidad de léxico puede variar entre cada encuesta del mismo estudiante y entre los distintos estudiantes, como también desde el plano analítico, ya que cada enunciado puede relacionarse con un problema implícito o explícito, por lo que puede considerarse como un resultado (Astolfi y Develay, 1989). Igualmente, se consideró el efecto del método empleado (ABP), en cuanto a la calidad conceptual se refiere. Es decir, se analizó si a medida que avanza el curso, se va homogenizando o no el nivel de formulación de conceptos de los estudiantes.

Después de llevar a cabo las tres clases del curso teórico, la práctica de campo y las encuestas, se realizó a cada estudiante la entrevista descrita, la cual fue la herramienta para conocer cómo el entrevistado se relacionaba con el proceso y cómo había aplicado un concepto en la práctica. La entrevista fue aplicada individualmente para reconocer el proceso mediante el cual el estudiante resuelve un problema científico, cómo supera las dificultades encontradas y cuál es su percepción sobre la metodología empleada (Ver anexo 4).

Siguiendo lo sugerido por Lesourd (2009), las preguntas fueron formuladas de manera que el estudiante evocara su experiencia y se concientizara de ella hasta llegar a verbalizarla; quien le entrevista sólo le ayuda a poner en palabras lo implícito, realizando lo expresado de manera muy global para aclararlos. Su duración fue de 30 minutos/estudiante y estuvo conformada por dieciocho (18) preguntas, las cuales se formularon tratando de mantener una cronología cualitativa, indagando por las fases de la experiencia, la forma en que se dieron cuenta que había un problema, cómo y cuándo éste había sido resuelto, cuales elementos aplicaron y la concientización de su propio aprendizaje (metacognición).

Para su análisis se revisó cada pregunta, observando el nivel de claridad del estudiante respecto a su experiencia en el curso (preguntas, 1, 2, 8, 9, 14), cuáles fueron las estrategias empleadas para la solución del problema planteado (3, 4, 6), sus dificultades y fortalezas (5), y lo que él mismo percibió en cuanto a su cambio conceptual (11, 12, 17), la integración de la teoría y la práctica (7) y la interdisciplinariedad (13), su opinión, inquietudes generadas y sus sugerencias (10, 15, 16,18).

Vale anotar que para la elaboración de estas preguntas se contó con una experiencia previa en la prueba piloto realizada el año anterior, en la cual se pudo hacer un ensayo y el respectivo ajuste de las preguntas y de la secuencia del curso, como también del papel del grupo de estudiantes, del profesor, del entrevistador y del entrevistado para llegar a la prueba definitiva con un cuestionario bien elaborado.

#### **d. Preparación del personal y prueba piloto**

Con el propósito de apoyar el proceso, un docente ocasional del área de Fisiología Animal participó en la aplicación del método ABP, e igualmente, para que el equipo de trabajo adquiriera experiencia y cierta destreza en el manejo del método a implementar en la investigación, se llevó a cabo una prueba piloto con un grupo, a partir de la cual se evaluó la pertinencia y calidad de las encuestas, las entrevistas y los formatos para recolectar la información; se realizaron las correcciones del caso para luego ser aplicada la prueba definitiva.

Dada la novedad de la implementación de este tipo estudios y la escasa investigación que sobre métodos didácticos se ha realizado en la Universidad Nacional, en principio la investigadora tuvo que asumir a la vez el papel de profesora y entrevistadora, ya que por el momento no se cuenta con personal capacitado en estas áreas de estudio.

Ello puede considerarse un límite de este estudio, pero para darle validez al proceso y evitar o disminuir el sesgo que esto pudiera conllevar, se contó con la presencia de otra profesora ocasional (contratada mientras la investigadora realizaba el doctorado) quien acompañaba el desarrollo de la asignatura y del capítulo en cuestión, y a su vez el proceso de triangulación (Arzalaz, 2005) a través de la doble codificación de los documentos en el programa QDA miner, como se explicará posteriormente.

### **e. Análisis de datos**

La información recopilada a partir de este estudio de caso se analizó desde una perspectiva cualitativa, de acuerdo a lo explicado por Arzalaz (2005), con el fin de analizar y comprender los siguientes aspectos en una muestra de estudiantes, en un tema específico de uno de los capítulos de la asignatura Fisiología Animal, en el programa curricular de Zootecnia en la Universidad Nacional de Colombia:

- La evolución de los conceptos de termorregulación y estrés fisiológico en cada estudiante, desde la primera clase hasta finalizar el tema.
- La incidencia que tuvo el conocimiento previo de otras asignaturas y el adquirido en las clases teóricas y en la práctica de campo sobre el conocimiento de los estudiantes, su conceptualización y la resolución del problema propuesto.
- Cómo abordan los estudiantes el problema, cómo lo resuelven y cómo superan los obstáculos epistemológicos de la pluridisciplinariedad y la no-linearidad en dicho proceso.
- La influencia del método empleado sobre el cambio conceptual de acuerdo al nivel del proceso y al grupo al cual pertenecen los estudiantes.
- Cuál es la percepción del estudiante respecto al método empleado (ABP) y a los resultados que obtuvo al final del proceso.

Para este estudio se empleó el programa de análisis cualitativo de datos, QDA Miner, siguiendo estas etapas:

1. Creación dentro del programa de un archivo para el respectivo análisis de las encuestas y otro aparte para las entrevistas; el QDA miner llama “proyecto” a cada uno de estos archivos. Con base en esto, se creó un proyecto para las encuestas y otro para las entrevistas, por separado.

2. Transcripción al programa QDA miner de la información recopilada en las encuestas (Niveles 1, 2 y 3) y en la entrevista, pasando todo el texto tal cual lo respondieron los estudiantes para su posterior organización y codificación por medio del programa.

3. Organización de la información en cada uno de los dos proyectos, identificando cada encuesta y cada entrevista de acuerdo al nivel, el concepto y el estudiante que las respondió; a este conjunto triádico se le otorgó una identificación. Por ejemplo el estudiante 1(E1), en el nivel 1 (N1), que trabajó con el concepto de termorregulación (C1), se identificó como el caso E1N1C1. El mismo estudiante cuando trabajó con el segundo concepto, el de estrés fisiológico (C2), se denominó E1N1C2, y así sucesivamente con los demás. Fue esta triada, y no cada estudiante, la unidad de análisis o caso, a partir de la cual se procedió a codificar el texto. Es por esta razón que se hizo el análisis con la frecuencia de presentación, dada en porcentaje (%), de los códigos y de las interrelaciones de los mismos asignados a variables, categorías y subcategorías.

4. Codificación de los textos correspondientes a cada proyecto: al texto correspondiente a cada triada, es decir lo que había respondido cada estudiante, en cada nivel y para cada concepto, le fueron asignados los códigos de las variables y categorías con las cuales se trabajó. Estos se definen en el siguiente numeral y las respectivas convenciones aparecen en la tabla 1. Ello implicó leer y analizar frase por frase de cada texto, a veces palabra por palabra, para definir de la manera más precisa posible que código o códigos le correspondían. Una vez analizada cada porción de texto se asignaron los códigos, y ellos quedaron grabados en cada proyecto y en cada unidad de análisis en el programa QDA miner.



5. Recodificación: una vez hecha la primera codificación de los documentos, se hizo otra de manera totalmente independiente, con el fin de asegurar un mayor nivel de objetividad (Arzalaz, 2005). Los códigos utilizados fueron obviamente los mismos; lo que cambió fue el codificador, a quien previamente se le indicó como realizar el ejercicio.

6. Verificación y validez interna: a través del mismo programa se comprobó cuál era el porcentaje de coincidencia entre ambas codificaciones, con el fin de definir si éste era mayor del 70%, porcentaje sugerido para trabajar los datos con buena confiabilidad (Miles y Huberman, 1994).

7. Análisis y reporte: el programa QDA miner ofrece el respectivo hipervínculo de análisis y reporte de los datos recopilados, donde aparecen todas las sesiones y todos los datos y códigos trabajados.

### **3.2. Variables y categorías**

De acuerdo a la información recopilada a través de las encuestas y las entrevistas, se definieron variables y categorías (Liu y Ebenezer, 2002; Valbuena, 2007), cuyas interrelaciones fueron analizadas a través del programa y el hipervínculo “análisis”. Se hizo un análisis minucioso de cada texto y se trabajó con el porcentaje representativo de cada código con respecto al total de códigos de cada caso, con el fin de hacer una descripción detallada de lo reportado en las encuestas y las entrevistas. Se trabajó con cada caso (o unidad de análisis; vg. E1N1C1) y no con cada estudiante, debido al reducido tamaño de la muestra y porque analizar cada caso permitía encontrar más relaciones entre las variables y categorías, lo cual era el objetivo.

Así se trabajó con un pool grande de códigos, lo cual se considera que le da mayor validez al análisis. En esta investigación la codificación se realizó a través de la definición de las siguientes variables y categorías para analizar la información arrojada por las encuestas y la entrevista.

*Variables: son dos, nivel y concepto.*

- Nivel (1, 2, 3): se refiere al momento del curso en el cual se hizo la encuesta. Nivel 1, al comienzo del curso; nivel 2, después de impartir toda la teoría sobre el tema de Termorregulación y Estrés Fisiológico; nivel 3, al finalizar todo el proceso, es decir después de que los estudiantes recibieran las 3 clases teóricas y llevaran a cabo la práctica de campo.

- Concepto (C1y C2): son los conceptos sometidos a investigación, en lo que respecta al cambio conceptual logrado por los estudiantes. C1 corresponde al fenómeno de termorregulación y C2 al de estrés fisiológico.

*Las categorías determinadas para cada variable, son:*

- Nivel de formulación (NF), con valores de 3, 2, 1, 0. Se refiere a la calidad con la cual el estudiante define cada concepto. Se analizó la calidad del lenguaje utilizado, la coherencia entre las ideas expresadas y el nivel de veracidad y precisión de la respuesta. El 3 es el nivel de mejor formulación y el 0 el de menor.

- Cientificidad (C): 3, 2, 1, 0. Implica la terminología científica (tipo de lenguaje considerado más preciso), utilizada en la definición, tanto de fisiología como de otras ciencias; 3 el mayor grado de científicidad.

- Tipo de definición (Tyde): esta categoría se divide en teórico (T) la cual hace alusión a elementos exclusivamente de la teoría, práctico (P) en cuanto a la experiencia práctica del estudiante, teórico-práctico (TP) una combinación de los anteriores, y sentido común (Sc), entendido como la acepción corriente del lenguaje cotidiano de los dos conceptos en cuestión.

- Pluridisciplinariedad (PD): ésta es considerada uno de los obstáculos epistemológicos a observar en esta investigación y es entendida como el uso de conceptos de diversas ciencias para explicar un fenómeno común a ellas desde la perspectiva de cada una. Se divide esta categoría en SiPD: si hay pluridisciplinariedad, y en NoPD, cuando ésta no existe.

- Conocimientos previos (CP): Es el conocimiento adquirido por los estudiantes en otras asignaturas anteriores al curso de Fisiología Animal II, en el cual se llevó a cabo la investigación. Son los conceptos procedentes de las siguientes ciencias asociadas dentro del pensum con los cursos de fisiología animal II, como: biología, química, metabolismo, fisiología I, anatomía, suelos, pastos, entre otras.

- Referencia al problema (RP): esta categoría indica si el estudiante hizo alguna anotación sobre lo analizado a partir del problema planteado desde el comienzo del curso. SiRP significa que si la hay y NoRP que el estudiante no incluyó referencia alguna al respecto.

- Cambio conceptual (CC): 3, 2, 1, 0. Indica si se observa evolución en la conceptualización de los estudiantes entre el nivel 1 y el 3. CC3 es el valor que se le otorga al mayor nivel de cambio conceptual.

- Generación de teorías (GT): con esta categoría se quiso observar si el estudiante incursionaba en la proposición de teorías propias para explicar el fenómeno observado. Se divide en SiGT y NoGT.

Para las entrevistas las categorías son las siguientes, y se han basado en las preguntas realizadas a cada uno de los estudiantes:

- Identificación del problema: esta categoría indica la manera en que el estudiante explica como identificó y comprendió el problema, ya hubiera sido de una manera teórica (T), práctica (P), teórico-práctica (TP) o a través del sentido común (Sc).

- Linearidad: mediante este aspecto se quiere conocer si el estudiante percibe el dar solución a un problema como un proceso lineal o directo (SiL) o si por el contrario lo ve como un proceso de varias vías, es decir no-lineal (NoL).

- Integración teoría-práctica: este ítem permite saber si el alumno considera que el método aplicado le permitió integrar sus conocimientos teóricos y prácticos.

- Dificultades: ¿Cuáles fueron las dificultades que el individuo sorteó al momento de buscar solución al problema planteado y de definir un concepto?

Entre ellas están el trabajo de campo, la no-linearidad y la pluridisciplinariedad entendidas como obstáculos epistemológicos, el trabajo en equipo y otras dificultades, entre las cuales está el cambio de método y de profesor.

- Fortalezas: ¿Cuáles fueron, según la percepción del estudiante, los puntos fuertes que tiene al momento de buscar la solución al problema y de definir los conceptos científicos? En esta oportunidad se incluyeron los conceptos previos, el trabajo en equipo, la práctica o experiencia individual, la asesoría recibida durante el proceso y la pluridisciplinariedad, entendida ésta en este caso como la posibilidad de aplicar saberes provenientes de varias disciplinas.

- Importancia otorgada a las ciencias básicas: a través de esta categoría se quiso saber si las ciencias básicas cursadas previamente (vg. Áreas de biología, química y física) son importantes para dar solución a problemas y definir conceptos relacionados con fenómenos fisiológicos.

- Cambio conceptual: este aparte da a saber si el estudiante considera que el método didáctico aplicado en esta investigación lo condujo finalmente a un cambio conceptual.

- Pluridisciplinariedad: ¿Cree el estudiante que la pluridisciplinariedad mejora las posibilidades de solucionar eficazmente el problema planteado en este ejercicio y da herramientas para definir, entender y aprender mejor un concepto científico?

- Ciencias utilizadas: dicha categoría, muy relacionada con la anterior, especifica cuáles fueron las ciencias a las cuales recurrió el estudiante para explicar un fenómeno fisiológico y resolver un problema al respecto. Entre ellas se cuenta con la fisiología, el metabolismo, la química, la biología, la genética, pastos, suelos, anatomía, física, otras.

- Estrategias de solución de problema: ¿Según lo percibido por el estudiante cual fue su estrategia principal para enfrentar la situación problémica? Las opciones son: teórica, práctica, teórico-práctica.

- Percepción del efecto generado por la unión de la teoría y la práctica: ¿Desde la perspectiva del estudiante se considera positivo o negativo el efecto que se logra al unir teoría y práctica en la enseñanza de la Fisiología Animal?

- Secuencia de solución del problema: con esta categoría se muestra cual fue la secuencia aplicada por el estudiante para llegar a la solución de un problema de índole científica. Se establecieron tres etapas principales. 1= entender el problema; 2= aclarar conceptos; 3=discusión; y sus combinaciones 123, 131, 213, 231, 321, 312.

- Identificación de la solución final (Ident): ¿Cuál fue la vía para que el estudiante identificara que había logrado llegar a la solución completa y satisfactoria del problema? Las opciones fueron: por análisis de los resultados o por coherencia de los resultados desde lo teórico y lo práctico.

- Generación de preguntas (GP): ¿Logró este método generar preguntas en el estudiante respecto al tema en cuestión? Opciones: Si GP, No GP.

- Inducción de investigación: ¿Piensa el estudiante que esta propuesta didáctica induce en él una actitud investigadora?

Para el análisis final del cambio conceptual de cada uno de los fenómenos estudiados en esta investigación, con base en lo sugerido por Legendre (2002) y Liu y Ebenezer (2002), se establecieron dos categorías descriptivas: Categoría A: Definición de los conceptos de termorregulación y estrés fisiológico: a partir de ella se observó qué tan completa y acertada fue la definición ofrecida. Categoría B: Explicación del concepto: por medio de ésta 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.

Con el fin mejorar la precisión de las observaciones y aumentar la objetividad de las mismas y la validez interna de la investigación, se recurrió al proceso de triangulación (Van der Maren, 1996; Arzalaz (2005); Brewer y Hunter, 2006; Allal y Mottier-López, 2009), sometiendo esta investigación al escrutinio y a la crítica profesional, a través de todas sus fases de desarrollo (English y Furman, 2007), entre ellas la codificación de la información realizada dos veces por separado.

Simultáneamente se utilizó otro instrumento de registro de información, el diario de campo de la investigadora, llevado durante la clase teórica, la práctica y la entrevista (Anexo 5), mediante el cual se realizó un seguimiento del comportamiento académico de los estudiantes anotando hallazgos particulares, inquietudes y las observaciones que surjan durante las distintas etapas del proceso investigativo.

Establecidos estos criterios metodológicos y habiendo realizado el trabajo de campo con los estudiantes, a través de encuestas, entrevistas y diario de campo, tratando a su vez de mantener una validez tanto interna como externa y un proceso de triangulación adecuado, se registraron los resultados que serán analizados en la siguiente sección.

Tabla 1. Convenciones sobre variables y categorías.

Nombre	Convención
Nivel	N (1,2,o 3)
Concepto	C (1 o 2)
Nivel de formulación	NF (0, 1, 2 o 3)
Cientificidad	C (0, 1, 2 o 3)
Tipo de definición	Tyde (T=teórica, P=práctica, TP=teórico-práctica, Sc= Sentido común)
Pluridisciplinariedad	PD (SiPD, NoPD)
Conocimientos previos	CP
Referencia al problema	RP (SiRP, NoRP)
Cambio Conceptual	CC (0, 1, 2 o 3)
Generación de teorías	GT (SiGT, NoGT)
Linearidad	L (SiL, NoL)
Generación de preguntas	GP (SiGP, NoGP)
Secuencia de solución del problema	123, 132, 231, 213, 321, 312
Identificación del problema	Ident (T= teórica, P= práctica, TP= teórico-práctica, Sc= sentido común)

## **4. RESULTADOS**

Este capítulo ha sido dividido en cuatro partes, en la primera de las cuales se exponen los resultados de las encuestas y en la segunda los de las entrevistas; en la tercera el análisis respecto al cambio conceptual frente a los conceptos de termorregulación y estrés, y en la cuarta lo relacionado al análisis de correspondencias, para desembocar así al próximo capítulo con la discusión de los resultados dando respuesta a las preguntas de investigación formuladas.

Como se ha indicado en el capítulo anterior, se realizaron encuestas en tres momentos o niveles de la investigación (principio, intermedio y final) y entrevistas individuales al final del proceso, las cuales arrojaron los resultados que se presentan, analizan e interpretan a continuación. Se comienza mostrando una visión general para luego entrar en el análisis más particular de los datos y las relaciones existentes entre ellos, exponiendo en primer lugar el análisis cualitativo de las encuestas y luego el de las entrevistas, las cuales profundizan y complementan las primeras; para cada una de ellas se hizo un recorrido por las variables y categorías determinadas en la metodología. Cabe recordar que la información fue procesada con el programa QDA Miner y que el porcentaje de acuerdo entre codificadores fue del 80.6% para las encuestas y 72.2% para las entrevistas, ajustándose esto a lo indicado por Miles y Huberman (1994), quienes indican que dicho porcentaje debe superar el 70% para asegurar la confiabilidad y validez del análisis.

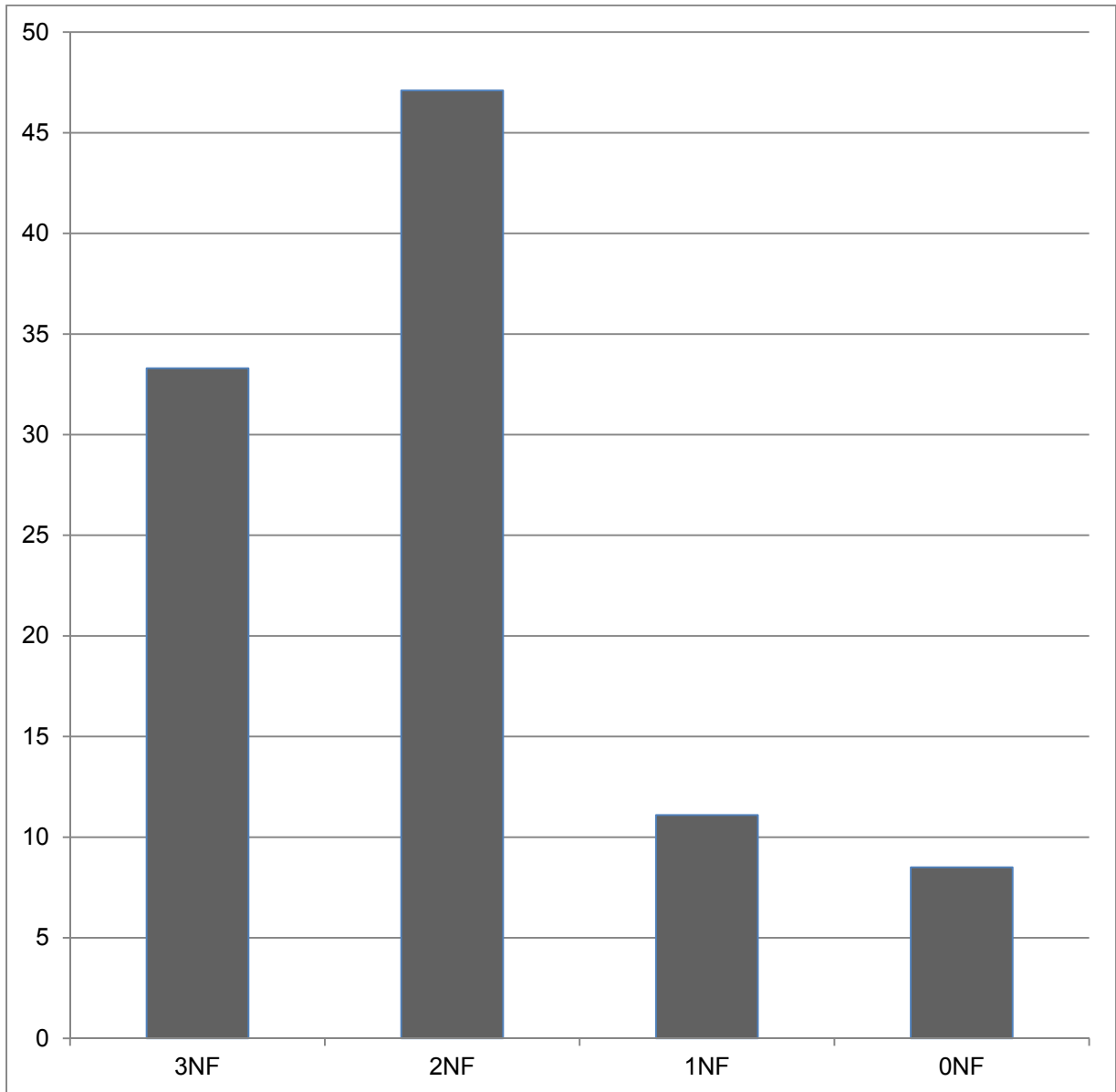
### **4.1. Resultados de las encuestas**

En principio se muestra el resultado global de cada categoría (nivel de formulación, científicidad, tipo de definición, cambio conceptual, pluridisciplinariedad, conceptos previos, referencia al problema y generación de teorías) estudiando los tres niveles de la investigación, para analizar específicamente las variables de Nivel (1, 2, 3) y de Concepto (1, termorregulación; 2, estrés fisiológico). Se analiza vía cualitativa describiendo los resultados obtenidos en las encuestas y entrevistas, y en las observaciones registradas en el diario de campo. Según lo indicado por Arzalaz (2005) y Salamanca y Martín-Crespo (2007), al haberse estudiado una muestra pequeña, se debe ser cauteloso en la aplicación de los resultados en otros casos.



**- Nivel de formulación:**

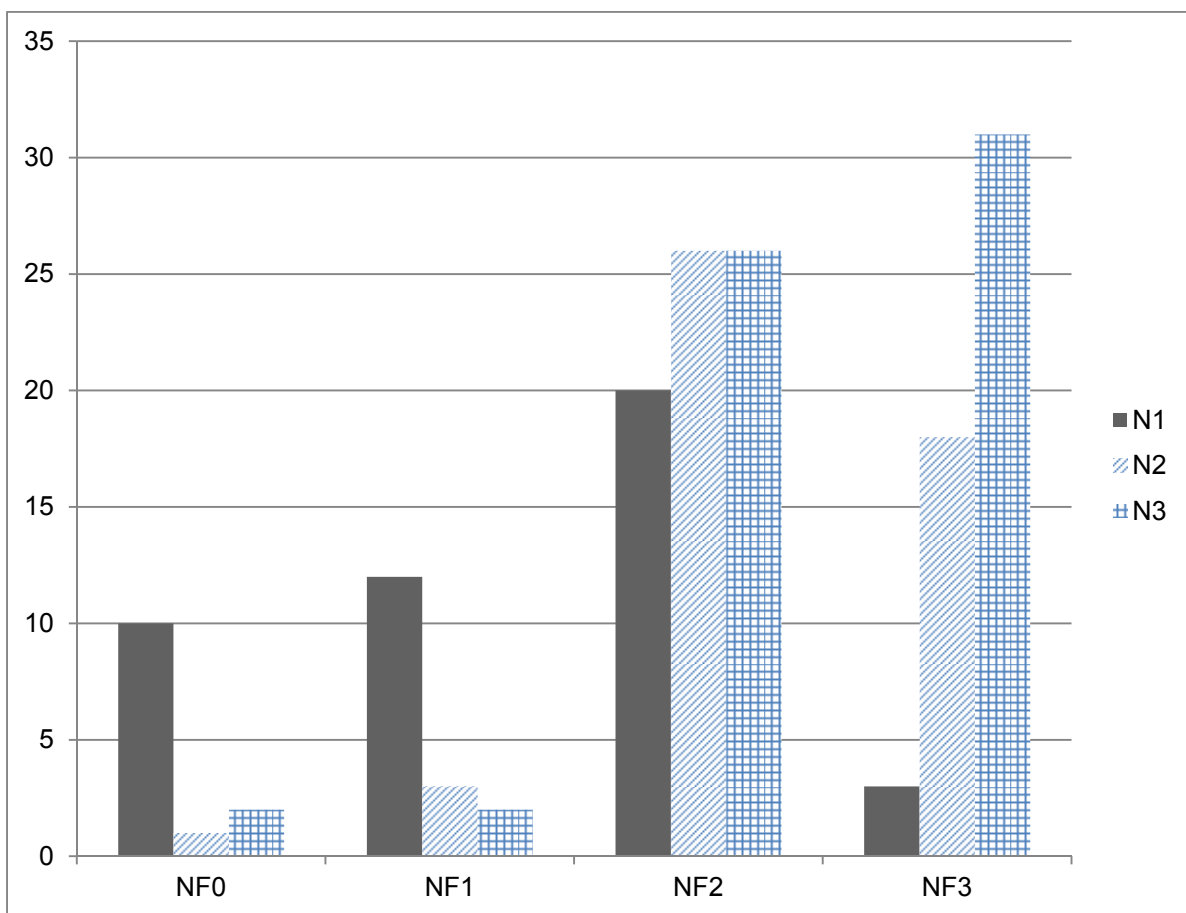
Gráfica 1. Nivel de formulación (NF) general (%).



Las siguientes tres gráficas muestran los resultados correspondientes a la variable Nivel de Formulación (NF), es decir aquella referida a la calidad con la cual el estudiante define cada concepto.

De manera general, la gráfica 1 señala que para la muestra de los ocho (8) estudiantes, los mejores niveles de formulación (NF2, NF3), aplicados en las dos fases finales de la investigación, o sea antes y después de la práctica respectivamente, corresponden a más del 80 % del total, mientras que los menores, 0NF y 1NF, no superan el 20%; ello quiere decir que después de aplicar el método incluyendo la teoría y práctica, los estudiantes lograron niveles de formulación mayores, logrando definir mejor los conceptos de termorregulación y estrés fisiológico. Desde un enfoque más particular, se entra analizar en la gráfica 2 la información obtenida de acuerdo a las variables Nivel de la Investigación (N1= al comienzo de la investigación, N2= después de la teoría, y N3= después de la teoría y la práctica); y en la gráfica 3 la relación con cada Concepto (C1= Termorregulación, C2=Estrés Fisiológico) y se observa lo siguiente:

Gráfica 2. Nivel de formulación (NF) de acuerdo al Nivel (N) de la Investigación (%).



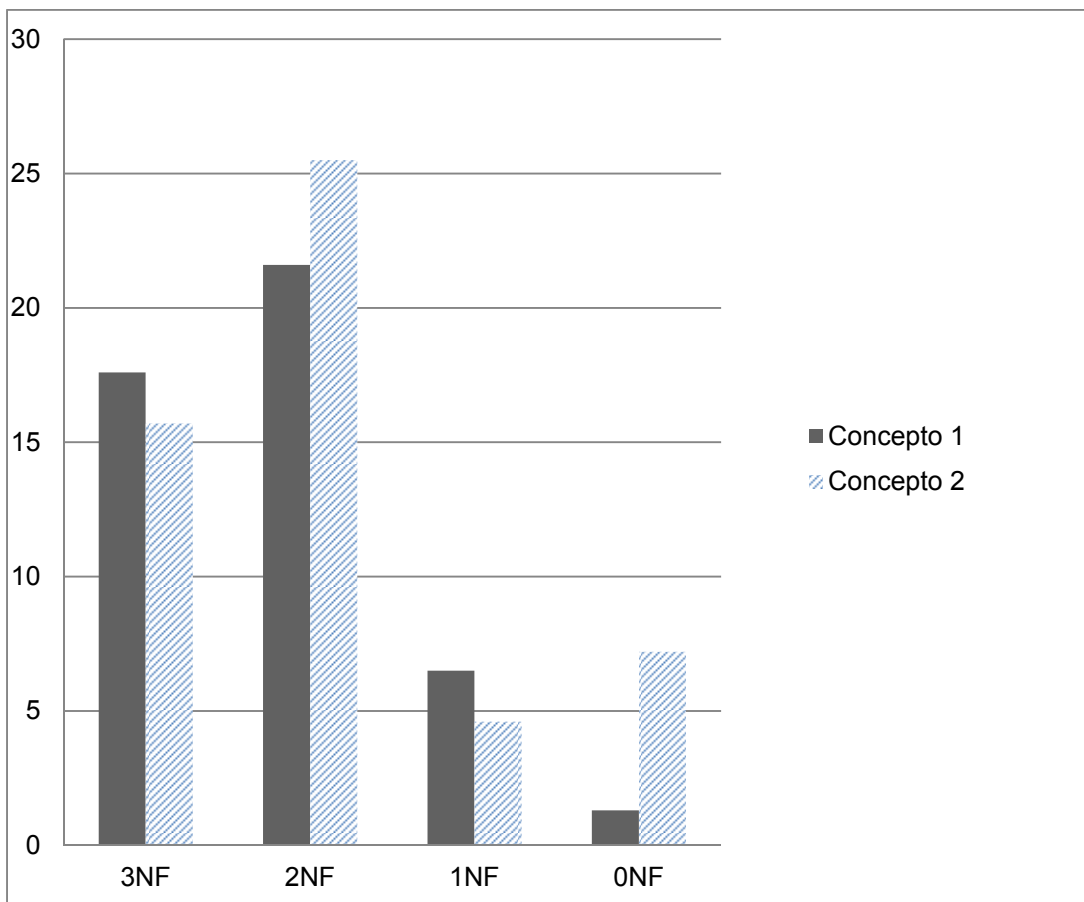
La anterior gráfica indica dos cosas: una, confirma lo expuesto en el análisis general indicando que los NF 3 y 2 predominaron en el estudio mostrando mayores porcentajes de aparición; dos, que el NF3 tuvo un crecimiento permanente entre el Nivel de Investigación 1 y el 3; el NF2 ascendió al llegar al Nivel 2 y luego se mantuvo constante y alto, mientras que los Niveles de Formulación 1 y 2 se redujeron ostensiblemente quedando con valores mínimos cercanos a cero hacia el final del proceso. Lo parece indicar que a medida que se pasa por los tres niveles de la prueba y se va aplicando el método ABP se mejora el nivel de formulación, debido probablemente a que los estudiantes van interiorizando los conceptos teóricos y tienen la oportunidad de aplicarlos, analizarlos y evaluarlos en la práctica de campo; es probable que al trabajar desde el principio en la solución del problema científico favorezca tal situación, ya que van enfocándose en él y agregando el conocimiento adquirido en el curso.

Es notorio el cambio del NF 3 del Nivel de Investigación 2 al 3, ya que pasa de 18 a 31%. Se recuerda que la diferencia entre estos dos niveles es la experiencia adquirida en la práctica de campo, indicando esto que el llegar a ella tras recibir los conceptos de la teoría respecto a los procesos de termorregulación y estrés y haberse enfrentado a un problema desde el inicio del curso, puede favorecer la conceptualización del fenómeno observado. Así mismo se considera importante el trabajo en equipo que se dio durante la práctica, el cual fue mayor que en las clases teóricas según lo observado en el diario de campo, ya que el espacio y las actividades de observación y medición de variables se prestaron para ello.

No se puede decir que en esta investigación predominó el NF3, que hubiera sido el mejor escenario, pero el NF2, que es considerado bueno, permaneció constante, lo cual es interesante especialmente teniendo en cuenta que el tiempo de aprendizaje del tema fue corto. Podría ser posible que teniendo más tiempo para estudiar el tema, se obtuviera un mayor NF3; sin embargo, vale anotar que las condiciones de tiempo en las cuales se llevó a cabo esta investigación son las reales, o sea, estos son los tiempos que normalmente se asignan a la asignatura de Fisiología Animal en este programa curricular de Zootecnia, lo cual debe evaluarse con cuidado especialmente en estos momentos en que se evalúa la reforma curricular aplicada hace un par de años.

De otro lado, igualmente llama la atención la disminución en el porcentaje de presentación de los Niveles de Formulación 1 y 0, ya que ello significa que a medida que el estudiante integra sus conceptos previos con los nuevos, se aumenta su capacidad de conceptualizar científicamente los fenómenos de termorregulación y estrés, modificando su lenguaje inicial al incorporar otros términos más precisos en lo que se refiere al argot propio de la Fisiología Animal. Respecto a los niveles de formulación para cada concepto, con base en la siguiente gráfica, los más utilizados también fueron el 2 y el 3, sumando alrededor de 80% para ambos conceptos. Aunque existe bastante similitud entre ellos, el concepto de termorregulación (C1) registra el mayor porcentaje de NF3 y el menor de NF0, lo cual pareciera indicar que para los estudiantes el definir este concepto es más fácil que el de estrés.

Gráfica 3. Nivel de formulación (NF) de cada concepto (%).



Con el propósito de ilustrar lo anotado hasta el momento con respecto al Nivel de Formulación, se presenta a continuación un extracto de la definición de ambos conceptos, termorregulación (C1) y estrés fisiológico (C2), elaborados por dos estudiantes (E1 y E7) en los tres momentos del estudio (N1, N2 y N3).

**E1N1C1** Termorregulación: *Es el proceso propio de las especies animales con el que se busca mantener el equilibrio dados los cambios de temperatura. Estos cambios modifican las frecuencias respiratoria y cardíaca, como también los movimientos del animal y en las reacciones bioquímicas del cuerpo.*

**E1N2C1** Termorregulación: *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. Puede coincidir con sudoración, cambios en la respiración y la presión arterial. A veces deshidratación. Ante los cambios de temperatura el animal busca su estabilidad a través de mecanismos fisiológicos, como los neuroendocrinos, equilibrio ácido-base. El cambio en las frecuencias respiratoria y cardíaca suele ser proporcional al de la temperatura ambiental hasta cierto nivel. Pueden haber temperaturas críticas y mortales (TCI, TCS, TLI, TLS).*

**E1N3C1** Termorregulación: *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 cardíaca, respiratoria y ruminal, baja el pH urinario (se liberan H<sup>+</sup> para reducir la acidosis metabólica, que indica que hay un estrés fisiológico), influye sobre el equilibrio ácido-base-n se observó acidosis metabólica, aumenta la concentración urinaria (disminuye su dilución) 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. Hay zonas de termoneutralidad en las cuáles el animal no muestra cambios drásticos en sus parámetros fisiológicos. Se puede alterar la bioquímica del cuerpo apareciendo en orina sustancias como proteínas, sangre o trazas de otros elementos como úrea. No se observó temperatura crítica ni letal para el animal, lo que significa que el animal logró adaptarse. No se ven lactando en la hora más caliente.*

**E7N1C1** Termorregulación: *Tiene que ver con la temperatura del animal.*

**E7N2C1** Termorregulación: Mecanismos fisiológicos mediante los cuales el animal regula su temperatura corporal. Intervienen las hormonas. El animal activa mecanismos para mantener sus parámetros fisiológicos dentro de los rangos propios de la especie. Hay rangos de temperatura en los cuales el animal no tiene que esforzarse por termorregular, es la zona de termoneutralidad o confort térmico.

**E7N3C1** Termorregulación: 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, cambiando la permeabilidad de la nefrona. Asa de Henle está en plena actividad. También se observó que su pH bajó, indicando que hay cambios en el equilibrio ácido-base.

La orina huele más fuerte. Respecto al problema, se vio como la madre puede seguir alimentando a la cría, o sea que ella se autorregula y mantiene líquidos para alimentar e hidratar a la cría. Ante el calor los animales se mueven menos. Su piel se siente más caliente y húmeda por el sudor y la temperatura rectal aumentó. No hay que tocar la piel del animal para sentir su calor, a algunos centímetros de distancia se siente el calor. También se alteró el sistema digestivo, disminuyendo la frecuencia ruminal del adulto. La materia fecal es caliente y seca. Siento que yo sudo más en la segunda parte de la práctica y me provoca no moverme, además tengo una sed tenaz. No he orinado en toda la mañana. Estoy reteniendo líquidos. El animal ya no saliva hacia el final de la práctica.

**E1N1C2** Estrés fisiológico: Estadio generado por el cambio de los factores que permiten la homeostasis de un ser vivo y la actitud que ese ser toma frente a los eventos. El animal se adapta a los cambios.

**E1N2C2** Estrés fisiológico: Evento que causa la pérdida de homeostasis de un individuo y modifica sus parámetros fisiológicos mientras se adapta al cambio. Intervienen los sistemas nervioso y endocrino y pueden alterarse otros como el renal, el digestivo el respiratorio y el circulatorio. Si no hay adaptación el animal se enferma o se muere. El estrés lo veo como un mecanismo de defensa y de adaptación a cambios medioambientales internos o externos. Las principales hormonas son la adrenalina y el cortisol.

**E1N3C2** Estrés fisiológico: Sumatoria de eventos que amenazan la homeostasis de un individuo, ante lo cual el animal intenta adaptarse. Para ello entran en juego factores neuroendocrinos, especialmente el cortisol y la adrenalina. En el caso del problema de este

*capítulo se puede decir que el estrés, mientras no sea excesivo, es la alternativa utilizada por el organismo del animal (y de las personas) para adaptarse a los cambios, por ejemplo en la práctica vimos, como a pesar de los cambios de temperatura ambiental y la variación de las frecuencias respiratoria y cardíaca, la temperatura y la perfusión capilar, los parámetros lograron permanecer en un rango normal para la especie. La madre se adapta y mantiene reservas para la lactancia de la cría. Ésta se ve sana. La madre pierde condición corporal, pero no se reporta enfermedad en ninguno de los dos; sin embargo debe ponerse atención ya que la cría se ve algo débil. Se puede pensar en suplementos nutricionales.*

**E7N1C2** *Estrés fisiológico: ninguna definición.*

**E7N2C2** *Estrés fisiológico; Cuando el animal tiene un cambio drástico y no encuentra la manera de regularse, afectándose así su comportamiento. Ante el estrés el animal secreta adrenalina y cortisol, que hacen variar algunos parámetros fisiológicos (temperatura corporal, frecuencias urinaria, respiratoria y cardíaca). También el temperamento puede variar temporalmente. Es un mecanismo de adaptación del animal ante cambios del medio ambiente externo o interno.*

**E7N3C2** *Estrés fisiológico: Estadio donde se encuentra en peligro la homeostasis del animal. Puede haber cambios en la frecuencia urinaria del animal o tornarse agresivo. En la finca vimos que el ganado busca la sombra y las crías tratan de quedarse cerca a la madre. Cuando se aumentó la temperatura ambiental los animales permanecían quietos, sus mucosas un poco secas. Las frecuencias respiratoria y cardíaca aumentaron debido a la acción de la adrenalina que activa los receptores adrenérgicos. El animal no mostró variación en la composición de la orina. Su frecuencia ruminal disminuyó, parece ser que sistema digestivo baja su funcionalidad. El estrés fisiológico puede ser estrés térmico. Lo veo positivo mientras se adapta el animal. No debe prolongarse demasiado ya que el animal podría enfermarse o afectar su producción.*

En la anterior secuencia de definiciones se aprecia la evolución que tuvieron los dos conceptos en los tres niveles, destacándose la paulatina integración de nuevos elementos cognoscitivos. En el Nivel 3 (N3) ambos estudiantes muestran un desarrollo conceptual similar, a pesar de las diferencias iniciales, particularmente en el concepto de estrés fisiológico, para el cual el estudiante 7 no aportaba definición alguna; finalmente se observa una homogenización conceptual, en lo que a nivel de formulación y calidad conceptual se refiere; esto se puede generalizar para los ocho

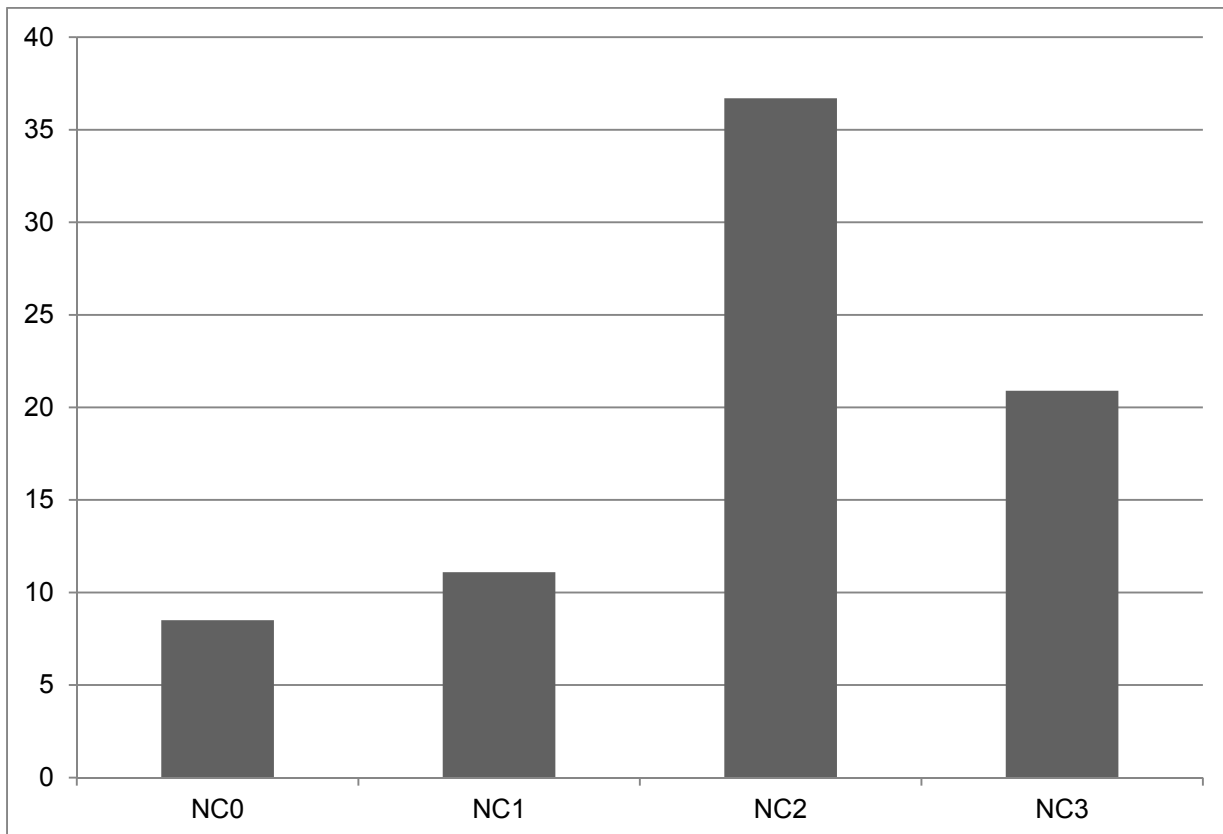
estudiantes, como bien se puede ver en las tablas 1 y 2. Vale indicarse que en cuanto a la definición como tal puede esperarse un poco más de síntesis y precisión conceptual, y que lo que se logra hasta el momento es más una descripción del proceso de termorregulación o de estrés.

- **Cientificidad:**

En esta investigación se ha trabajado con los conceptos de termorregulación y estrés fisiológico en animales, desde la óptica normal (no patológica) de la Fisiología Animal a nivel universitario en el programa curricular de Zootecnia, por lo que se espera un uso adecuado de los términos científicos, así como claridad y precisión adecuadas. A esto se le ha denominado “cientificidad” e implica la terminología científica (tipo de lenguaje considerado más preciso) utilizada en la definición de los conceptos evaluados; 0 es el menor grado de científicidad y 3 el mayor. Así, en la gráfica 4 se observó un 57.6 % en los niveles de científicidad más altos, el tres (3 Cient) y el dos (2 Cient), con respecto a un 19.6% en el 1 y en el 0, considerándose que esta situación surge del intento por aplicar el conocimiento adquirido a través del proceso de esta investigación en la definición respectiva.

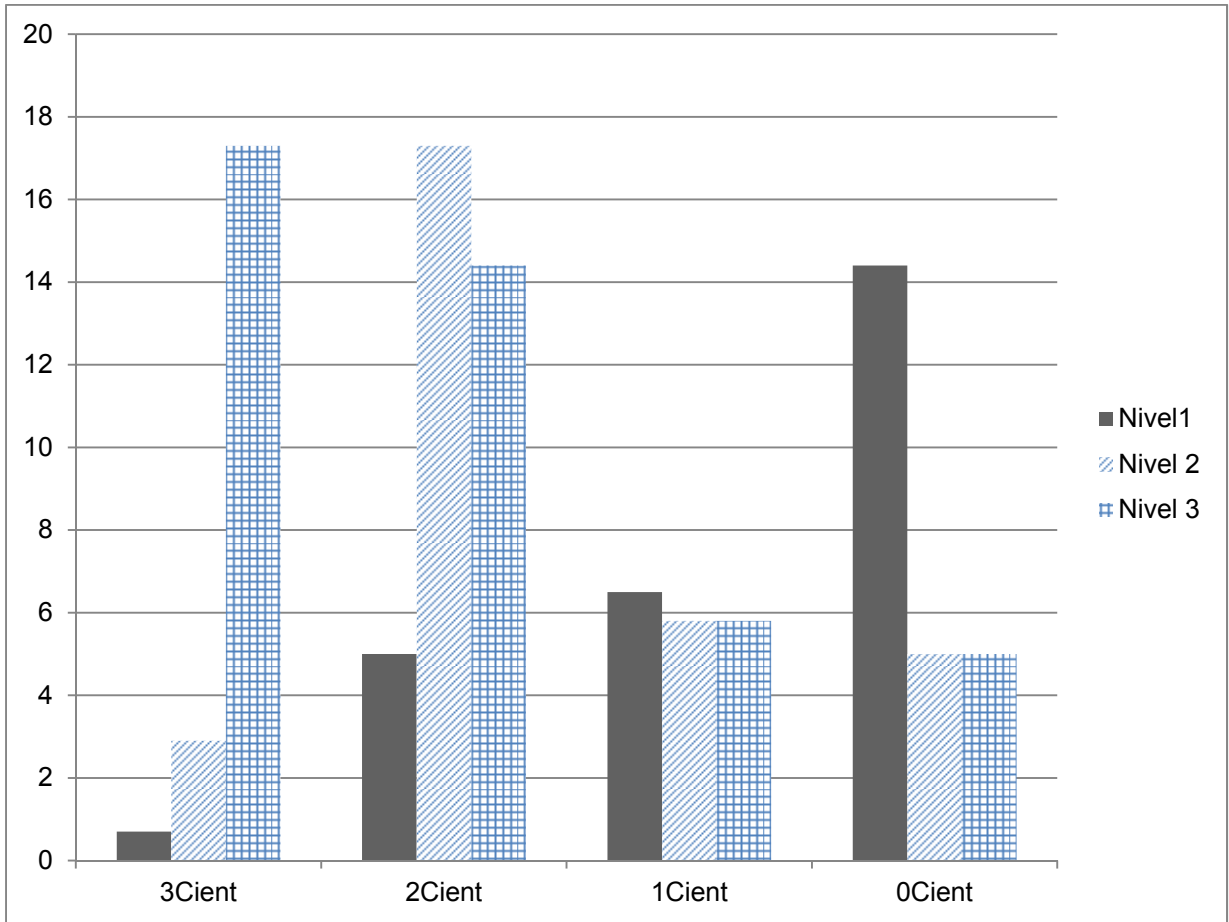


Gráfica 4. Nivel de cientificidad (NC) en la definición de los conceptos. Análisis general (%).



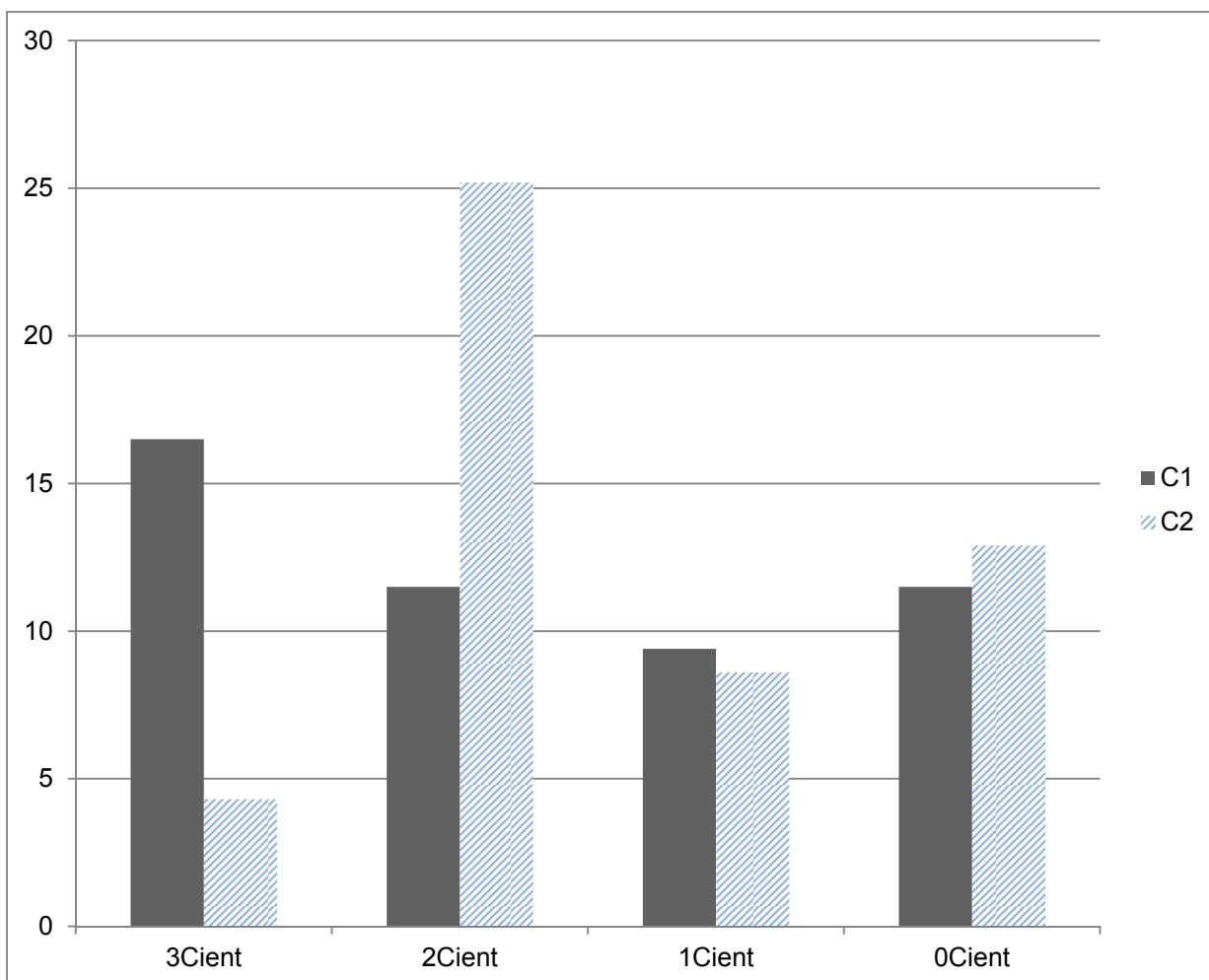
De modo más específico, esta variable presenta un comportamiento similar al de los niveles de formulación en los tres momentos. Como se podrá observar a continuación en la gráfica 5, la cientificidad 3 (3 Cient) aumentó hacia el nivel 3, cuando los estudiantes habían completado el curso teórico y habían estado en la práctica; además se aprecia un cambio notorio del nivel 2 al 3 para este nivel de cientificidad, y supera a la cientificidad 2 (2 Cient). Puede deberse a la influencia del último nivel, cuando los estudiantes han podido integrar los aspectos teóricos con la práctica y han analizado, discutido y resuelto problema, y han estado en contacto directo con los animales. También se debe reconocer que ya hay un trabajo en equipo más fuerte, que induce a nivelar el lenguaje entre los estudiantes para facilitar el entendimiento entre ellos.

Gráfica 5. Cientificidad de la definición según el nivel (%).



Obsérvese bien la siguiente gráfica referente a la científicidad de las definiciones para ambos conceptos. Lo importante en este caso es ver la diferencia entre ellos en el nivel de científicidad 3 (3 Cient): mayor de 15 para termorregulación (C1) y menor de 5% para estrés fisiológico (C2). En este último primó el nivel de científicidad 2, ratificando que la dificultad para definir dicho concepto puede ser mayor que para el primero.

Gráfica 6. Relación de la científicidad (Cient) por concepto (C) (%).



Se considera que los resultados descritos hasta el momento constatan que los estudiantes van construyendo conocimiento científico, apoyando de esta manera lo afirmado por Gijbels et al (2005) y contradiciendo a varios autores que negaban esta posibilidad, como es el caso de Albanese y Mitchel (1993), Vernon y Blake (1993), Colliver (2000) y Newman (2003). Se cree que el incrementar el nivel de científicidad en la conceptualización fue resultado del abordaje holístico del problema a resolver, hecho en el que se coincide con Sanson-Fisher y Lynagh (2005). Igualmente el hecho de haber aplicado la ingeniería didáctica dentro de la metodología de esta investigación, pudo haber conducido a evaluar la situación, ya que se analizó etapa por etapa la evolución de los conceptos, paso que no se llevó a

cabo en las investigaciones de Gijbels, Albanese, Mitchel, Colliver y Newman.

En lo que se refiere a su lenguaje científico se debe indicar que la claridad de las definiciones y explicaciones ofrecidas por los estudiantes les ayuda a romper con la resistencia a quedarse con los mismos conceptos, a pensar, a integrar conceptos nuevos, a analizar y así superar la propia ignorancia frente a un fenómeno. Según Valbuena (2007), es a través de este complejo proceso de interacciones entre saberes, problemas y fenómenos, cómo se va construyendo el conocimiento profesional teórico-práctico y van apareciendo nuevos saberes en el individuo. Se muestra a continuación una de las definiciones del concepto de termorregulación del nivel 3, como ejemplo del mejoramiento en la científicidad.

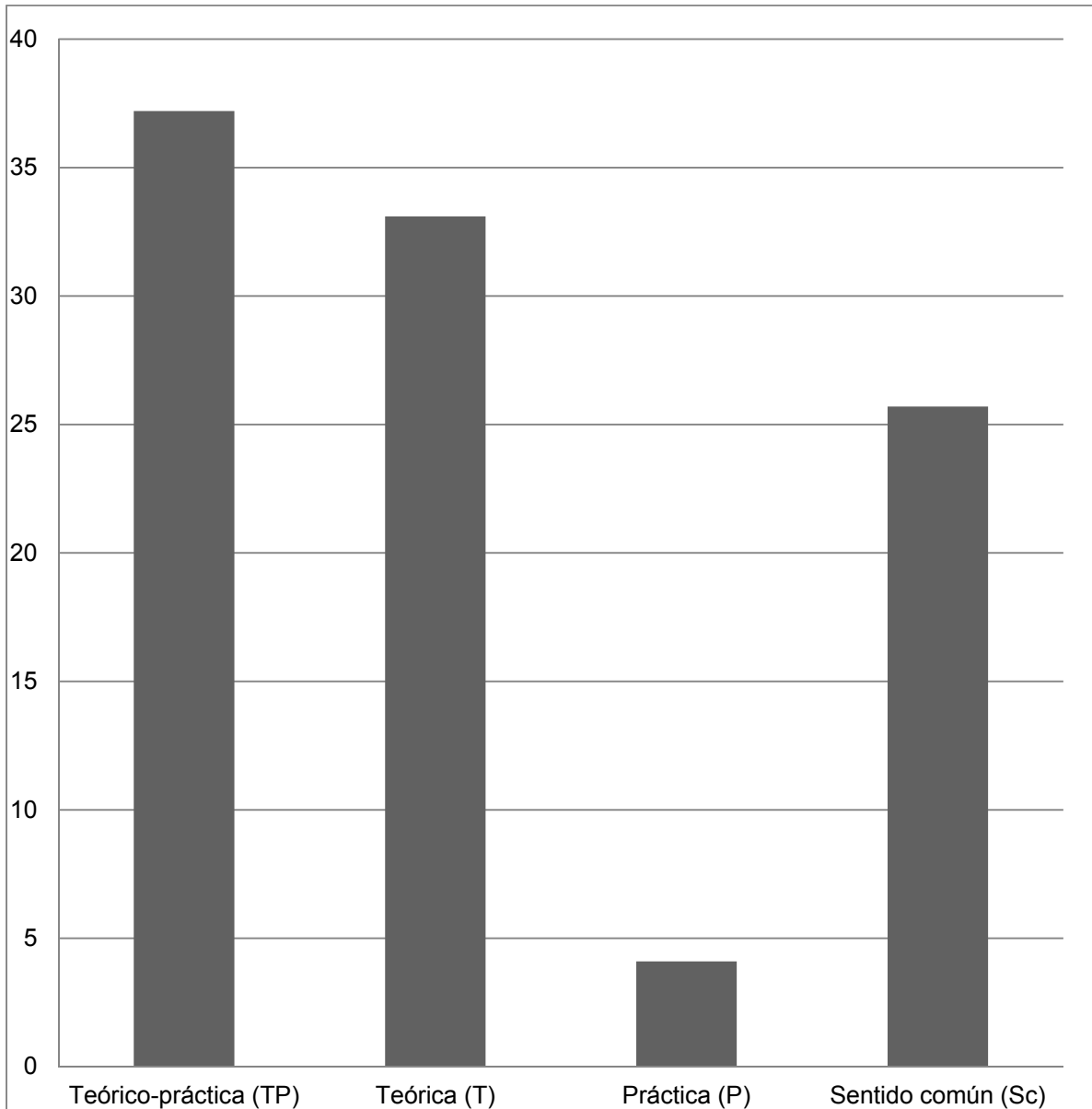
**E5N3C1** Termorregulación: Mecanismo por el cual el animal llega a un **equilibrio térmico** entre el medio ambiente interno y el externo, ajustando sus variables fisiológicas como la **frecuencia respiratoria y la cardíaca**. Éstas aumentan cuando sube la temperatura ambiental por encima de la **zona 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. O sea que se altera su metabolismo. La materia fecal es más caliente y seca, es decir por ella se libera calor. El cuerpo busca retener agua del alimento.

Nótese que el estudiante ha logrado incluir conceptos fisiológicos (en negrilla), ha integrado conceptos de otras disciplinas como la de metabolismo, lo cual es pluridisciplinariedad, y como además ha conectado los elementos de cada disciplina, se puede hablar de interdisciplinariedad. También relacionó el ambiente interno del animal con el externo, considerando al animal como un ser imbuido en el medio externo, no aislado. Esto no se evidencia en los demás estudiantes (ver tabla 1), ni en el concepto de estrés fisiológico (ver tabla 3). Compárese la anterior definición con la siguiente, que corresponde al nivel inicial del estudiante 5, que es considerado un buen ejemplo de cambio conceptual: **E5N1C1** Termorregulación: Regulación del calor del cuerpo.

**- Tipo de definición:**

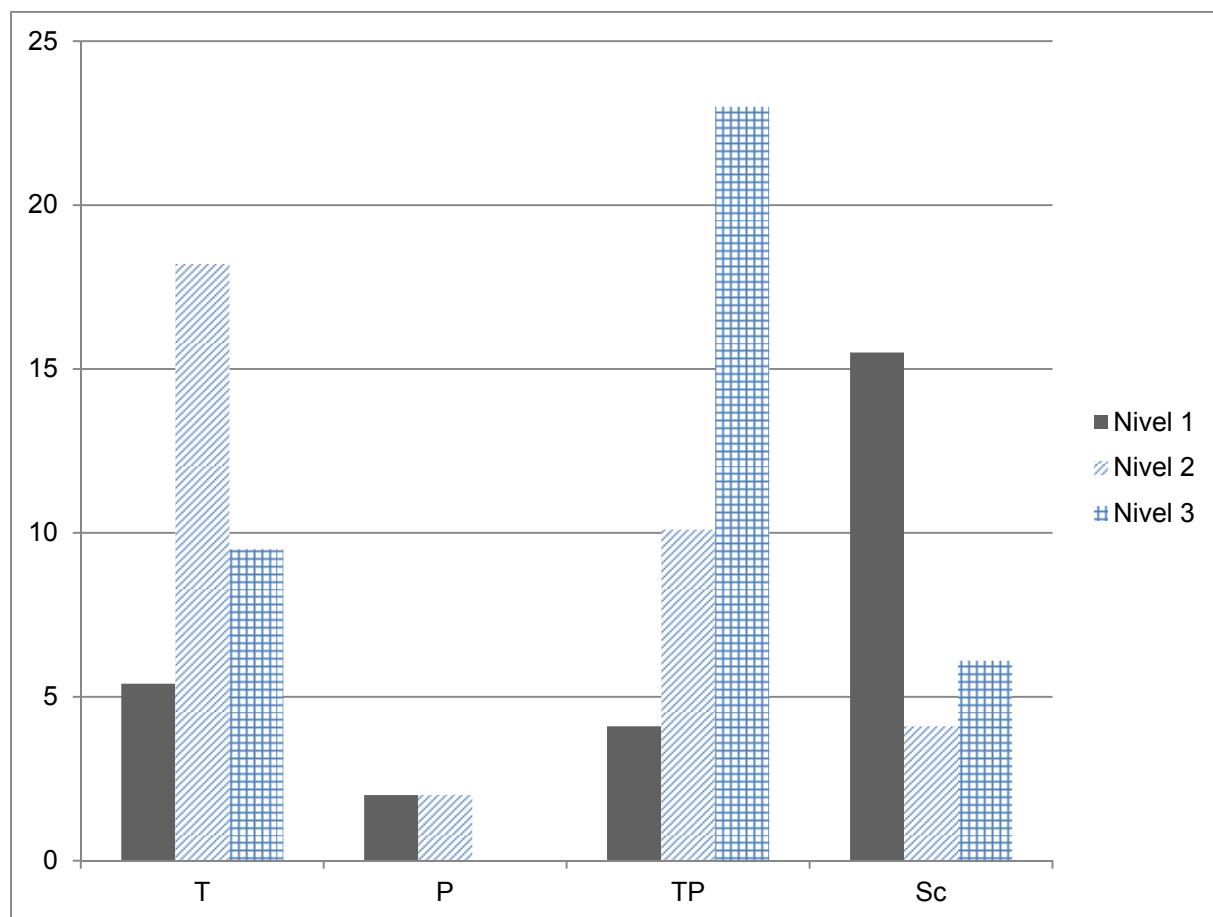
Esta categoría incluye los tipos de definición teórico (T), práctico (P), teórico-práctico (TP) y sentido común (Sc). Se puede decir con base en los resultados de la gráfica 7, que predominan la TP, la que más aumentó hacia el final del proceso.

Gráfica 7. Análisis general del tipo de definición (TP, T, P, Sc) (%).



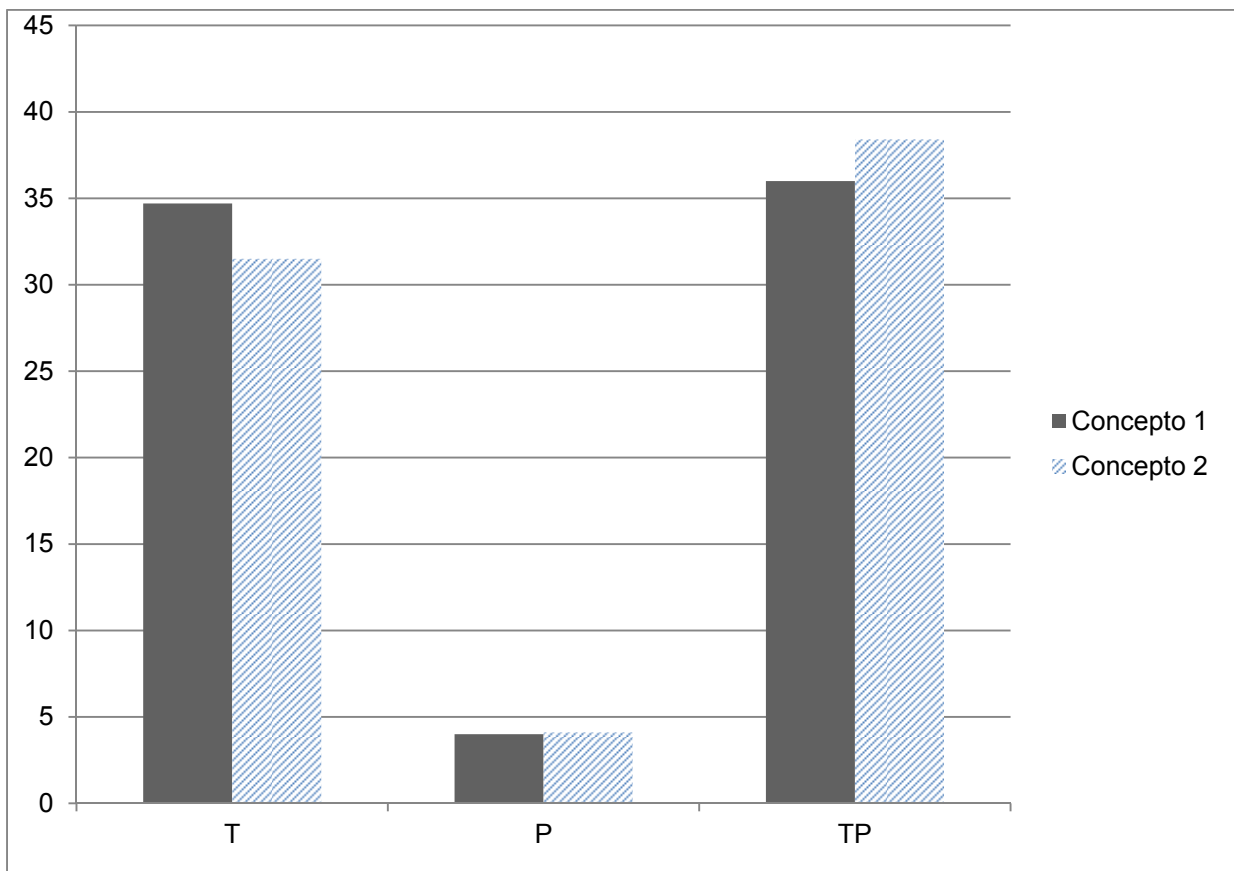
Al observar el comportamiento de la próxima gráfica, se ve que la definición de tipo práctico (P) es la menos aplicada en los nivel 1 y 2. Esto puede deberse a la poca experiencia práctica de los estudiantes. Ese tipo de definición no aparece en el Nivel 3; pudo ser reemplazada por la definición teórico-práctica (TP) lograda al final de la investigación, siendo ésta la de mayor valor. Predominan las definiciones T y TP, 40 y 30% respectivamente, siendo llamativa la evolución del último en el proceso. Igualmente notorio es el uso del sentido común; comienza alto, disminuye hacia el final, sin perderse del todo, lo cual es importante por tratarse de conceptualización científica de fenómenos analizados por los estudiantes, la cual va adquiriendo elementos específicos de la ciencia en cuestión, sin perder cierta dosis de sentido común, útil al momento de buscar la solución a un problema.

Gráfica 8. Análisis específico del tipo de definición (TP, T, P, Sc) por nivel (N) (%).



En el tipo de definición para los conceptos (gráfica 9), se confirma la situación para cada uno; tanto en el de termorregulación como de estrés fisiológico, el tipo de definición teórico-práctico (TP) encabeza la lista con valores de 36% y 38.1% respectivamente. En el mismo orden, la definición tipo teórica (T) le sigue con 34.7% y 31.5%. El tipo de definición práctico (P) es el menor para ambos conceptos. Al respecto es pertinente recordar que a los estudiantes se les mostraron las facetas teórica, práctica y teórico-práctica, lo cual implica que pudieron escoger entre ellas al momento de enfrentarse al problema, y probablemente el abordar un fenómeno exclusivamente desde su perspectiva práctica puede limitar la explicación y comprensión del mismo, por lo cual se ven en la necesidad de adicionar el conocimiento que ya traen desde la teoría, para comprender más ampliamente el fenómeno observado, explicar el problema al cual se enfrentan y finalmente dar una solución posible.

Gráfica 9. Tipo de definición (T, P, TP) utilizado en cada concepto (%).



Un ejemplo bastante dicente en lo que se refiere a la definición teórico-práctica de los fenómenos de termorregulación (C1) y de estrés fisiológico (C2), es el siguiente aportado por el estudiante 6 en el nivel tres, donde para ambos conceptos es clara la utilización de los elementos teóricos y la referencia a lo observado en la práctica directa con los animales, indicando que los estudiantes pudieron aplicarlos y hacer ellos mismos las mediciones de las distintas variables fisiológicas, así como trabajar, analizar y discutir los resultados en grupo.

**E6N3C1** *Termorregulación: 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. Con el aumento de temperatura aumentaron la frecuencia cardíaca, respiratoria; disminuyó la ruminal y la urinaria. Baja la cantidad de saliva secretada por el animal.*

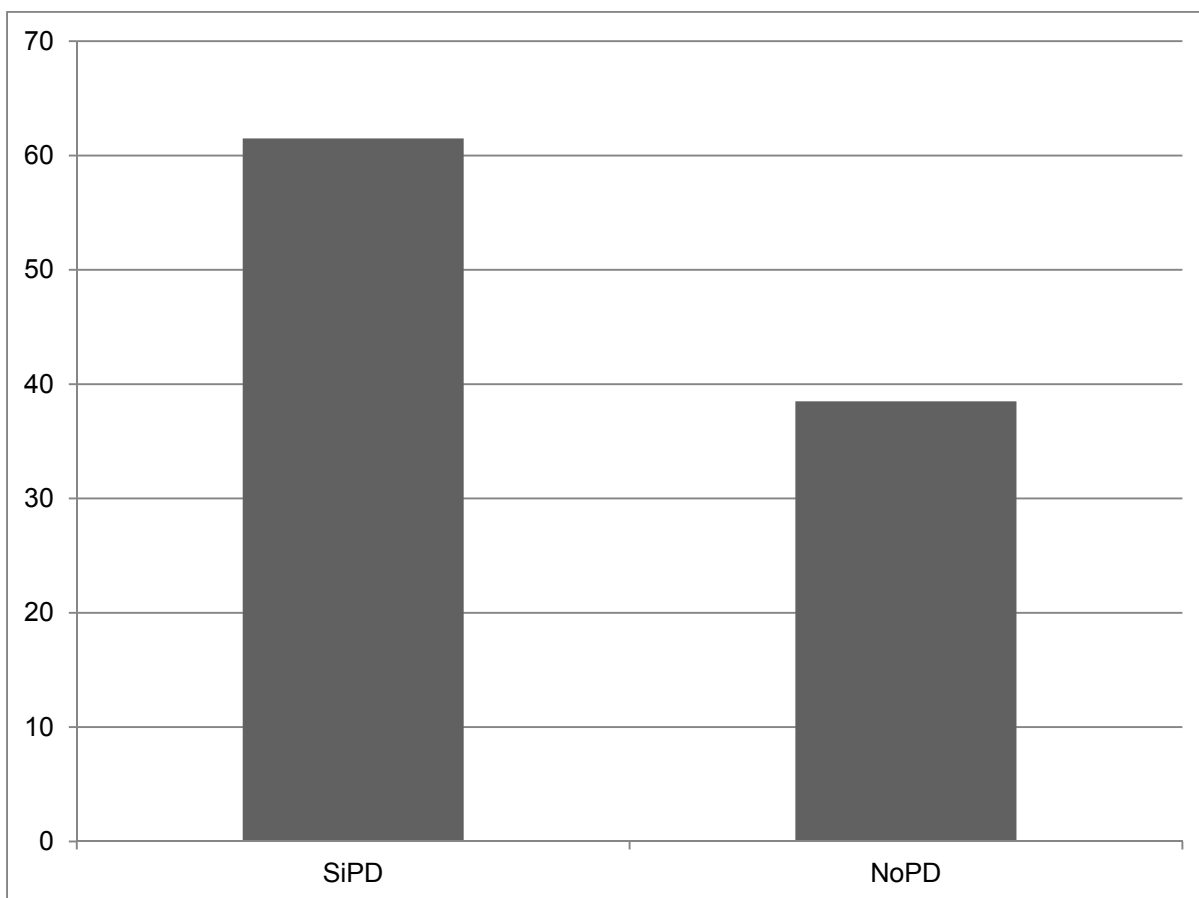
**E6N3C2** *Estrés fisiológico: Mecanismos que utiliza un animal para mantener sus parámetros fisiológicos normales a pesar de los cambios externos. En ese sentido es un proceso normal de adaptación En la práctica vimos que tanto madres como crías se estresan, pero el adulto se adapta más rápido. A pesar del estrés que vimos en la segunda toma de muestras y medición de parámetros se observó que la hembra sigue alimentando a su hijo. El amamantamiento calma a la cría y además lo hidrata y alimenta. El animal cuando está estresado comió menos. EL efecto de la adrenalina y el cortisol puede verse en el comportamiento del animal; están un poco más nerviosos en la segunda toma de muestras y de datos.*



## - Pluridisciplinariedad

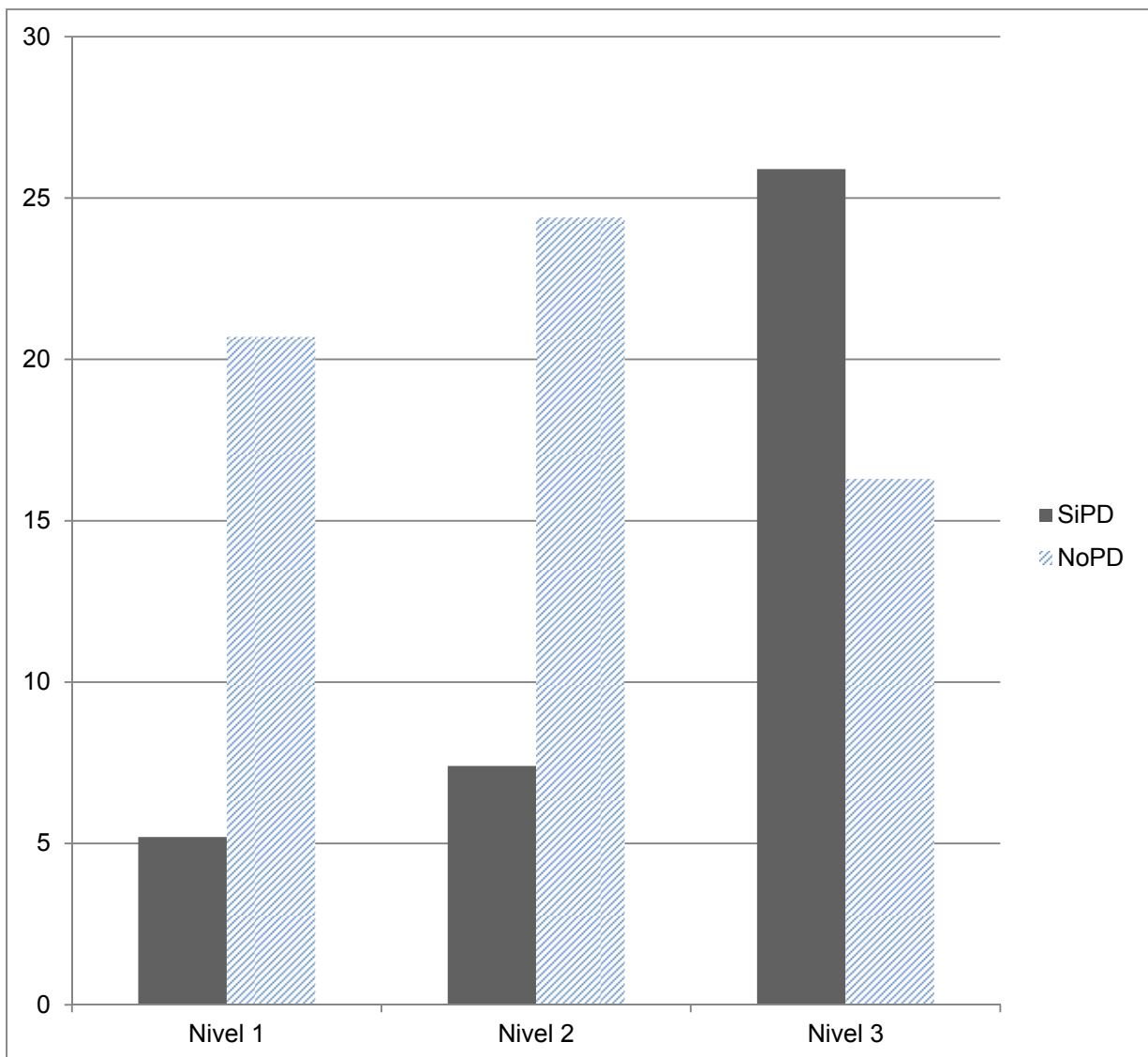
Ésta es entendida como la explicación de un mismo fenómeno a partir de varias disciplinas, y para efectos de este estudio interesa saber si la hay (SiPD) o no (NoPD). Para este caso muestra algo interesante y en apariencia contradictorio, que se complementa más adelante con la otra categoría de conceptos previos (CP). Se observa en una primera visión global que el código de la pluridisciplinariedad aparece en un 61.5 %, a pesar de ser considerada inicialmente como una dificultad; es más, después se verá cómo en la entrevista los estudiantes manifiestan que perciben la pluridisciplinariedad como una necesidad y una fortaleza para abordar el análisis del problema y para la conceptualización científica, a pesar de ser considerado en un principio un obstáculo epistemológico, algo que les dificultaba entender un fenómeno.

Gráfica 10. Pluridisciplinariedad. Análisis General (%).



El proceso que va experimentando este aspecto a través de los niveles de la investigación, es de un aumento continuo quintuplicándose desde el nivel 1 al 3, (ver siguiente gráfica), en 3 semanas de trabajo, durante las cuales los estudiantes van integrando conceptos de diversas disciplinas en sus definiciones llegando a su máxima expresión en el último nivel. Ello es debido a que ya han podido analizar el problema desde lo teórico y lo práctico desde hace varias semanas, como también han podido interactuar con el grupo de compañeros y se han visto en la necesidad de recurrir a varias ciencias para explicar y definir lo que observan.

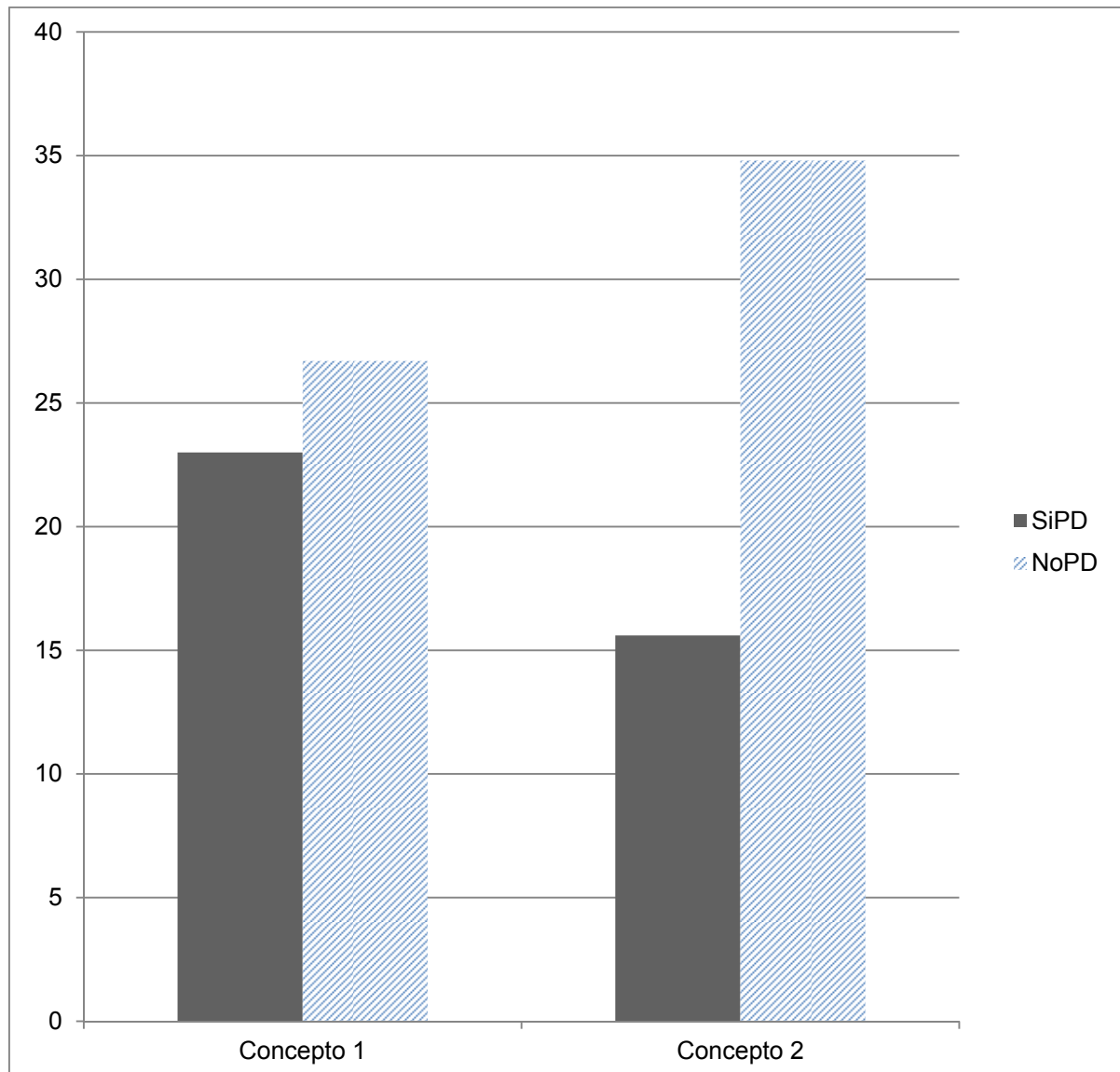
Gráfica 11. Pluridisciplinariedad (PD) por nivel (%).



Aunque en un principio los estudiantes mostraban una mayor tendencia a no aplicar la pluridisciplinariedad, a medida que se fue conociendo el tema y aprehendiendo el problema, las proporciones fueron cambiando y finalmente se observa que se recurrió a diferentes disciplinas para analizar y resolver el problema planteado, evidenciándose el mayor salto entre los niveles 2 y 3, y esto se asocia con el rol desempeñado por la práctica directa midiendo las diversas variables fisiológicas en el ganado, ligada a la teoría y al análisis previo de un problema relacionado con el tema en cuestión. Se hace notorio el uso de la pluridisciplinariedad, muy probablemente debido a que ya han recibido tres clases de teoría, conocen el problema a resolver, se ha discutido y trabajado en equipo y se llevaron a cabo el muestreo y las mediciones directamente en los animales, además de analizar lo anterior interrelacionándolo con el medio ambiente donde se desarrolló la práctica de campo.

Lo anteriormente citado indujo la necesidad de recurrir a interconectar varias disciplinas para explicar los fenómenos observados y para dar solución o soluciones al problema planteado, hecho que puede considerarse como un aporte importante del método ABP. En el caso de los conceptos se observan tendencias similares a las ya descritas anteriormente en las otras categorías; el de termorregulación, fue el fenómeno al cual los estudiantes aplicaron un mayor nivel de pluridisciplinariedad, y se podría decir que se logró trascender de la pluridisciplinariedad a la interdisciplinariedad gracias a la interacción de varias disciplinas para comprender un fenómeno fisiológico.

Gráfica 12. Pluridisciplinariedad (PD) por concepto (%).

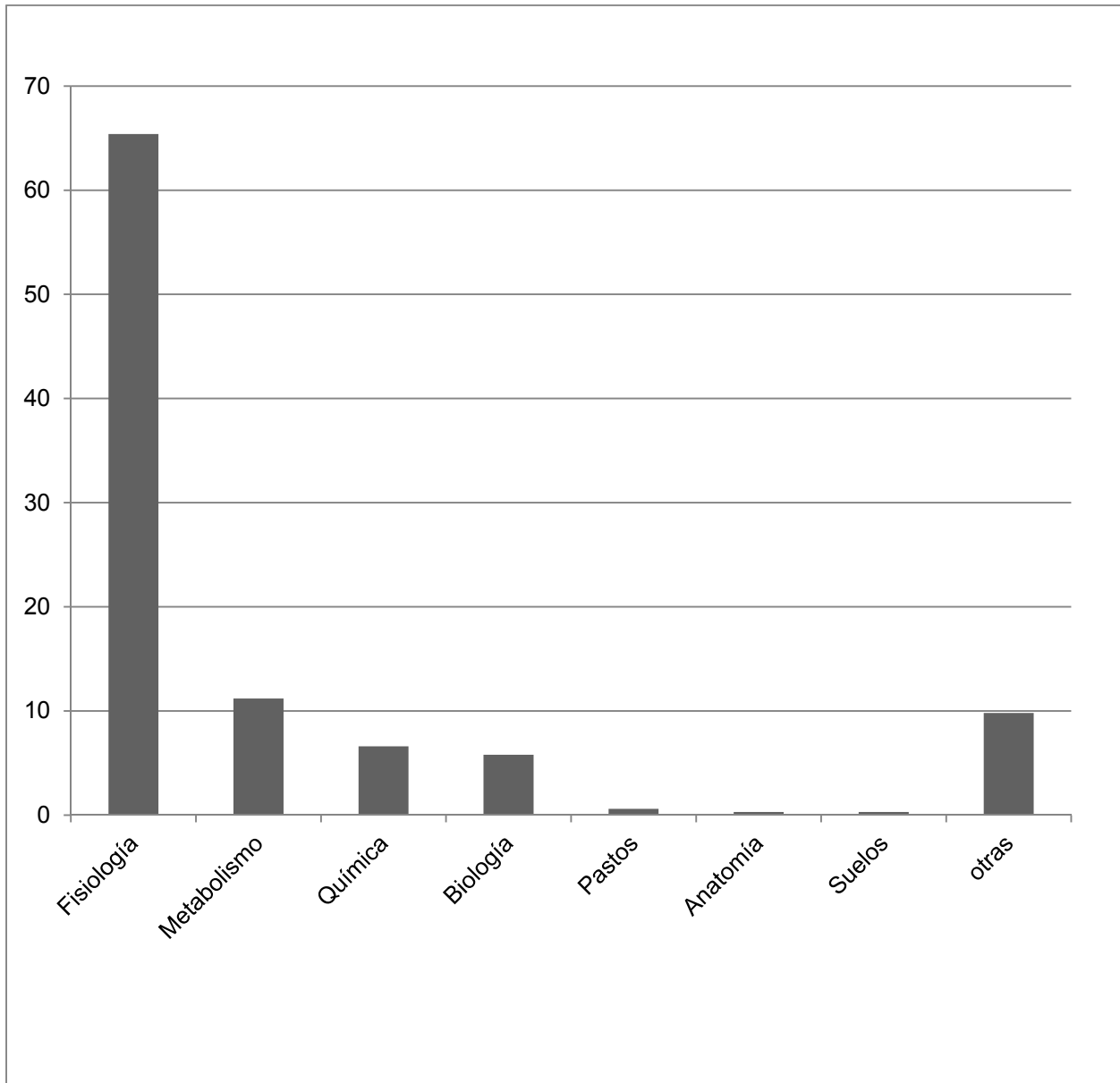


**- Conceptos previos utilizados en la definición de termorregulación y estrés fisiológico**

Con el término “conceptos previos” (CP) se hace referencia a la categoría que relaciona aquellos conceptos que traen los estudiantes desde otras ciencias o

asignaturas estudiadas antes de llegar al curso de Fisiología Animal; como bien se puede vislumbrar en la gráfica 13, apoyan los resultados obtenidos para la pluridisciplinariedad, ya que finalmente son estas disciplinas o ciencias las que convergen en ciertos momentos para dar explicación a un fenómeno en común.

Gráfica 13. Conceptos previos. Análisis general (%).



Obsérvese que el 65 % corresponde a conceptos de la misma fisiología; ésta

es una cuestión obvia pues ya los estudiantes han realizado el curso básico de Fisiología Animal I y el enfoque dado al presente trabajo se hace desde esta ciencia. Sin embargo hay entre los datos un grupo interesante de disciplinas conformado por el metabolismo, la química y la biología, asignaturas básicas requeridas en la carrera de Zootecnia en la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, para cursar fisiología, lo cual ratifica que la estrategia de tenerlas como prerrequisito es positivo para la comprensión de fenómenos de la fisiología animal y la conceptualización de los mismos. Las otras también lo son, pero los estudiantes han recurrido más a las primeras, probablemente por la estrecha relación que ellas tienen con los procesos fisiológicos de los animales.

Vale la pena insertar un ejemplo en este punto de la discusión, particularmente en el tema de estrés, que puede ilustrar tanto lo acontecido con la categoría de pluridisciplinariedad como con la de conceptos previos; aquí el estudiante define el concepto intentando integrar el conocimiento previo con el recientemente adquirido; como se dijo anteriormente, podría considerarse que falta algo de síntesis para poderse llamar definición como tal, pero se muestra una coherencia y una estructura razonablemente lógica entre los conceptos.

**E2N3C2 Estrés fisiológico:** *Estadio permanente o no en donde el animal debe realizar o utilizar cualquier mecanismo aparte de su metabolismo regular para permanecer en equilibrio. Ante el estrés generado por el calor, el animal trata de mantener su homeostasis. Al principio se agita, cambia de comportamiento y sus parámetros fisiológicos. Aumenta la frecuencia respiratoria y la cardíaca, la temperatura corporal también, pero al rato vuelven a estar dentro de los rangos normales de la especie. Esto indica que el animal se ha adaptado y que el estrés ha pasado. Fue un estado necesario para que el animal lograra mantener su homeostasis. Aunque el animal esta por fuera de su zona termoneutral, parece estar adaptándose, aunque considero que hay estrés fisiológico, en este caso hídrico y calórico, ya que se le ve sudar (hay deshidratación) y su temperamento cambia. Sigue pendiente de la cría. Sed, sudoración, deshidratación, jadeo e inquietud son indicadores del estrés fisiológico. Sigue habiendo secreción de leche para la cría: es decir, a pesar del estrés, la madre aún conserva reservas de líquidos y nutrientes para su cría. La cual tiene la leche como sustancia que además de nutrirlo lo hidrata. La calidad de los pastos en cuanto a su contenido de agua, son factores que ayudan al equilibrio del animal. El suelo se observó*

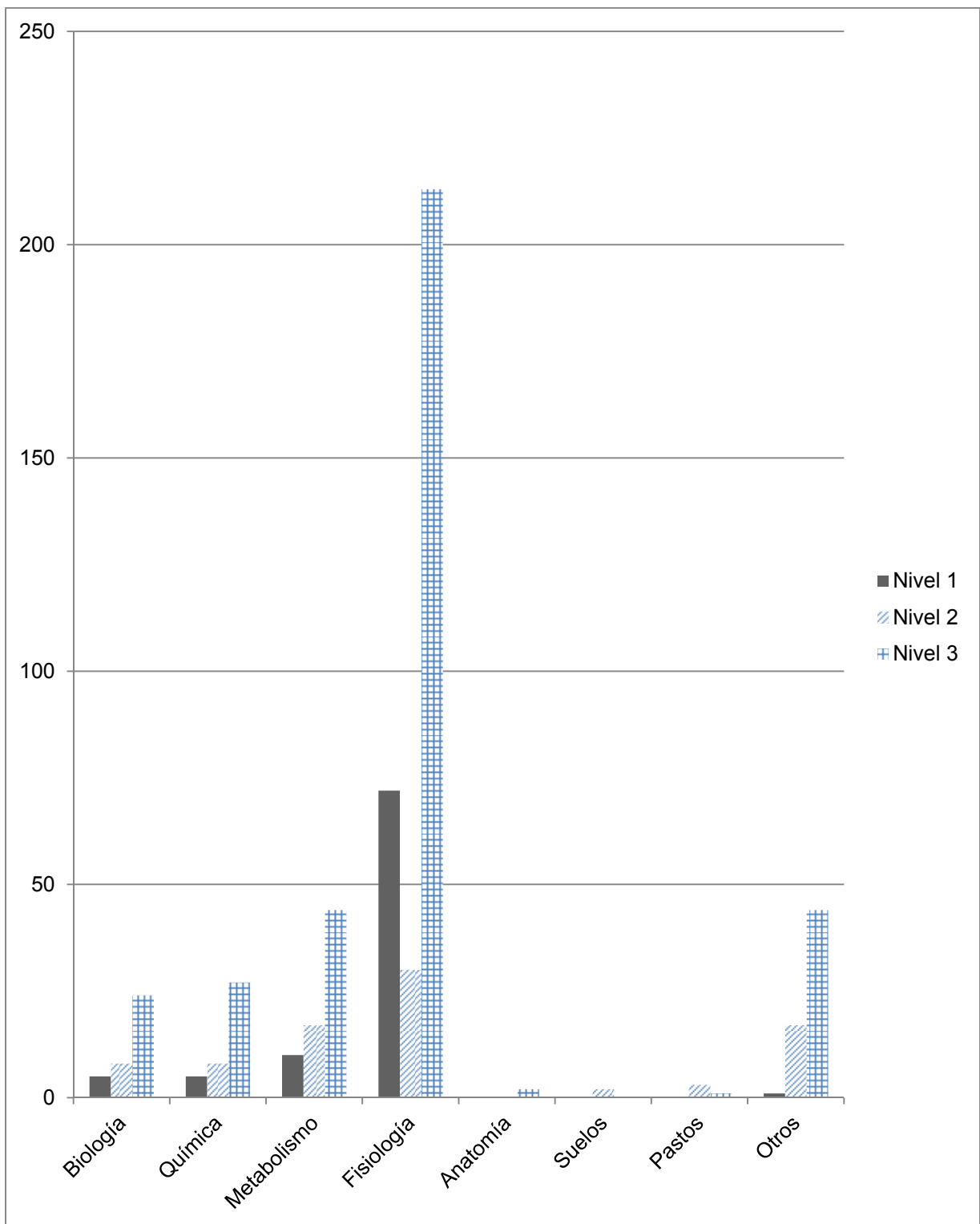
*seco. El aire se siente caliente y seco.*

Véase un poco más en detalle. Tanto metabolismo como química y biología fueron siempre en aumento desde el nivel 1 al 3 (gráfica 14) y el hecho de enfrentarse a un problema con elementos teóricos y prácticos de la Fisiología Animal, induce a la necesidad de recurrir a conceptos que los estudiantes ya traían de otras ciencias previamente estudiadas. Hay una integración paulatina, permanente, de los conceptos previos con los nuevos y esto es lo que ya se había denominado en el marco teórico como Aprendizaje Significativo (Ausubel, 2001).

Especialmente alto parece el rubro de “otros”, ítem dentro del que se incluyen conceptos de matemáticas y de algunas materias de ciclos posteriores al de la Fisiología, como es el caso de la nutrición, la sanidad, la reproducción animal, la genética, la administración y los sistemas de producción animal. Es un hecho interesante, que los estudiantes al involucrarse con su objeto de estudio tienden a buscar interrelaciones con otros aspectos que llaman su atención y tratan de explicarlos desde su perspectiva científica, entendiéndose por esto aquella postura desde la cual se está buscando aplicar una serie de conceptos científicos en la comprensión y explicación de un fenómeno, en este caso fisiológico.

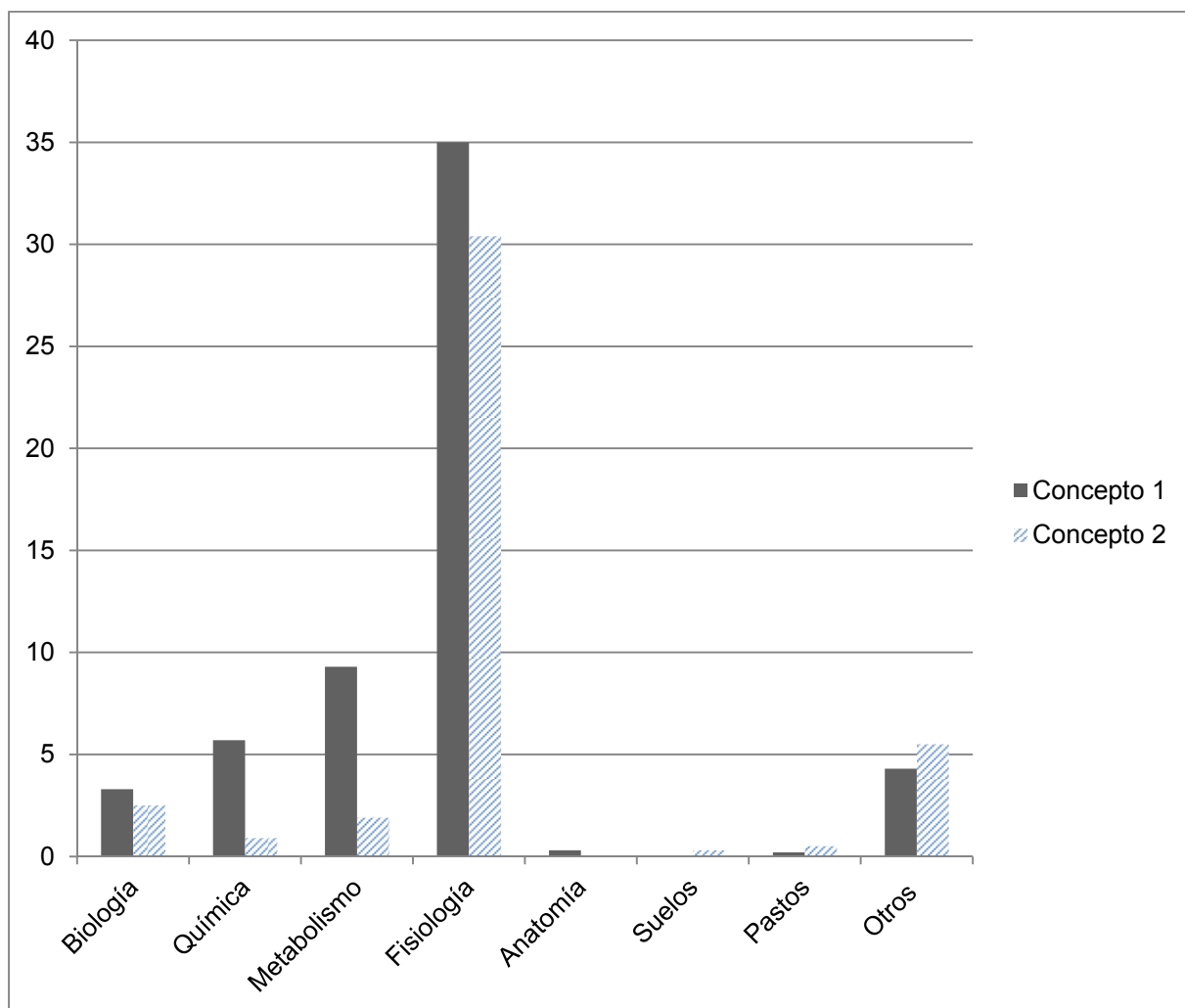
Igualmente válido es referirse en este momento al asombro de los estudiantes observado durante las clases y anotado en el diario de campo, con respecto a los modelos matemáticos propuestos en algunos artículos estudiados para ser aplicados en la explicación del tema de termorregulación. Pareciera que se descubre que las matemáticas pueden ser empleadas para definir o modelar fenómenos de la naturaleza. El mismo análisis vale ser planteado para los conceptos previos aplicados en la definición de termorregulación y estrés fisiológico, información que aparece registrada entre las gráfica 15.

Gráfica 14. Conceptos previos según el nivel (%).





Gráfica 15. Uso de conceptos previos por concepto (%).



- Referencia al problema (RP)

En lo que respecta a la categoría “Referencia al Problema” (RP), se pretende observar la utilización por parte del estudiante de la posibilidad de hacer referencia al problema enunciado en este ejercicio, con el fin contextualizar la definición de cada concepto.

Se percibe en este momento del análisis, que el problema y el enfoque teórico-práctico del método aplicado han tenido un efecto positivo en este proceso de

aprendizaje y de conceptualización, ya que permiten que el estudiante se concientice y responsabilice de su proceso cognitivo, integre los saberes previos y los recién adquiridos y perciba los obstáculos epistemológicos como hechos que pueden superarse y a la vez aprovecharse para explicar un fenómeno. En las entrevistas y durante el trabajo de campo, se evidencia que los estudiantes reconocen el nivel de sus conceptos, hay un autorreconocimiento y de cierta manera una autoevaluación; es decir, metacognición, ser consciente de su propio proceso de aprendizaje.

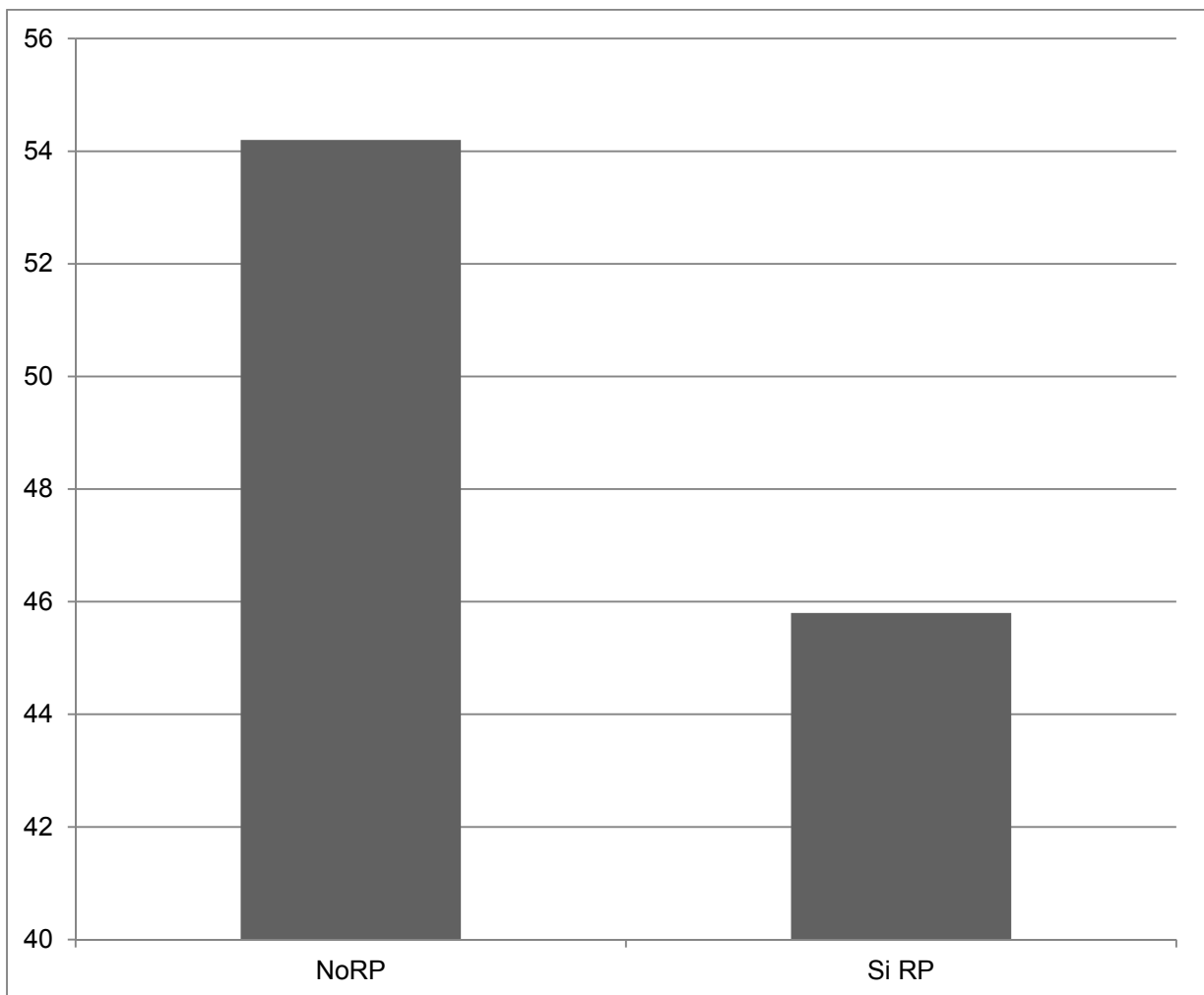
Así se ha observado que dentro de las definiciones dadas por algunos estudiantes para los conceptos de termorregulación y estrés fisiológico, se hace referencia al problema en mención; lo evocan dentro de la definición y él se convierte en un punto de referencia a partir del cual se pueden generar preguntas, teorías y discusión, razón por la cual se considera que el problema propuesto ha sido fundamental en el desarrollo conceptual del estudiante y de su entendimiento de los fenómenos fisiológicos observados; de alguna manera muestra que su enunciado fue comprendido, lo cual se pudo haber visto favorecido por la aplicación de los preceptos de Astolfi (2001), quien señala los elementos que se deben incluir en la formulación clara de un problema científico a resolver, lo cual es ficha clave para que aquel pueda convertirse en una herramienta didáctica. Esto, de alguna manera, ayudó a superar la dificultad anotada por Drinan (1991), quien insistía que una de las limitaciones del ABP es la dificultad para crear buenos problemas.

En términos generales, como se observa en la gráfica 16, la siguiente, la referencia al problema supera el 54%. El punto a realzar acá es que este método es nuevo para los estudiantes, nunca lo habían utilizado, hecho que indica que para ellos el cambio es sustancial. A pesar de ello, y en corto tiempo, todos los estudiantes se involucran en el análisis y solución del mismo y cerca de la mitad del grupo además lo incluye en su proceso de conceptualización, haciendo referencia en su definición de termorregulación y estrés fisiológico de lo experimentado en el proceso de solución del problema. Se puede decir que el problema se convierte en un punto de referencia a partir del cual se engranan los conocimientos previos y los nuevos saberes.

Se hace pertinente evocar la idea de que con una mayor duración de este

ensayo, es decir prolongar un poco el tiempo dedicado al estudio del tema en cuestión, la interiorización del mismo y del problema se hubieran visto probablemente favorecidas, aspecto este que podría profundizarse en otra investigación. Igualmente se debe considerar la posibilidad de trabajar con un tamaño de muestra mayor, lo que podría permitir una mejor generalización de la información obtenida.

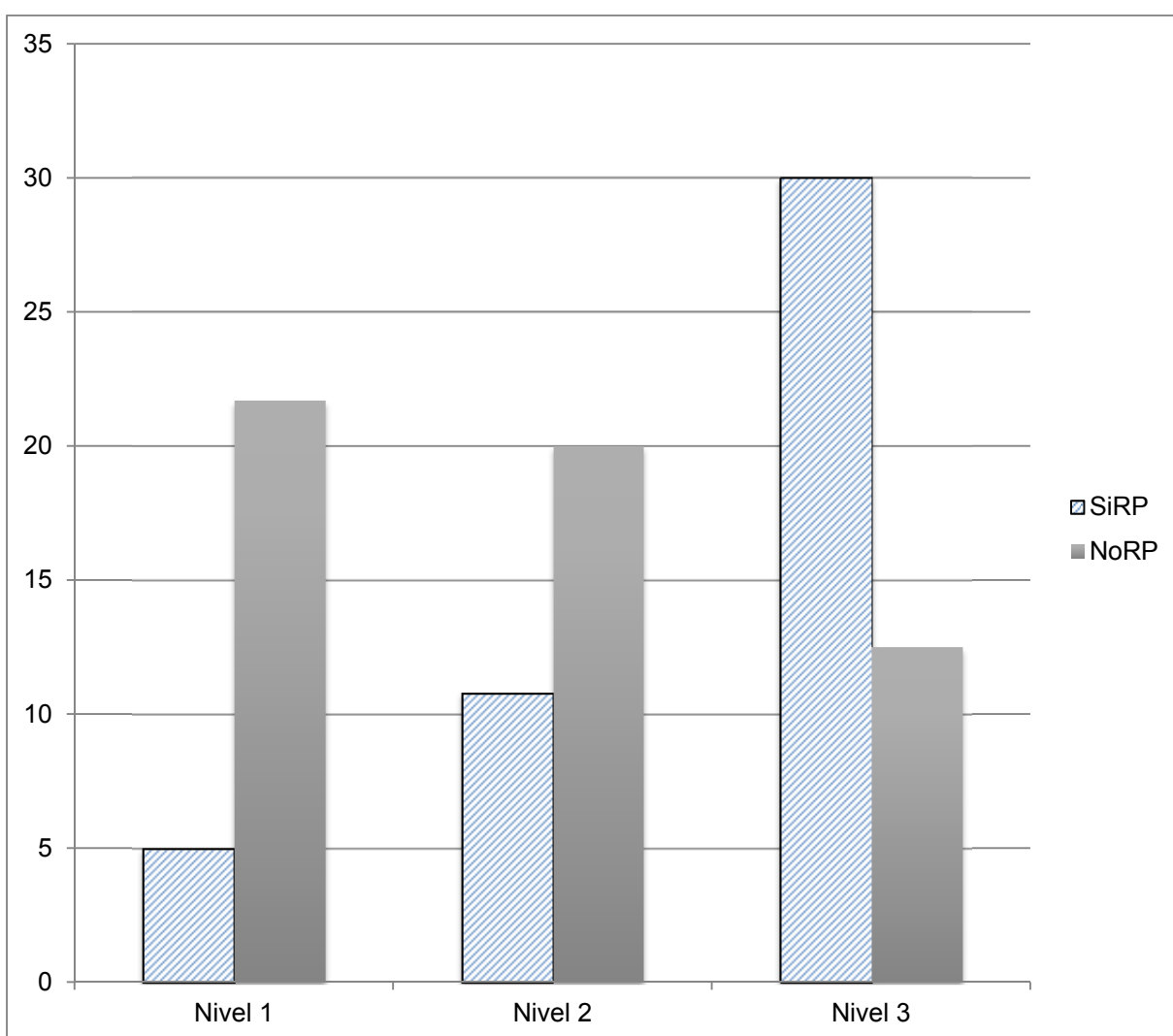
Gráfica 16. Referencia al problema (RP) en la definición de fenómenos fisiológicos. Análisis general (%).



La información arrojada por el siguiente conjunto de datos es importante. Si bien hasta el nivel 2 predomina el hecho de no referirse al problema, lo que sucede en el nivel 3 es crucial. La categoría No-Referencia al problema (No-RP) disminuye

ostensiblemente y la Si-RP (Si referencia al problema) prácticamente se triplica. Debido a que este cambio se da específicamente en el nivel 3, se puede correlacionar con dos factores: primero, los estudiantes se enfrentaron a un problema intentándolo resolver, y segundo, en ese momento habían recibido las bases teórico-prácticas del tema y habían estado trabajando y discutiendo en equipo a nivel de aula y de campo. Se coincide con Barrows y Tamblyn (1980) en que el conocimiento científico adquirido permite comprender mejor los fenómenos observados y, según Sweeney (1999), entender, analizar, resolver y utilizar el problema.

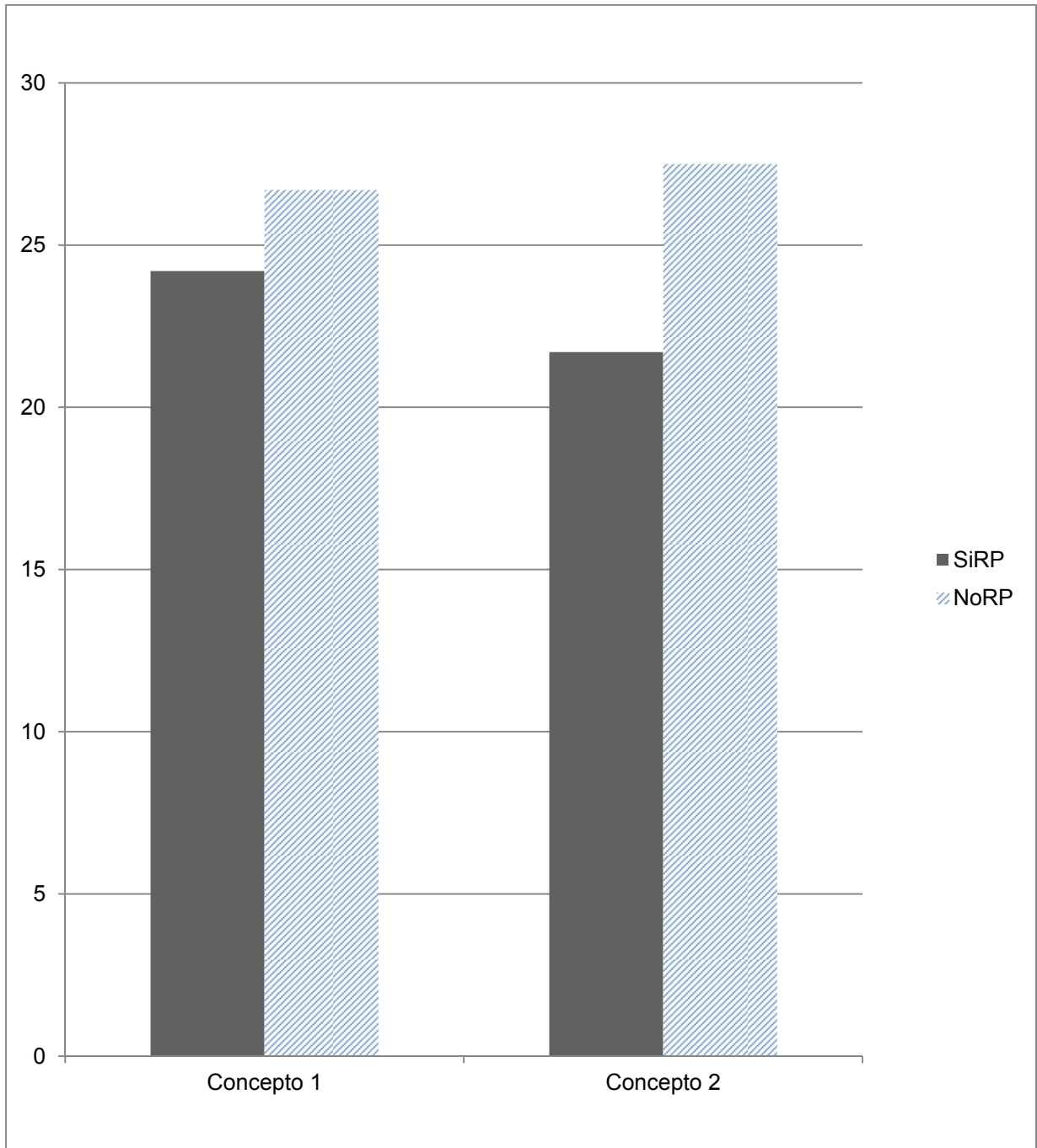
Gráfica 17. Referencia al problema (RP) según el nivel (%).



En proporciones similares los valores de RP, gráfica 18, para el concepto de

termorregulación (C1), se obtuvo un mayor Si-RP que para el de estrés fisiológico (C2).

Gráfica 18. Referencia al problema (RP) en cada concepto (%).



Probablemente la razón siga siendo la misma que para las categorías anteriores, o sea, mayor facilidad de definir el fenómeno de termorregulación, lo cual se aprecia en el siguiente ejemplo:

**E1N3C1 Termorregulación:** *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 cardíaca, respiratoria y ruminal, baja el pH urinario (se liberan H<sup>+</sup> para reducir la acidosis metabólica, que indica que hay un estrés fisiológico), influye sobre el equilibrio ácido-base, se observó acidosis metabólica, aumenta la concentración urinaria (disminuye su dilución) 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. Hay zonas de termoneutralidad en las cuáles el animal no muestra cambios drásticos en sus parámetros fisiológicos. Se puede alterar la bioquímica del cuerpo apareciendo en orina sustancias como proteínas, sangre o trazas de otros elementos como úrea. No se observó temperatura crítica ni letal para el animal, lo que significa que el animal logró adaptarse. No se ven lactando en la hora más caliente.*

Y del mismo estudiante definiendo el concepto de Estrés Fisiológico:

**E1N3C2 Estrés fisiológico:** *Sumatoria de eventos que amenazan la homeostasis de un individuo, ante lo cual el animal intenta adaptarse. Para ello entran en juego factores neuroendocrinos, especialmente el cortisol y la adrenalina. En el caso del problema de este capítulo se puede decir que el estrés, mientras no sea excesivo, es la alternativa utilizada por el organismo del animal (Y de las personas) para adaptarse a los cambios, por ejemplo en la práctica vimos, como a pesar de los cambios de temperatura ambiental y la variación de las frecuencias respiratoria y cardíaca, la temperatura y la perfusión capilar, los parámetros lograron permanecer en un rango normal para la especie. La madre se adapta y mantiene reservas para la lactancia de la cría. Ésta se ve sana. La madre pierde condición corporal, pero no se reporta enfermedad en ninguno de los dos; sin embargo debe ponerse atención ya que la cría se ve algo débil. Se puede pensar en suplementos nutricionales.*

En esta oportunidad, el dato a tener en cuenta es el de la evolución de la situación a través de los tres niveles en que se desarrolló la investigación, ya que

muestra un ascenso de la frecuencia con que se hace referencia al problema como punto de apoyo para los estudiantes en la conceptualización científica de dos fenómenos y una metodología nuevos para ellos.

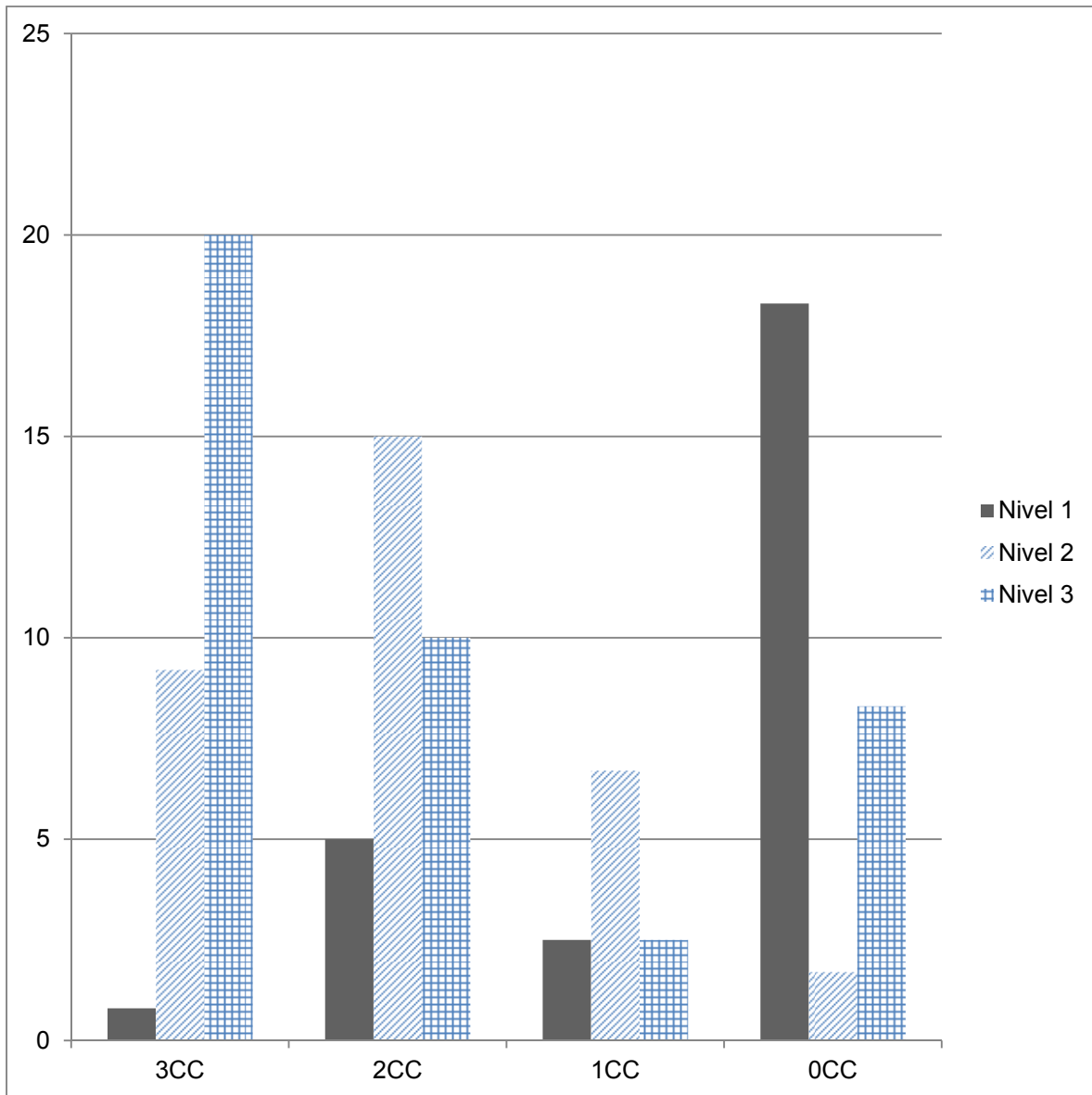
### - **Cambio Conceptual**

Junto con la idea de generar un método fundamentado en el ABP aplicado a la enseñanza de la fisiología animal, está el de poder conducir a los estudiantes de dicha ciencia a un fortalecimiento de la conceptualización científica en el sentido de aprender a definir de manera autónoma los fenómenos que observan y los problemas que se presentan en la cotidianidad de la profesión, para así construir conceptos científicos completos y complejos, y enriquecer los conceptos iniciales con los que llegan al curso.

Es por esta razón que dentro de los objetivos del presente trabajo se tuvo el de favorecer el cambio conceptual y tomarlo como uno de los aspectos centrales de este método y por ello se entra directamente en este caso a analizar cómo se dio la evolución del cambio conceptual a través de todo el proceso de investigación, para lo cual se estableció un paralelo entre los niveles 1 y 3. Analizando la gráfica 19, sobresalen los siguientes elementos, siendo el primero el crecimiento continuo del mayor nivel de cambio conceptual (CC), el 3CC, convirtiéndose al final en el de mayor valor con respecto a los otros niveles. El segundo elemento, es que el 2CC ocupó el segundo puesto en orden de importancia en el nivel 3, lo cual es considerado como positivo porque superó los niveles 1 y 0, los más bajos, mostrando una evolución en la conceptualización científica exhibida al comienzo de la investigación.

Es decir, como resultado altamente positivo se considera el hecho de obtener un creciente cambio conceptual favorecido como respuesta al método didáctico aplicado y por supuesto a la experiencia directa en el trabajo de campo y la motivación que ello genera en los estudiantes, unida al trabajo grupal; con base en estos resultados, se comparte lo expresado por Barrows y Tamblyn (1980), quienes afirman que el cambio conceptual es una co-construcción de conceptos entre compañeros y que además ello se logra con el ABP.

Gráfica 19. Cambio Conceptual (CC) por nivel (%).

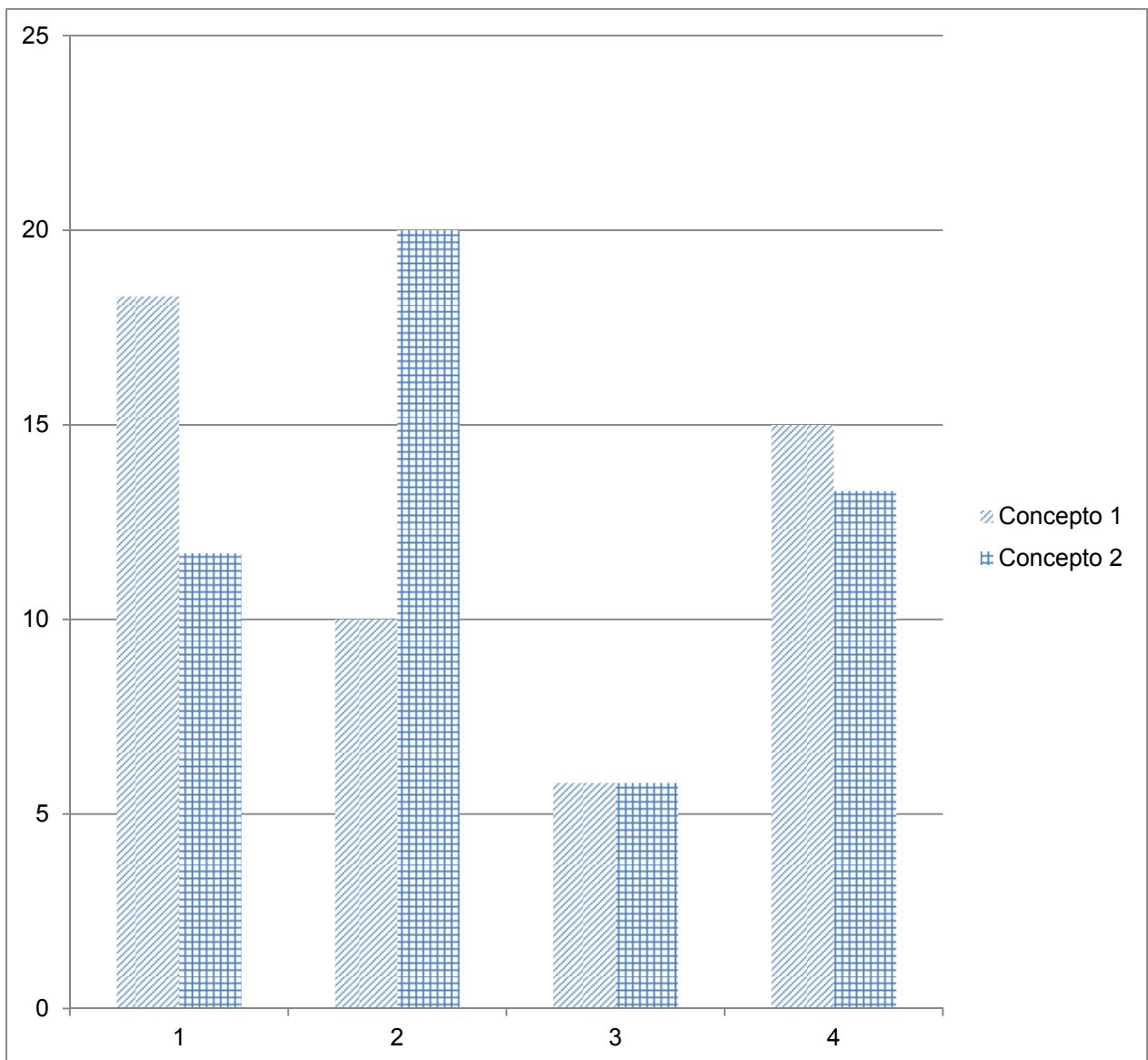


A continuación en la gráfica 20 se observará que la diferencia obtenida entre los conceptos de termorregulación y estrés fisiológico (C1 y C2) con respecto al cambio conceptual mayor, que es cercano al doble. Lo primordial en este caso se considera que para ambos conceptos se logró favorecer rápidamente la aplicación del conocimiento en la definición del fenómeno de termorregulación. Sigue pareciendo ser más fácil para los estudiantes el definir el concepto de



termorregulación que el de estrés fisiológico. El método empleado se considera efectivo en el sentido de ayudar a la evolución de los conceptos iniciales que traían los estudiantes. Además se percibe una reducción los niveles inferiores de conceptualización hacia el final de la prueba, lo que demuestra que a medida que se avanza en el proceso los estudiantes adquieren nuevos elementos cognoscitivos y van configurando un discurso científico coherente y de aplicabilidad en la práctica.

Gráfica 20. Cambio Conceptual (CC) según el concepto (%).

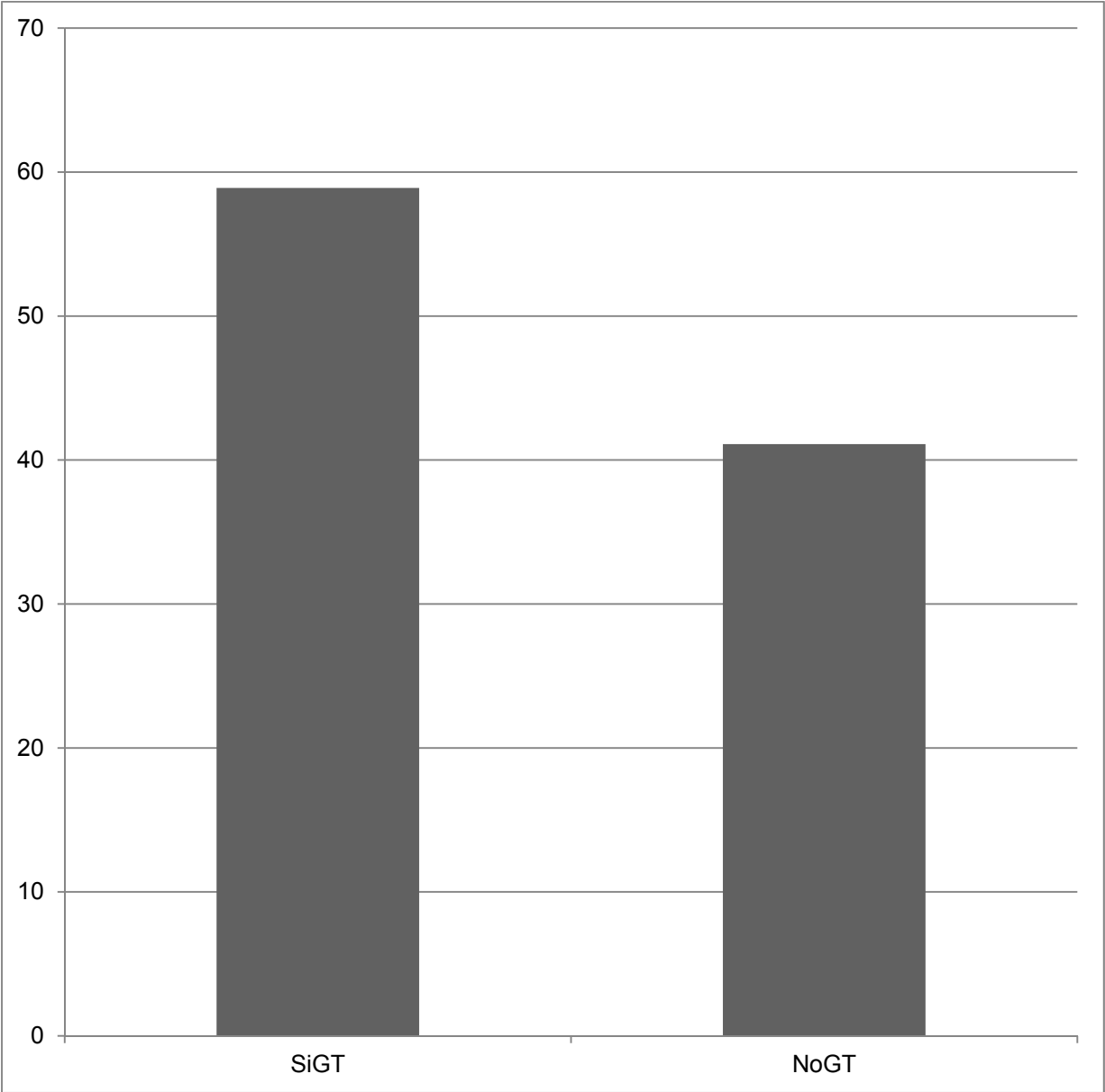


## - Generación de teorías (GT)

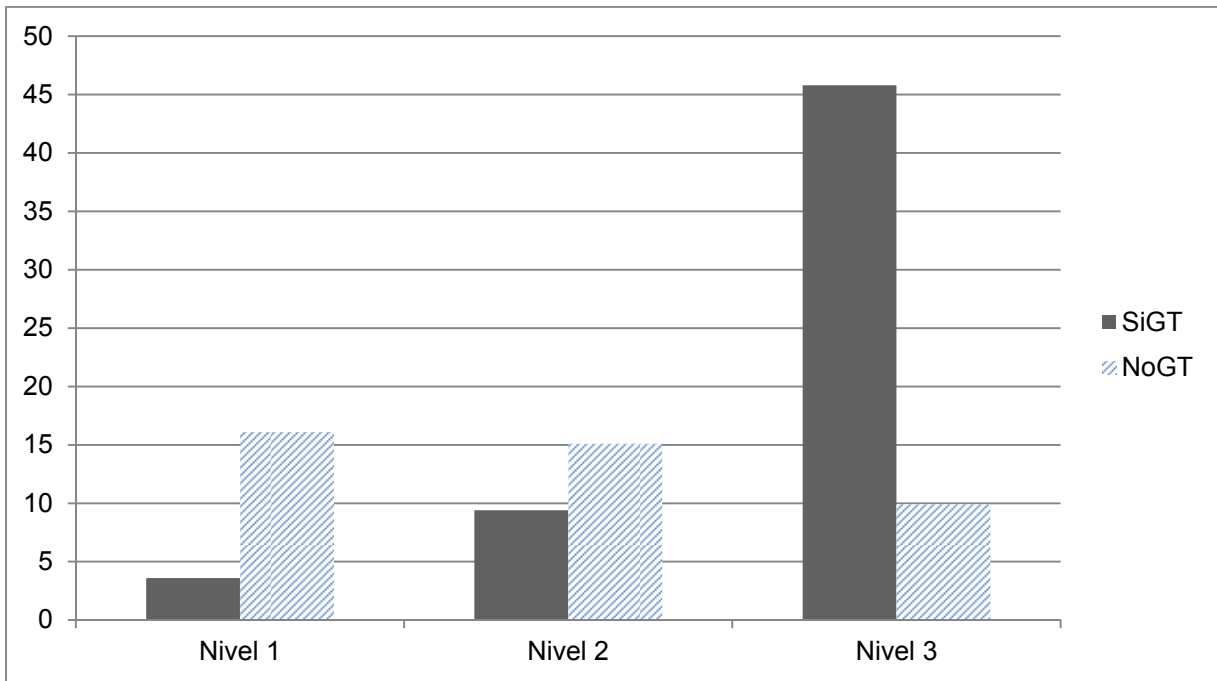
Otro aspecto se destaca es el de la categoría “Generación de Teorías (GT)”, gráficas 21 a 23, la cual indica la influencia que ha tenido el método implementado en la creación de teorías propias, a veces innovadoras, por parte de los estudiantes para explicar el fenómeno y las variables fisiológicas que se observan. Ésta es una de las competencias esperadas en la construcción de nuevos saberes, es decir, aumentar y potencializar la capacidad de los individuos para construir sus propias teorías alrededor de los fenómenos observados. En ese orden de ideas, y fundamentados en la información extraída de la encuesta del estudiante 7 y la próxima gráfica, se define que se generaron teorías propias para analizar y explicar el problema planteado y a partir de él definir los conceptos de termorregulación y estrés térmico. Esto era de esperarse después de los resultados tanto generales como específicos obtenidos para los niveles de formulación, científicidad, tipo de definición, pluridisciplinariedad, conocimiento previo y referencia al problema, los que a su vez, junto con el cambio conceptual observado, indujeron al estudiante a generar teorías alrededor del tema, de los conceptos y del problema. Antes de entrar en el análisis general se muestra un ejemplo donde se aprecia esta situación en el estudiante 7 (E7) en el nivel 3 (N3):

***E7N3C2 Estrés fisiológico: Estadio donde se encuentra en peligro la homeostasis del animal. Puede haber cambios en la frecuencia urinaria del animal o tornarse agresivo. En la finca vimos que el ganado busca la sombra y las crías tratan de quedarse cerca a la madre. Cuando se aumentó la temperatura ambiental los animales permanecían quietos, sus mucosas un poco secas. Las frecuencias respiratoria y cardíaca aumentaron debido a la acción de la adrenalina que activa los receptores adrenérgicos. El animal no mostró variación en la composición de la orina. Su frecuencia ruminal disminuyó, parece ser que sistema digestivo baja su funcionalidad. El estrés fisiológico puede ser estrés térmico. Lo veo positivo mientras se adapta el animal. No debe prolongarse demasiado ya que el animal podría enfermarse o afectar su producción.***

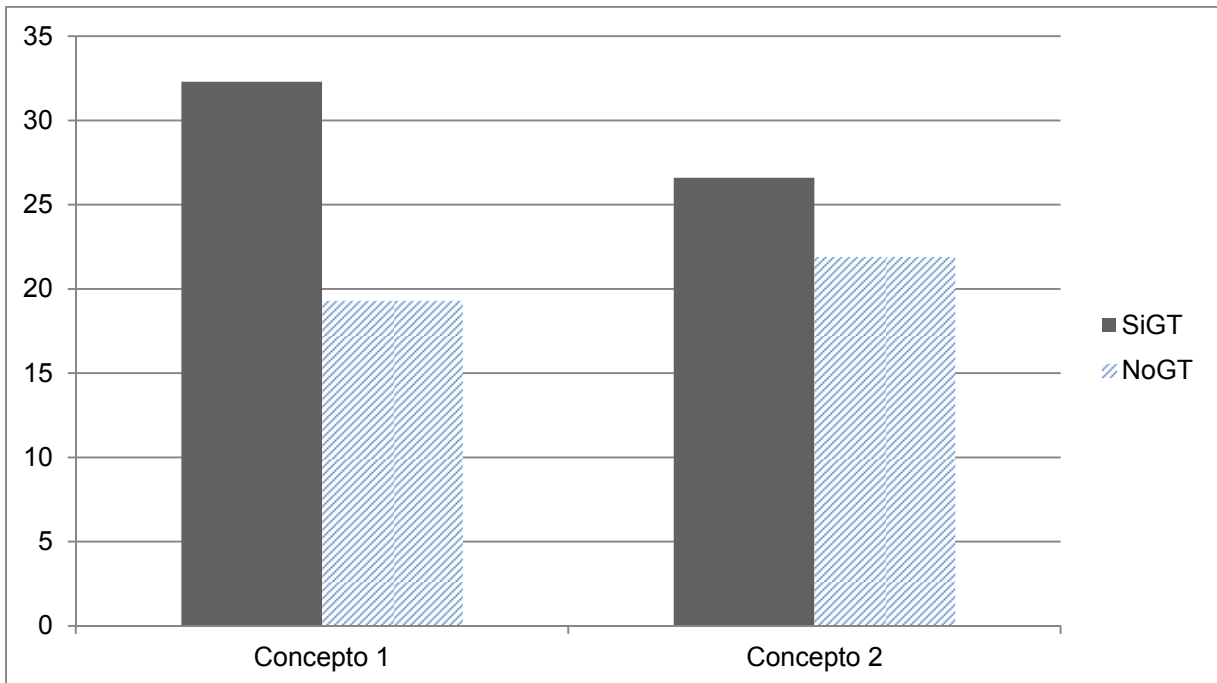
Gráfica 21. Generación de teorías (GT). Análisis general (%).



Gráfica 22. Generación de teorías (GT) según el nivel (%).



Gráfica 23. Generación de teorías con cada concepto (%).

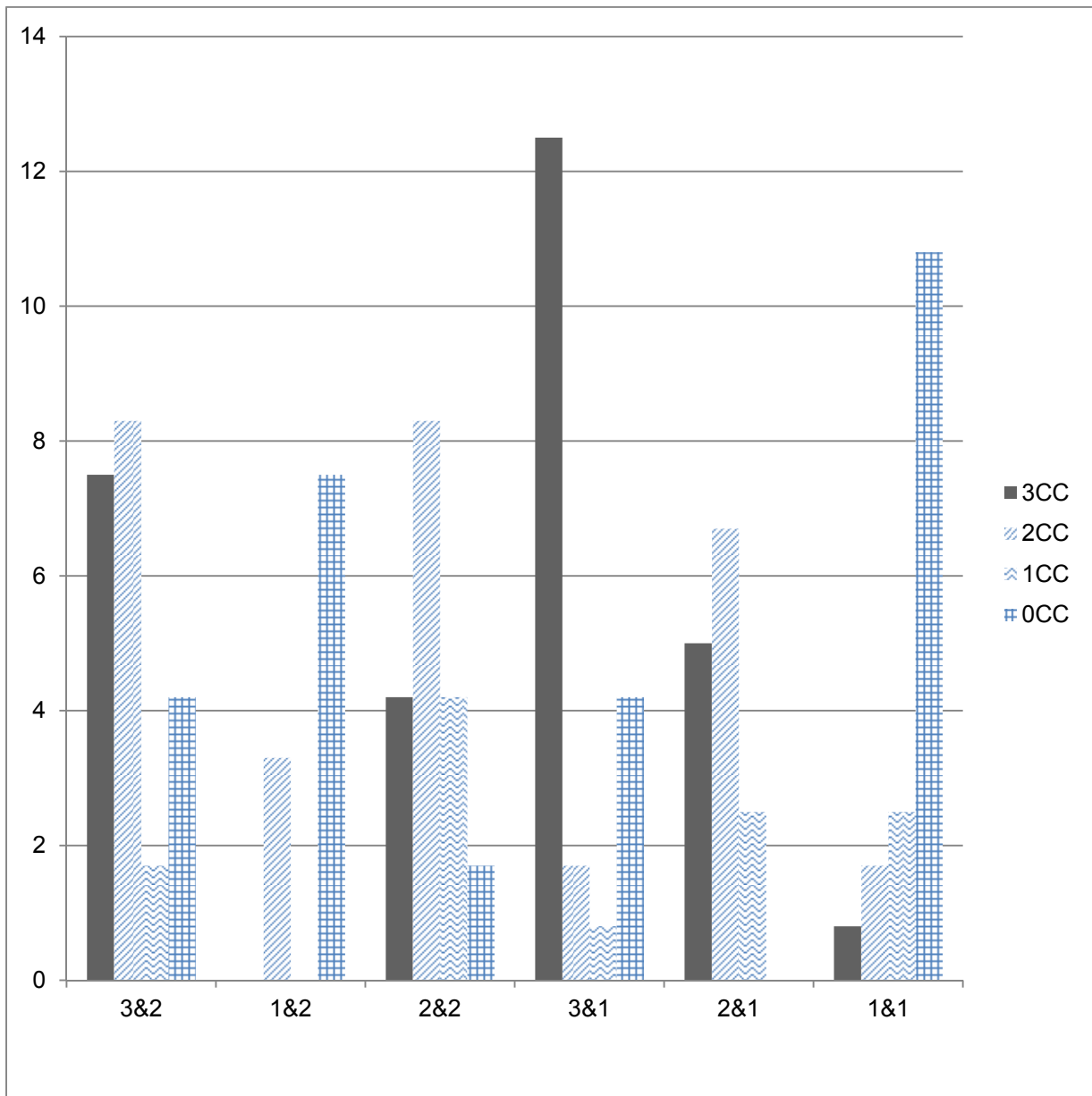


Como para las otras categorías de análisis, los estudiantes trabajaron con mayor facilidad el fenómeno de la termorregulación, muy probablemente por ser éste un fenómeno más evidente visualmente y más simple y directo de medir; el fenómeno de estrés fisiológico no siempre genera reacciones inmediatas y externas en el animal, de allí su mayor dificultad para ser observado, analizado y medido.

A esta altura del proceso también se considera importante, además del análisis anterior de las variables y categorías, realizar la combinación de algunas de ellas para conocer ciertas interrelaciones que pueden arrojar información más compleja e indispensable para la comprensión de lo observado. A continuación se presentan algunas de estas relaciones entre variables. Por ejemplo, al analizar el cambio conceptual (CC), relacionando nivel (1, 2, 3) y concepto (C1, C2), en la curva presentada a continuación, se confirma lo anotado anteriormente respecto a la evolución conceptual de los estudiantes de Fisiología Animal. Para el concepto de termorregulación se logró obtener el mayor cambio conceptual, 3CC, el cual a su vez es evidentemente mayor hacia el final de la investigación, último nivel (N3); mientras que para el concepto de estrés fisiológico, el mayor cambio conceptual fue el de 2CC. Estos resultados siguen evidenciando que el segundo concepto se hace un poco más complejo de definir y conceptualizar, aunque lo saben explicar y pueden analizar los efectos del estrés sobre el comportamiento animal.

Se sigue confirmando, cierta facilidad mayor para los estudiantes frente al concepto de termorregulación, en lo que respecta al cambio conceptual 3CC. Cambia un poco la situación en el 2 CC, donde el concepto de estrés fisiológico (C2) toma la delantera, considerado también un nivel importante de conceptualización, dada la dificultad del concepto y del fenómeno en sí mismo.

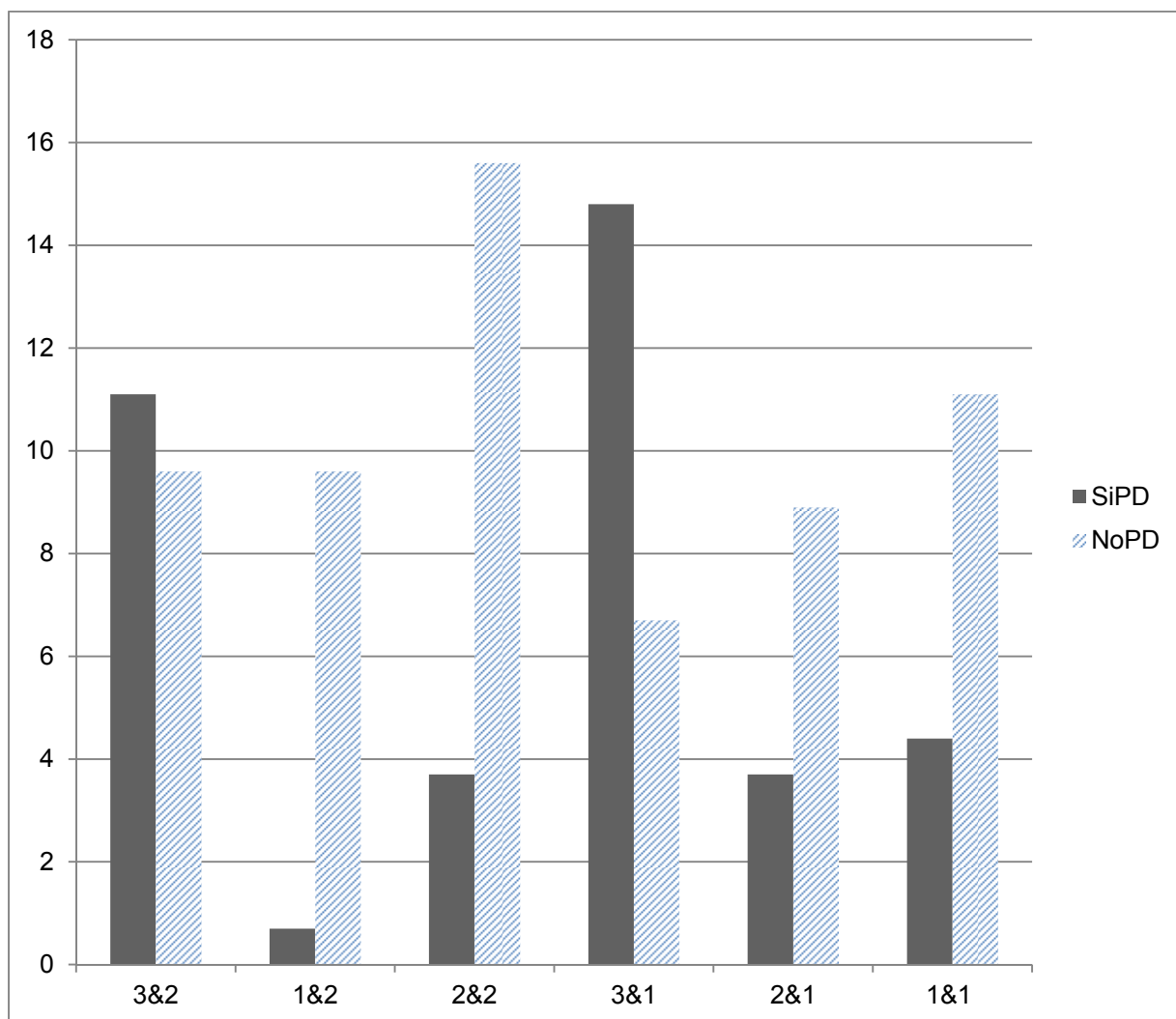
Gráfica 24. Relación entre Cambio Conceptual, Nivel y Concepto (%).



En lo que respecta a la relación entre pluridisciplinariedad (PD), Nivel y Concepto, los estudiantes tienen una perspectiva de pluridisciplinariedad mayor para el concepto de termorregulación que para el de estrés fisiológico, aplicando más conceptos de otras disciplinas en su definición y asociándolos con mayor facilidad,

comportamiento que puede apreciarse igualmente en la gráfica 25.

Gráfica 25. Relación entre Pluridisciplinariedad, Nivel y Concepto (%).

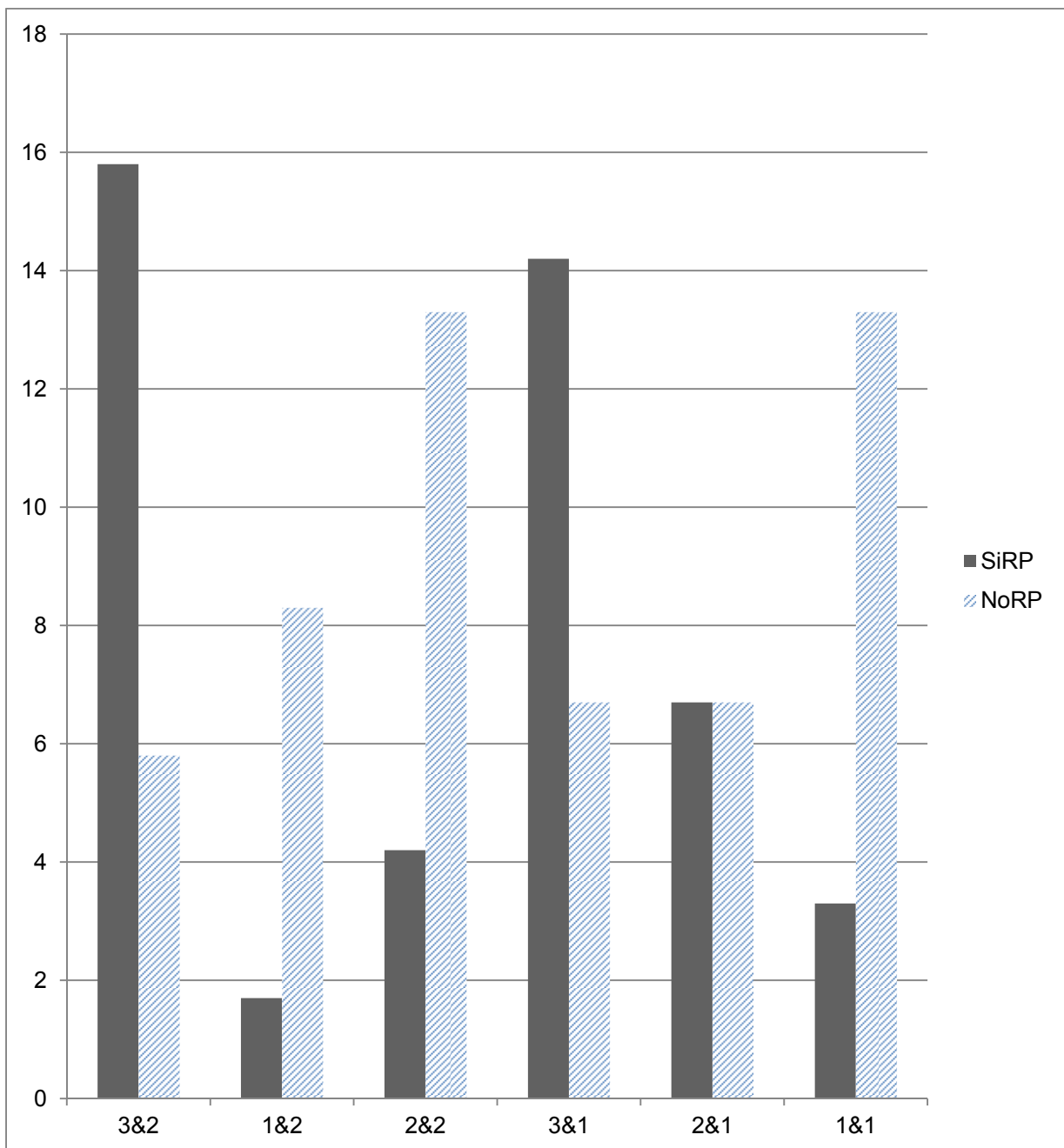


En torno a la categoría “Referencia al Problema” (RP) en el proceso de definición conceptual, según lo que se aprecia en la gráfica 26, la situación final es similar para ambos conceptos. Puede inferirse en este caso que el problema presentado para ser analizado y resuelto por los estudiantes es un factor importante que ayuda a la comprensión del fenómeno observado y a la conceptualización científica del mismo. Los estudiantes toman elementos del problema y de su

respectivo análisis para complementar la definición de cada uno de los conceptos, muy probablemente porque a través de él y de las bases teóricas aplicadas en la práctica ellos logran comprender mejor el fenómeno observado, y apropiarse del conocimiento adquirido durante esta investigación. Se considera importante el hecho de incluir apropiadamente elementos de la teoría y la práctica en sus definiciones y el interrelacionar saberes previos con los nuevos, coincidiendo con Guanche (2005).

Gráfica 26. Relación entre Referencia al Problema, Nivel y Concepto (%).

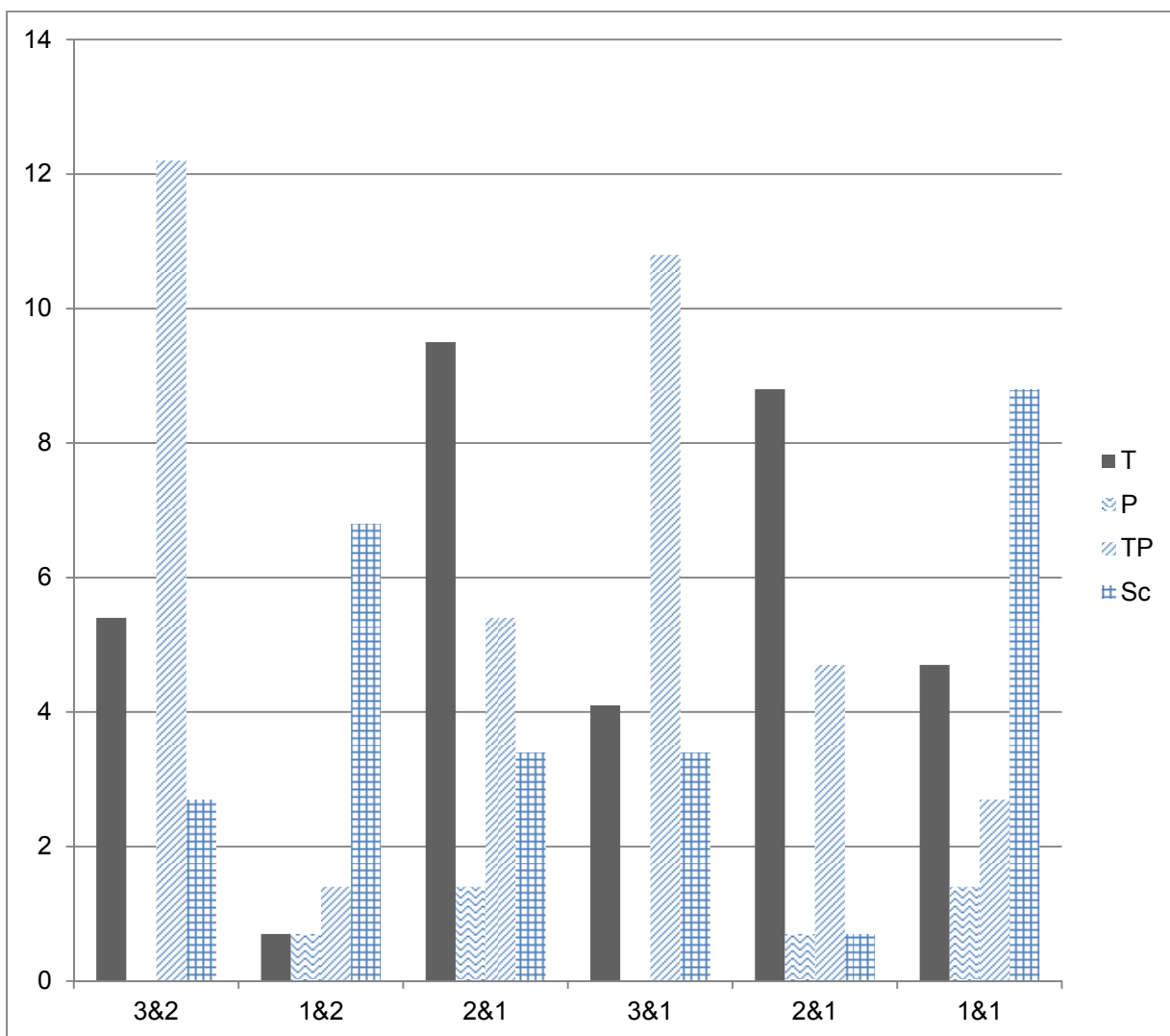




Siguiendo en esta dirección, se ratifica, con base en los datos registrados a continuación, que al final del proceso el método aplicado ha permitido integrar los aspectos teóricos y prácticos del conocimiento, apreciándose cómo el tipo de definición teórico-práctico (TP) alcanza los mayores valores en el último nivel para ambos conceptos. Quiere decir esto que el método ABP permite que los estudiantes integren los conocimientos adquiridos en las clases teóricas y en la práctica y los

empleen para resolver un problema de orden científico y para conceptualizar un fenómeno fisiológico de alta complejidad

Gráfica 27. Relación entre Tipo de Definición, Nivel y Concepto (%).



#### 4.2. Resultados de las entrevistas

Además de las encuestas realizadas en tres momentos o niveles de la investigación, se implementó una entrevista individual a cada estudiante de la muestra. En ella lo que se espera captar es la percepción del estudiante frente a algún aspecto particular, indicando qué es lo que el estudiante piensa o cree que

hace, mas no necesariamente lo que en realidad hace.

A las entrevistas realizadas, se les realizó un análisis inductivo, es decir se partió de lo general a lo más específico, con el fin de conocer la percepción directa de cada uno de ellos, para finalmente, asociar la información arrojada por ellas con la obtenida en las encuestas. Las variables empleadas y sus resultados se muestran a continuación.

### **- Identificación del problema**

Recuérdese que con esta categoría se pretende saber la vía, sea teórica, práctica o teórico-práctica, mediante la cual los estudiantes identificaron el problema. Entre algunos comentarios de los estudiantes, se destacan los siguientes, quienes ofrecieron su punto de vista al respecto:

*E3. Los elementos teóricos fueron útiles en gran medida. Todos. Ya teniendo los conceptos, en la práctica se trabaja más fácil. Las bases recibidas en clase son buenas. Interesante.*

*E4. Para identificar el problema a resolver, las observaciones además de los datos ayudan a definir que hay un problema. Observar el entorno y el estado en que encuentra al animal y su comportamiento al hacer las mediciones. Creo que a simple vista cuando los animales están afectados por cierto ambiente, pueden presentarse deficiencias o problemas en lo productivo y reproductivo, también los costos. Para mí es importante ver al animal y hacer las mediciones para definir que hay un problema*

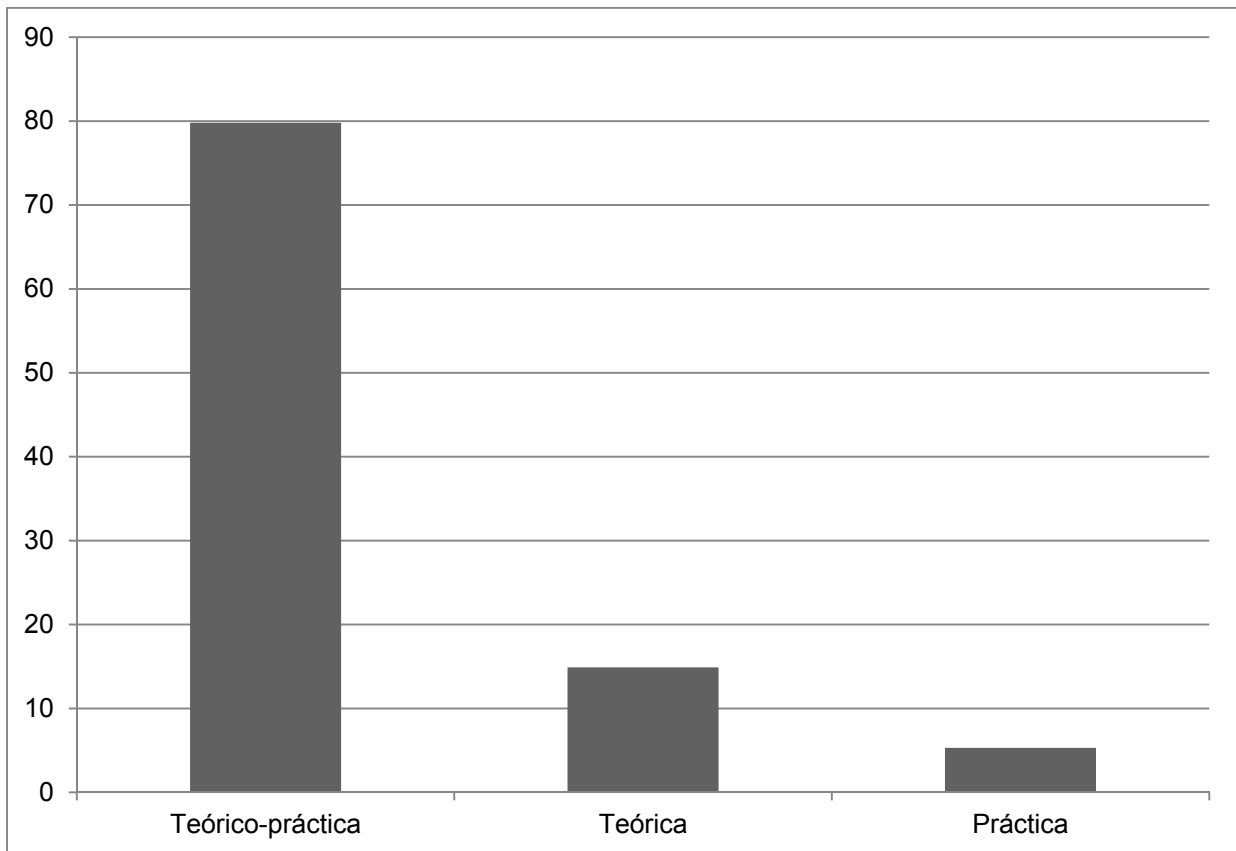
*E5. En mi caso identifiqué el problema ya que por alguna experiencia, se cómo debe ser el comportamiento de un animal y que se sale de lo normal. Es necesario conocer*

*E7. Identificamos el problema a resolver: Indagando. Ver el manejo, lo sanitario, o que tenga que ver con la producción, mirar las condiciones del ganado. Leyendo el problema y comparando con lo que ve en la finca.*

Así como lo revelaron las encuestas, se observa en las entrevistas que el mayor porcentaje lo presenta la identificación teórico-práctica (TP), confirmándose una estrecha relación entre teoría y práctica. Muy por debajo se encuentra la teórica (T) y en último lugar la práctica con un valor realmente pequeño. Con base en los datos plasmados en la gráfica 28, aproximadamente 95 % corresponde a la identificación Teórica (T) con un 15% y la teórico-práctica (TP) con 80%. Es decir,

según la percepción de los estudiantes, el integrar los elementos teórico-prácticos de la fisiología les facilita identificar el problema.

Gráfica 28. Identificación del problema (%).



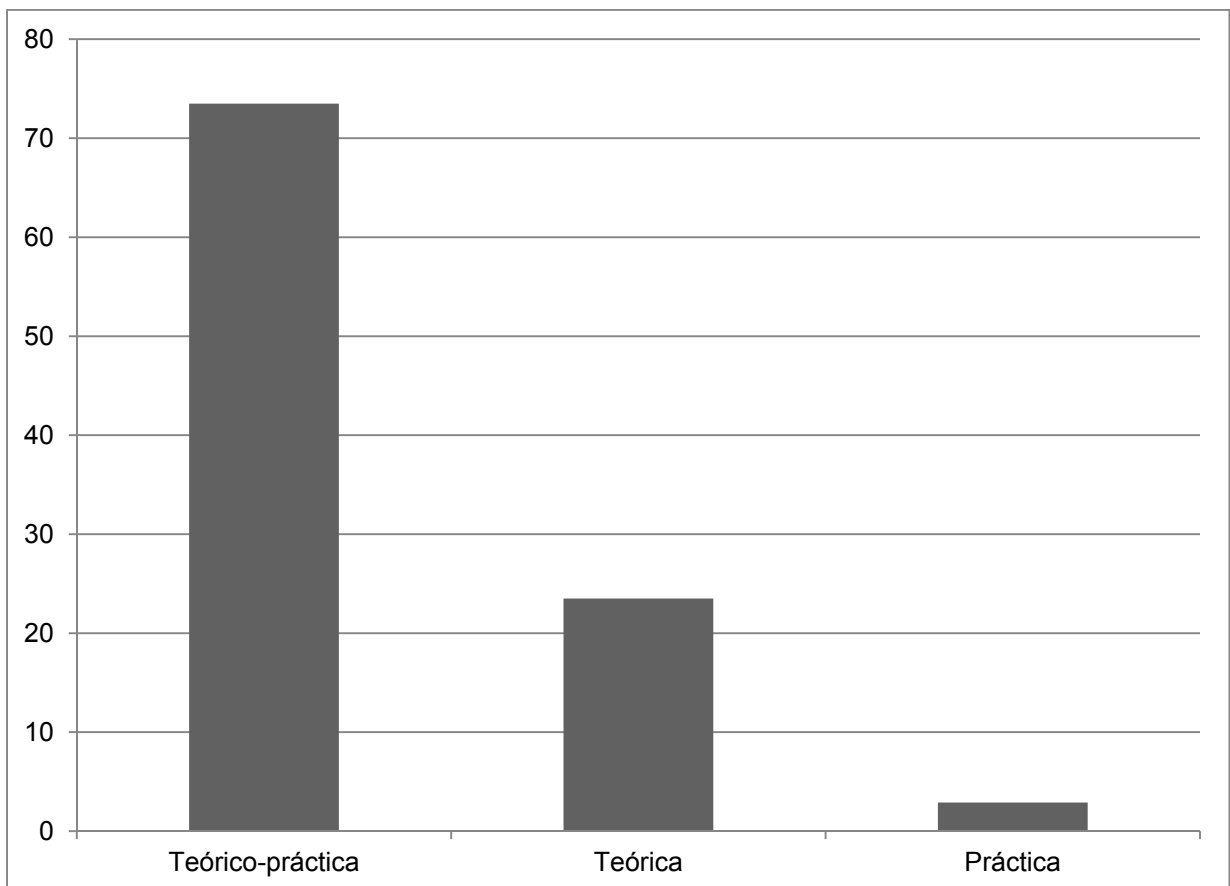
Sigue en orden de importancia el aspecto teórico, y en último lugar la identificación por la vía exclusivamente práctica. Podría interpretarse esto como la conciencia que tiene el estudiante respecto a tener unos sólidos fundamentos teóricos adquiridos en las clases y a través de la lectura de documentos respecto al tema y a su vez intentar aplicarlos la definición de conceptos científicos. Se verá más adelante que esto coincide con las estrategias de solución del problema, donde igualmente se observa una mayor tendencia a integrar la teoría y la práctica, lo cual coincide con el objetivo de esta investigación. Respecto a los conceptos teóricos la respuesta del estudiante 6 es contundente.

*E6. Son indispensables los conceptos teóricos.*

## - Estrategias de Solución del Problema

En lo que respecta a las *Estrategias de Solución del Problema* aplicadas, coinciden con los resultados obtenidos para la categoría “identificación del problema”: en ambos el mayor porcentaje es de lo teórico-práctico seguido por el teórico, y como último recurso la práctica; esto puede deberse a que los estudiantes no han tenido aún muchas prácticas de campo, siendo éstas más frecuentes al final de la carrera, lo que hace que para el momento en que se llevó a cabo la presente investigación su experiencia de campo y el contacto directo con los animales fueran reducidos.

Gráfica 29. Estrategias de solución del problema (%).



La respuesta del estudiante 3 es significativa en ese sentido:

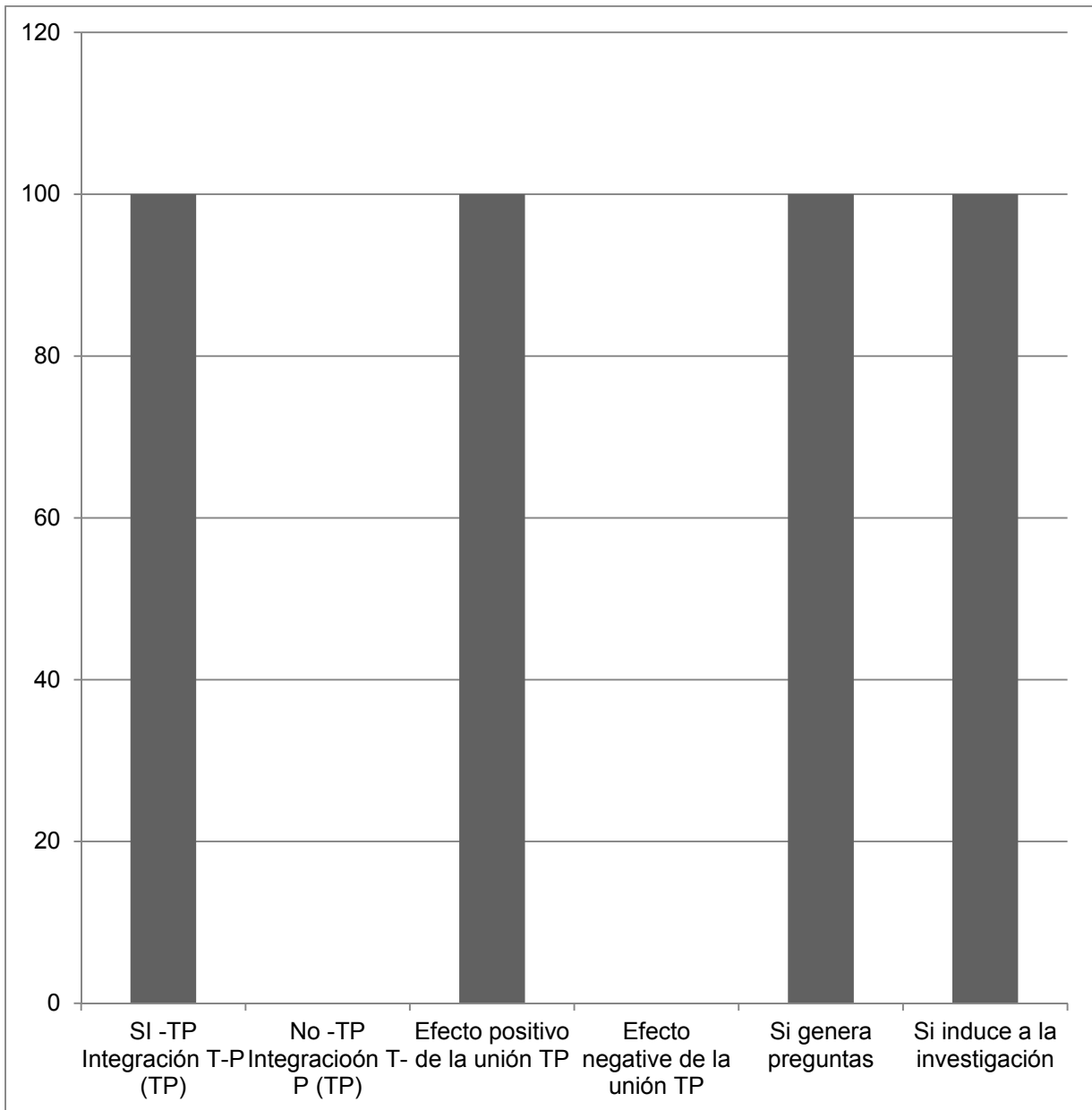
*E3. Como estrategia para resolver el problema, corroboramos estos conceptos teóricos con lo hallado en la práctica, para ver si coincidían o no. Tuvimos que analizarlos y discutirlos. Planteamos preguntas entre todos los equipos.*

Los anteriores resultados coinciden con referido por los estudiantes en las entrevistas y lo observado durante el proceso y anotado en el diario de campo. Ellos se aproximan al problema desde lo conceptual en un intento por entender el enunciado del problema, recurren al trabajo en grupo tanto en el aspecto teórico como práctico, plantean sus dudas, proponen respuestas antes de ir a la práctica, en la cual confrontan lo discutido y aprendido en clase, comparan los fenómenos entre distintos estados fisiológicos de los animales, razas, edades, género e inclusive con ellos mismos, como modelo de comparación entre especies. Aplican el ensayo-error, asocian conceptos, dejan de ver al animal como un individuo aislado y lo relacionan con medio ambiente externo.

#### **- Integración teórico-práctica y efecto del ABP**

Con el fin de mirar de cerca las relaciones entre la estrategia utilizada para resolver el problema y la integración de la teoría y la práctica por el método ABP, los datos recopilados en la gráfica 30 muestra que el 100% de los estudiantes afirma percibir dicha propuesta metódica como una opción válida que posibilita unir sendos aspectos del conocimiento y además considera, igualmente el 100% de ellos, que el efecto de esa unión es positivo para el proceso de aprendizaje de las ciencias, así como el generar preguntas e inducir a la investigación.

Grafica 30. Integración Teoría-Práctica (TP) y efecto del ABP (%).



Se pueden apreciar algunas referencias de los estudiantes al respecto:

*E1. Si se me generan muchas inquietudes y preguntas en torno a la termorregulación. Por ejemplo que pasa con el otro extremo, el frío. Cuáles son las adaptaciones fisiológicas en otros medios y cuál es el estrés y cuales las respuestas del animal.*

*E5. El estrés fisiológico afecta la producción animal, así, la pregunta que me surge y que la intento resolver con un proyecto, es ¿Cómo llegar a mejorar el estrés a partir de la suplementación de minerales? ¿Cómo suplir una deficiencia mineral que ayude al animal a estar bien?*

*E6. ¿Inquietudes? No lo había pensado, pero, por ejemplo siempre he pensado en especializarme en genética, entonces lo que veo lo relaciono con ella. La pregunta que se me genera es que adaptaciones fisiológicas se pueden plantear a partir de eso, por ejemplo en las crías pueden llegar a ser termorresistente, que cambios genéticos se pueden hacer para favorecer su bienestar. Otra: ¿Porque el cruce es más resistente?*

*E8. Se me generan muchas preguntas, entre otras una en torno a la adaptación genética de los animales y la otra en cuanto a la relación entre metabolismo y estrés. También me pregunto cómo puede ser la respuesta de otras especies animales.*

En ellas se evidencian los testimonios de los respectivos estudiantes en torno a la generación de inquietudes y a la inducción de la investigación, tanto en fisiología como en otras áreas de la Zootecnia como lo son la nutrición (E5) y la genética (E6, E8).

Con referencia al efecto de la aplicación del ABP, se muestran a continuación, los siguientes comentarios:

*E1. Hay un cambio importante en lo que se refiere a mi conocimiento después de esta experiencia: Ahora lo aplico a otras especies, no solo a cerdos pues es lo que había hecho el semestre pasado. Incluyo caprinos, bovinos e inclusive seres humanos. Es un principio universal que puedo aplicar a varias especies.*

*E8. Fortalecí algunos conceptos y tuve la oportunidad de practicar directamente con los animales*

*E3. Cambió todo. Sobre termorregulación no tenía mucha teoría ni tampoco habíamos hecho una práctica tan completa así se adquieren más elementos. Me siento más seguro de los conceptos. Aprendí.*

*E4. Hay una gran diferencia entre mi conocimiento inicial y el final. Al comenzar hay cosas que uno trae o que las ha visto, pero después ya las comprende uno. Ahora las conozco, como en caso del pH, y las puedo relacionar con el problema. Igualmente se afianza el concepto de homeostasis.*

*E5. La principal diferencia entre mi conocimiento inicial y el de ahora, es que empiezo a encontrar respuestas a algunas preguntas. Se amplía el panorama de conocimientos, se profundizo. Entiendes que se puede integrar los conceptos fisiológicos a los sistemas de producción.*

*E6. El principal cambio que veo es que avancé. Pude relacionar conceptos anteriores y vi que se podía, por ejemplo, las hormonas T3 y T4. Interesante haber resuelto un problema. Quedo con elementos para explicar los problemas técnicos.*



En ellos se aprecia un concepto bastante positivo por parte de los estudiantes en cuanto a la aplicación del ABP y a los cambios que esto ha suscitado en ellos. En lo que se refiere a la generación de preguntas y a la inducción de la investigación, categorías también analizadas en este estudio, el 100% de los estudiantes dio una respuesta positiva. Es decir, según su percepción, el método ABP e integrar teoría y práctica, posibilita plantearse preguntas, cuestionar lo observado, reflejándose en una actitud investigativa frente al conocimiento.

### - **Linearidad**

En cuanto a la linearidad (Gráfica 31), se observa que el proceso de resolución de problemas no es lineal, lo cual es acertado, ya que en este tipo de situaciones problémicas de alta complejidad se observan múltiples relaciones entre los distintos elementos y diversas vías para llegar a la solución final. Interesante resulta poder mostrar a este nivel la percepción de los estudiantes entrevistados, en la cual se puede apreciar su posición frente al obstáculo epistemológico de la no-linearidad.

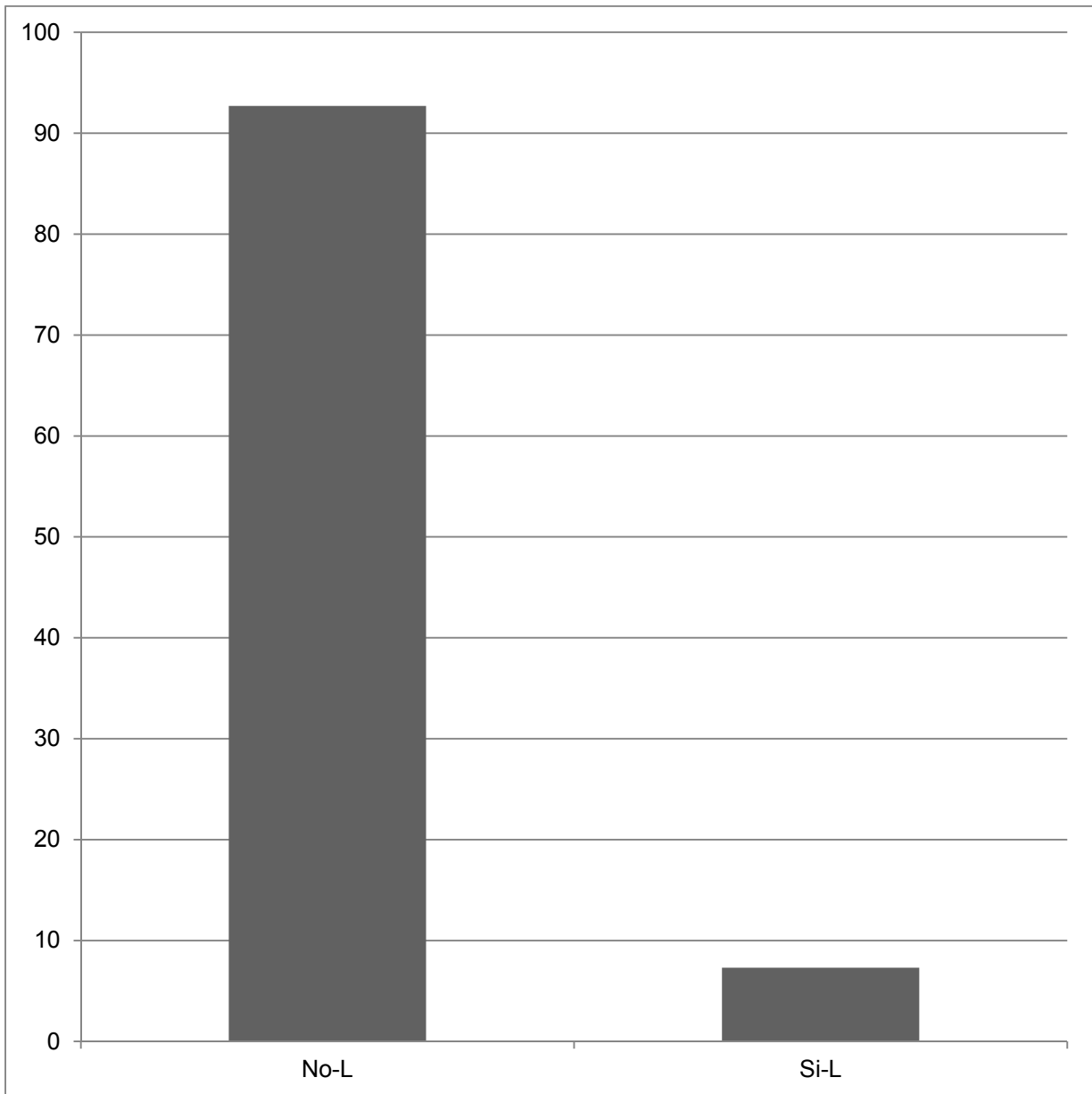
*E1. No es un proceso lineal. No considero que haya encontrado una solución inmediata al problema, tuve que preguntar varias veces al encargado de los animales, averiguar las cosas que no sabía.*

*E2. No fue lineal el proceso de solución del problema, pues tuvimos que devolvemos a revisar conceptos de la teoría, preguntar a la profesora, medir varias veces para corroborar algún dato.*

*E3. No es lineal este proceso, pues hubo que retomar conceptos, discutirlos en grupo, medir y volver a medir, comparar resultados, explicar diferencias, volver a la teoría, preguntar.*

*E5. El proceso de solución del problema no fue lineal. Constantemente hay que volver a revisar la literatura, la teoría, devolverse varias veces, ir y venir, pero avanzando.*

Gráfica 31. Linearidad (L) en la solución del problema. Análisis general (%).



*E6. El proceso de solucionar el problema no era lineal. Fue más de recordar, informarse, preguntar, ensayar en la práctica, confrontar, intentar responder las preguntas.*

*E7. No es lineal. La respuesta que da el animal depende de muchas cosas, el ambiente, el manejo del animal. Tuvimos que preguntar a la profesora, escuchar lo que decía cada uno, discutir.*

Resumiendo, más del 90 % de los estudiantes considera que no hay linealidad en el proceso de solución de un problema. Igualmente lo consideran una dificultad superable a través de la aplicación del método ABP, según lo señalado por ellos en las entrevistas, ya que dicho obstáculo los conduce a tomar conciencia de dicha situación y lo llegan a entender como algo normal, un camino que puede presentar varias vías, varias dimensiones y que además tienen elementos para manejarlo.

### **- La pluridisciplinariedad**

Todos los estudiantes consideran la pluridisciplinariedad como un elemento esencial para definir los conceptos. Pareciera ser un obstáculo más fácil de superar que la no-linearidad y además se considera fortaleza. Se relaciona directamente con ciencias básicas que dicen aplicar los estudiantes en el proceso. Las ciencias a las cuales se refieren los estudiantes entrevistados se aprecian en la gráfica 32.

Según la información descrita anteriormente, se le atribuye gran importancia a las ciencias básicas en la definición de conceptos y la solución de problemas científicos, muy especialmente a la fisiología, la química el metabolismo y la biología que entre ellas alcanzan cerca del 70% del total. Ello coincide con lo observado en las encuestas, en las cuales se vio que dichas ciencias se acercan al 80%. Miremos a continuación algunas apreciaciones de los estudiantes que hacen alusión a la pluridisciplinariedad y al uso de conceptos previos, ya señalados en la anterior gráfica, así como a la importancia de las ciencias básicas en la solución de problemas, tema que se registrará posteriormente en las gráficas 33 y 34:

E1. Si, los conceptos vistos en otras asignaturas son aplicables y sirven para explicar fenómenos *fisiológicos*. *Especialmente la parte química. Aunque no me gusto como me la dieron; solo teoría y de allí al parcial. También metabolismo, genética.*

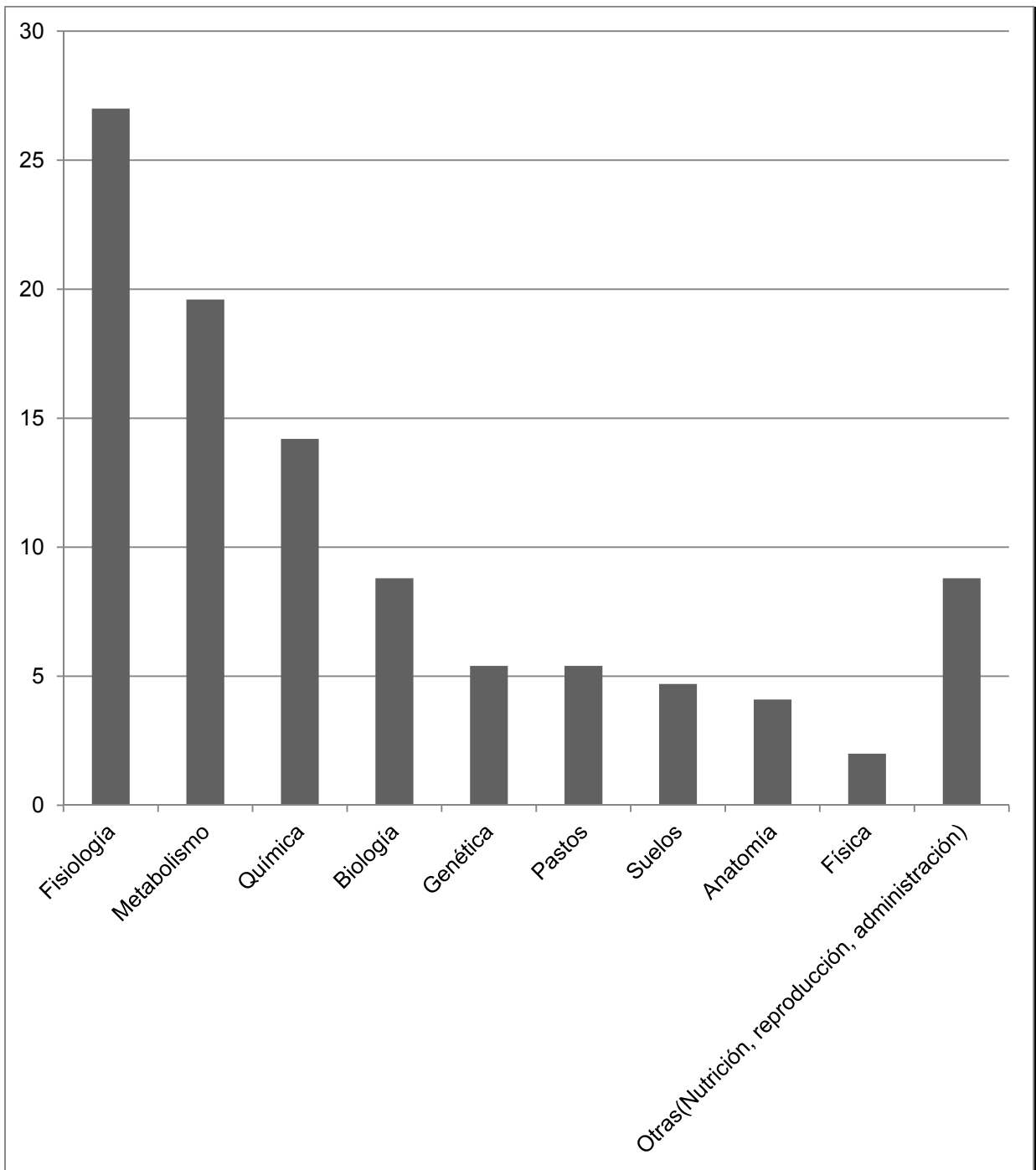
*E3. Sí. Metabolismo, física y biología molecular.*

*E4. Si pude usar conceptos de otras asignaturas, es más, los necesité para resolver el problema. Bioquímica, metabolismo, biología celular, anatomía, química.*

*E5. Sí. Principalmente los conceptos de bioquímica, hormonas y metabolismo. Comienzas a combinar la información en un tema más concreto, el de la termorregulación. Eso permite investigar e integrar conceptos.*

*E6. Totalmente. Esta metodología me ha permitido integrar conceptos de metabolismo y biología molecular. Endocrinología es importante: donde se produce, como actúan, donde. Anatomía. Pastos, que son la base de alimentación de estos animales.*

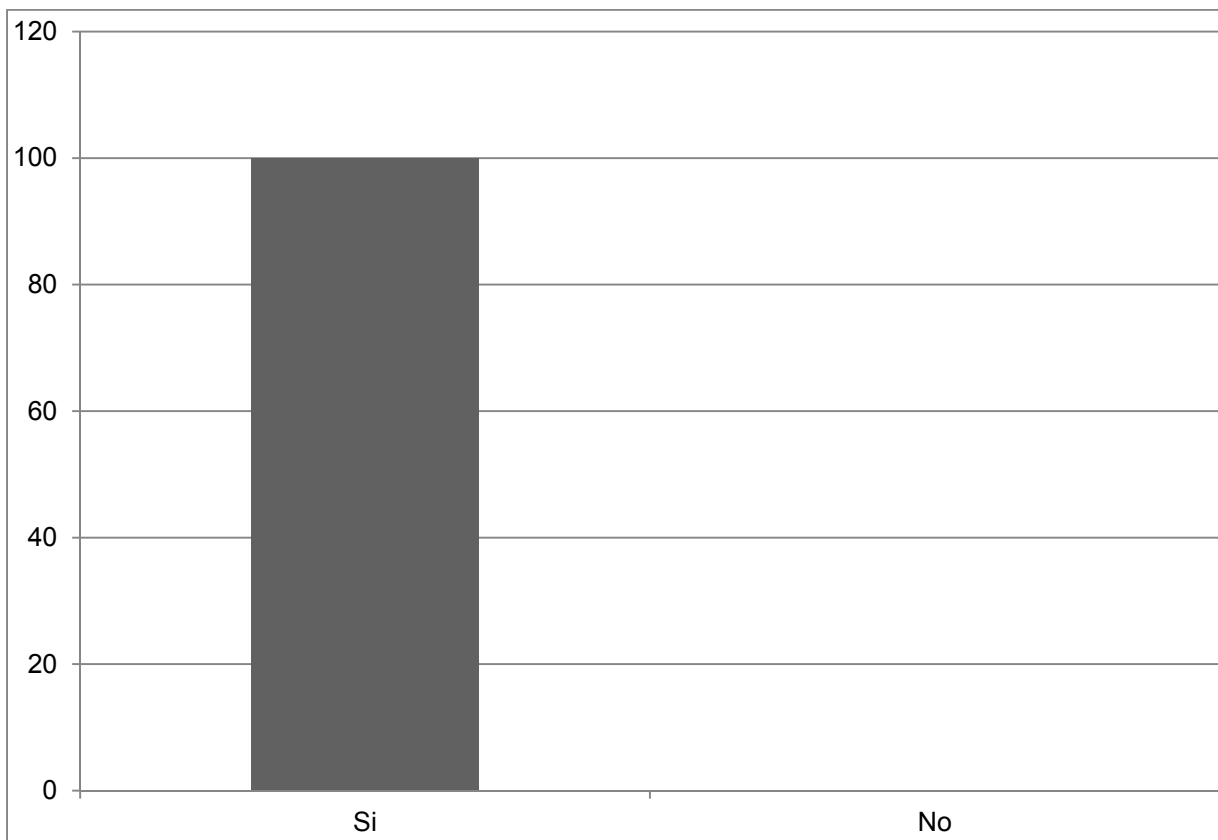
Gráfica 32. Ciencias aplicadas a la definición de conceptos y solución de problemas según la percepción de los estudiantes. Análisis general (%).



### - **Importancia de las ciencias básicas en la solución de problemas**

Con base en los datos de la gráfica 33, todos los estudiantes de la muestra consideran importante el papel desempeñado por las ciencias básicas, ya que dan elementos para hallar la solución a los problemas de orden científico-técnico. Esto a su vez destaca la importancia de tener elementos teóricos sólidos para resolver de manera adecuada problemas científicos.

Gráfica 33. Percepción de la importancia de las ciencias básicas en la solución de problemas. Análisis general (%).



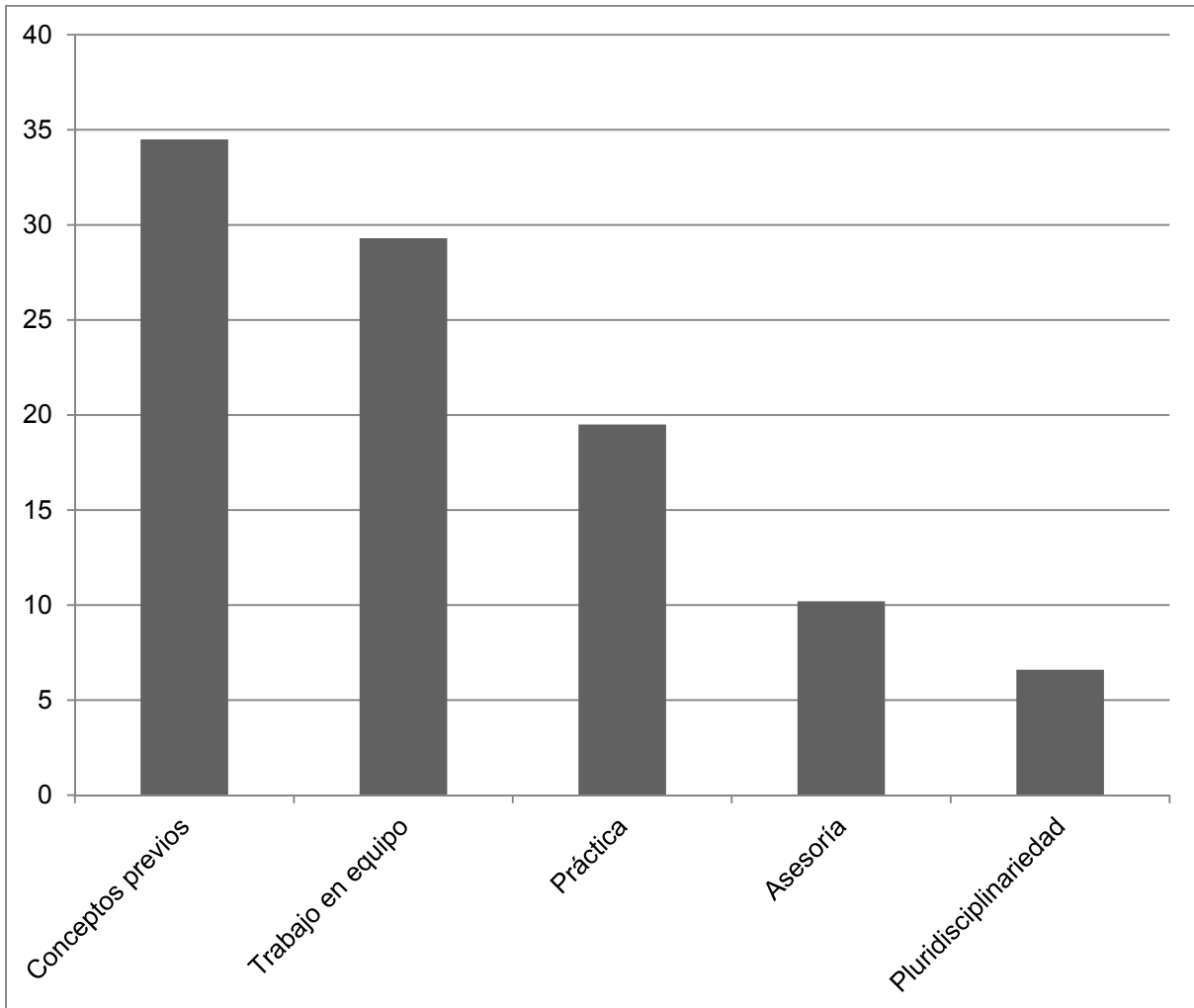
### - **Fortalezas**

Para efectos de esta investigación se consideran fortalezas a aquellos

aspectos que favorecieron la aplicación del método ABP, así como la solución del problema propuesto en esta investigación y la conceptualización científica.

La información respectiva se registra en la siguiente gráfica 34.

Gráfica 34. Fortalezas percibidas por los estudiantes. Análisis general (%).



En lo que respecta a las fortalezas, sucede algo que ya se había observado en las encuestas. El uso de los conceptos previos, es decir, los conceptos aprendidos en otras asignaturas o ciencias antes de llegar al curso de Fisiología Animal II, es considerada por los mismos estudiantes como la mayor fortaleza que ellos tienen al momento de enfrentar y solucionar un problema, y de conceptualizar

científicamente un fenómeno.

Interesante observar como el trabajo en equipo es percibido por los estudiantes como la segunda fortaleza. Aunque hasta el momento el trabajo en equipo había sido escaso para ellos y en un principio representaba una gran dificultad (ver tabla de dificultades), después de este proceso lo perciben como una posibilidad de trabajo que favorece el análisis y la solución del problema, la comprensión de fenómenos fisiológicos y la conceptualización científica de los mismos, lo cual implica aceptar los aportes que pueden hacer los compañeros de grupo a la comprensión y solución del problema, y finalmente al conocimiento de cada uno. Se considera que esto ha sido uno de los aportes valiosos de aplicar el método ABP.

El tercer lugar lo ocupa la práctica, como aspecto importante dentro del proceso de aprendizaje de los estudiantes. Ella puede ser una ganancia adquirida gracias a la experiencia de campo y al trabajo directo con los animales; este aspecto no lo habían vivido con frecuencia hasta el momento en su carrera. Se considera que este efecto se debe tanto al tipo de práctica, es decir, no sólo de observación y contacto con los animales, sino de toma, análisis e interpretación de variables fisiológicas, y la aplicación de conceptos teóricos en la solución de un problema conocido y analizado con antelación desde las clases teóricas.

Con respecto a la asesoría, la cual se refiere a la orientación prestada por la profesora durante el proceso, se observa que es entendida por los estudiantes como una de las fortalezas de este método. El contar con alguien que los guíe en el proceso de su aprendizaje respetando su autonomía, hace que ellos puedan ir construyendo su propio conocimiento y logrando llegar a la solución del problema propuesto.

Igualmente la pluridisciplinariedad es considerada una fortaleza, ya que a pesar de ser un obstáculo epistemológico e implicar cierta dificultad, puede ser tomada como una fuente que aporta diversos elementos cognitivos al momento de entender los fenómenos fisiológicos. El plantear un problema y abordarlo desde lo teórico y lo práctico puede ser una oportunidad de retomar y aplicar los distintos

saberes que ya traen los estudiantes, aspecto que se fue fortaleciendo a través de los diferentes niveles hacia el final de la investigación, posiblemente dada la oportunidad de enfrentarse a un problema y la necesidad de resolverlo, a la discusión del mismo, al trabajo en equipo y al aprendizaje colaborativo exigido por este método y porque no a algún nivel de motivación generado en los estudiantes.

Corrobórese la información anteriormente presentada respecto a las fortalezas, a través de las percepciones descritas por diversos estudiantes, a saber:

*E1. Como facilidades para resolver el problema, considero los conocimientos previos que estaban frescos, fueron menos, y dados de una manera didáctica durante el curso. Fue chévere y útil la discusión con los compañeros.*

*E8. Lo que facilito en mayor medida fue tener buenas bases teóricas, indispensables para analizar un problema.*

*E5. Lo que más facilito la solución del problema fue ir a la práctica con los conceptos teóricos, pues no llegas perdido, ya que sabes que vas a hacer. Las principales herramientas para resolver el problema fueron la literatura, los conceptos de materias anteriores.*

*E2. El hecho de trabajarlo en grupo y colaborarnos fue algo que facilito el proceso, porque lo que no entendía uno lo podía explicar otro o se llegaba a sacar alguna conclusión entre todos.*

*E8. Las herramientas: La teoría de la clase, las lecturas, la experiencia de vida, sensaciones propias, el manejo del animal.*

#### **- Dificultades**

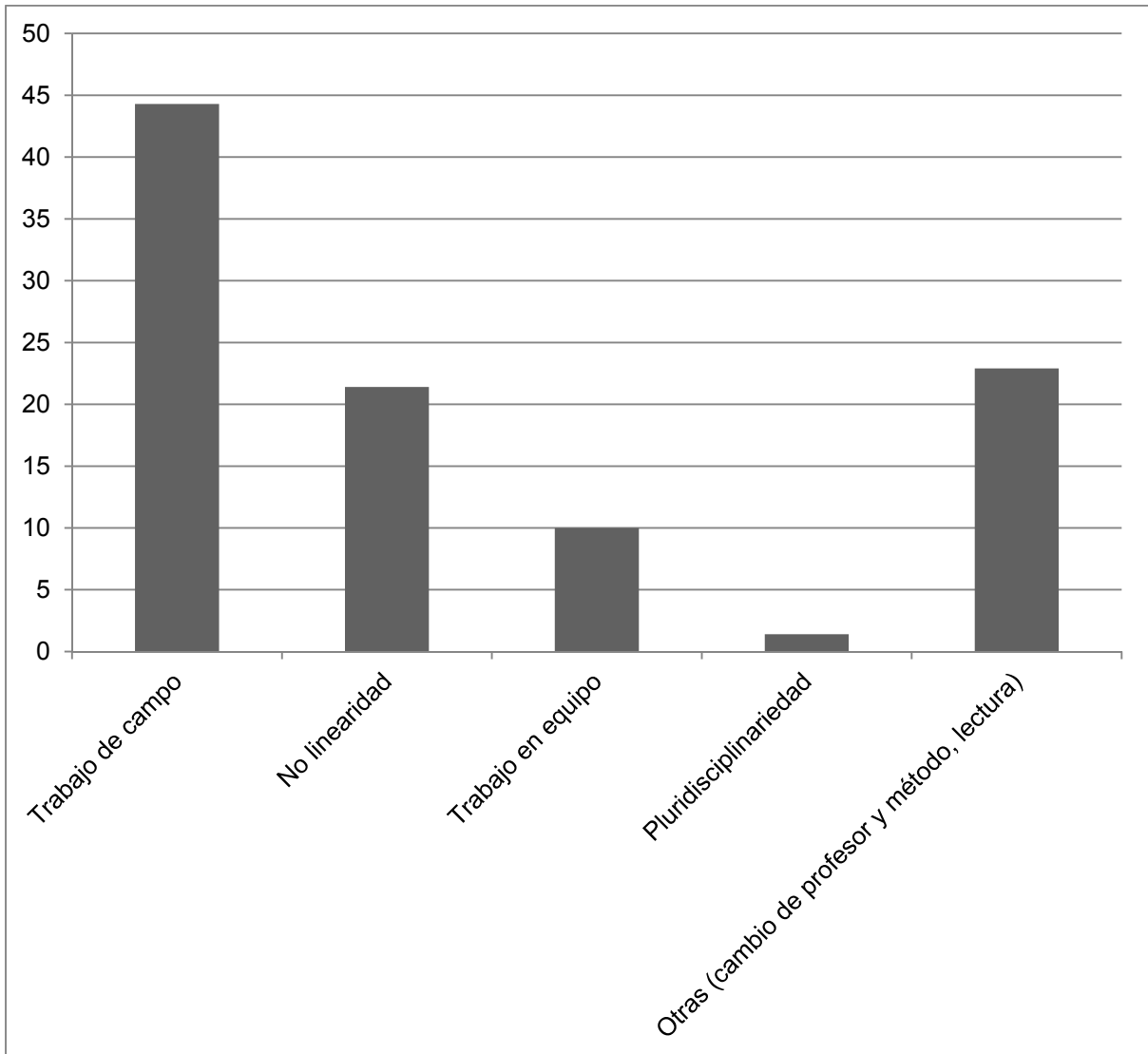
A la par con las fortalezas aparecen ciertas dificultades en este proceso. Las principales dificultades percibidas por los estudiantes son el trabajo de campo, la no-linearidad del proceso de solución de problemas y del conocimiento en general, el cambio de profesor y método, y en niveles menores el trabajo en equipo y la pluridisciplinariedad. De manera similar puede considerarse la poca experiencia de campo que tienen los estudiantes del quinto semestre, la cual se ve reflejada en su dificultad inicial al comenzar su trabajo de campo; sin embargo es algo que se supera



en parte con la asesoría y el trabajo en equipo, catalogadas como fortalezas según se apreciaba en el aparte anterior.

De lo más relevante de la siguiente gráfica, puede ser la marcada diferencia entre los obstáculos epistemológicos de la pluridisciplinariedad y la no-linearidad. Mientras aquella tiene el menor porcentaje y además fue percibida anteriormente como una fortaleza por varios estudiantes, la no-linearidad se manifiesta como una dificultad fuerte en este proceso. Esto podría ser debido a la complejidad del problema propuesto, ya que éste exigía una gran variedad de conceptos y a su vez tener en cuenta varias dimensiones en el proceso de comprensión y resolución de la situación problémica. Aunque se sugiere que el problema tenga ese nivel de exigencia, ya que esto motiva la búsqueda de soluciones por parte del estudiante.

Gráfica 35. Dificultades percibidas por los estudiantes en la de aplicación del método ABP. Análisis general (%).



Si se observa la gráfica anterior, se aprecia que especialmente en cuanto al trabajo de campo (WCare) y la no-linearidad (AL) son las mayores dificultades, mientras que la pluridisciplinariedad no es vista como una dificultad.

En síntesis, se puede afirmar con respecto a lo percibido por los estudiantes y lo observado en la práctica, que el trabajo de campo puede presentar cierta dificultad debido a que van en la mitad de la carrera y su contacto con el campo no

ha sido mucho. Por supuesto este método representa un cambio para ellos en lo que se refiere a una manera diferente de aproximarse al conocimiento. En cuanto a las dificultades manifestadas por algunos estudiantes, se aprecia en seguida, los comentarios de algunos de ellos:

*E1. Como dificultad puedo decir que hay predisposición con el cambio de profesor y su estilo.*

*E2. Fue difícil para mí explicar algunos fenómenos que no coincidían exactamente con la teoría.*

*E8. La mayor dificultad fue el manejo directo con el animal, pues no tenemos mucha experiencia con esto, especialmente con animales tan bravos. Esto quita tiempo y no contábamos con esto. El trabajo en equipo a veces se torna difícil porque todos tenemos ritmos distintos y a veces nos desviamos del tema.*

*E3. Lo más complicado fue el temperamento del animal, enfrentarse a esto fue tan complejo que tuvimos que recurrir a trabajar con otra vaca.*

*E4. Lo más complicado; Cuando uno va a la práctica ve que no todo es como la teoría. Por ejemplo el temperamento de los animales. Me faltó leer los artículos y eso me dificultó un poco.*

*E5. Fue difícil el comentar las ideas entre todos, unificar los conceptos, pues todos nos expresamos diferente.*

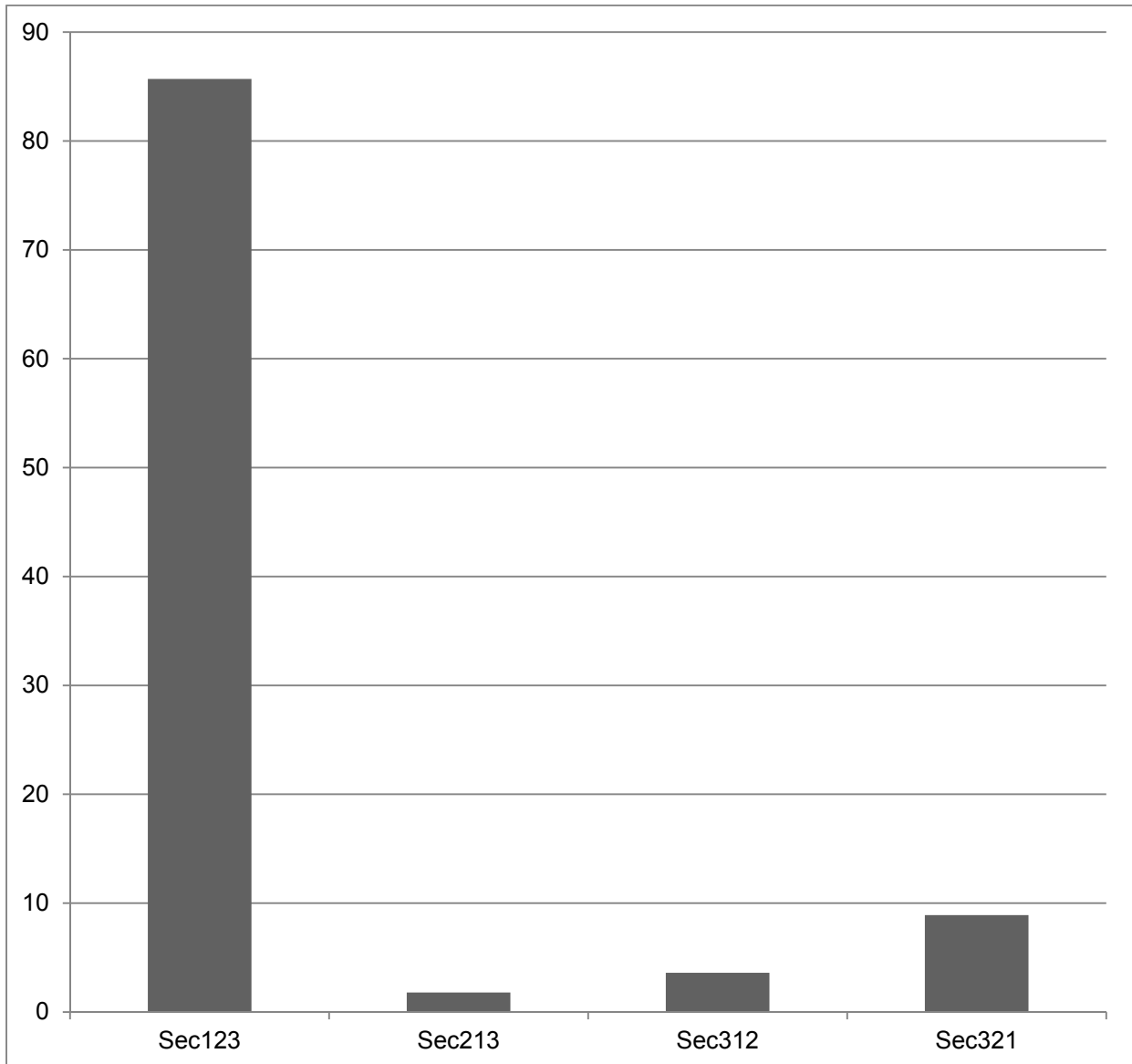
*E6. Dificultades: el poco contacto que tengo con el campo.*

*E7. Lo más complicado: Encontrar la relación entre variables fue difícil. Integrar conceptos fue complejo.*

#### **- Etapas de solución del problema**

Para analizar esta categoría se propusieron tres etapas, basadas en los tres pasos descritos por los estudiantes en las entrevistas y además por lo observado en el diario de campo. Los pasos son los siguientes: 1= Entender el problema; 2= Aclarar los concepto, y 3= Discusión. Así, las posibles secuencias son las que se enuncian a continuación: 123, 213, 312, 321, y ellas serán registradas en la siguiente gráfica 36, para posteriormente presentar las percepciones de varios estudiantes al respecto.

Gráfica 36. Secuencias en la solución del problema (Sec). Análisis general (%).



La secuencia 1-2-3 es la que muestra un porcentaje de aplicación definitivamente mayor, sobrepasando el 80%. Es ésta la que predomina, dando una importancia considerable al análisis del problema y a la preparación teórica previa antes de comenzar a resolver el problema. Estos resultados podrían estar contenidos en lo descrito por Pozo y Postigo (1994), quienes indican que las etapas de solución de un problema científico cuentan, así sea en diferente orden con los fenómenos de

adquisición de información, interpretación, análisis e inferencia, comprensión y organización conceptual de la información y su comunicación.

Obsérvense las percepciones de los estudiantes en lo que se refiere a la categoría de etapas para resolver el problema y sus secuencias:

*E1. El punto de partida para analizar el problema fue observar, recordar, retomar lo que se vio en clase, comparar mental y físicamente, es decir directamente a los animales, escuchar, comparar todo y dar un criterio. Tiene que ver con el quehacer de un Zootecnista, pues el animal está sometido a cambios y va a utilizar mecanismos fisiológicos y metabólicos para regularse y tratar de encontrar equilibrio. Esto podría implicar pérdida en la producción. Tenemos que procurar producir con calidad sin olvidar el animal.*

*E2. Como estrategia para resolver el problema, corroboramos estos conceptos teóricos con lo hallado en la práctica, para ver si coincidían o no. Tuvimos que analizarlos y discutirlos. Planteamos preguntas entre todos los equipos.*

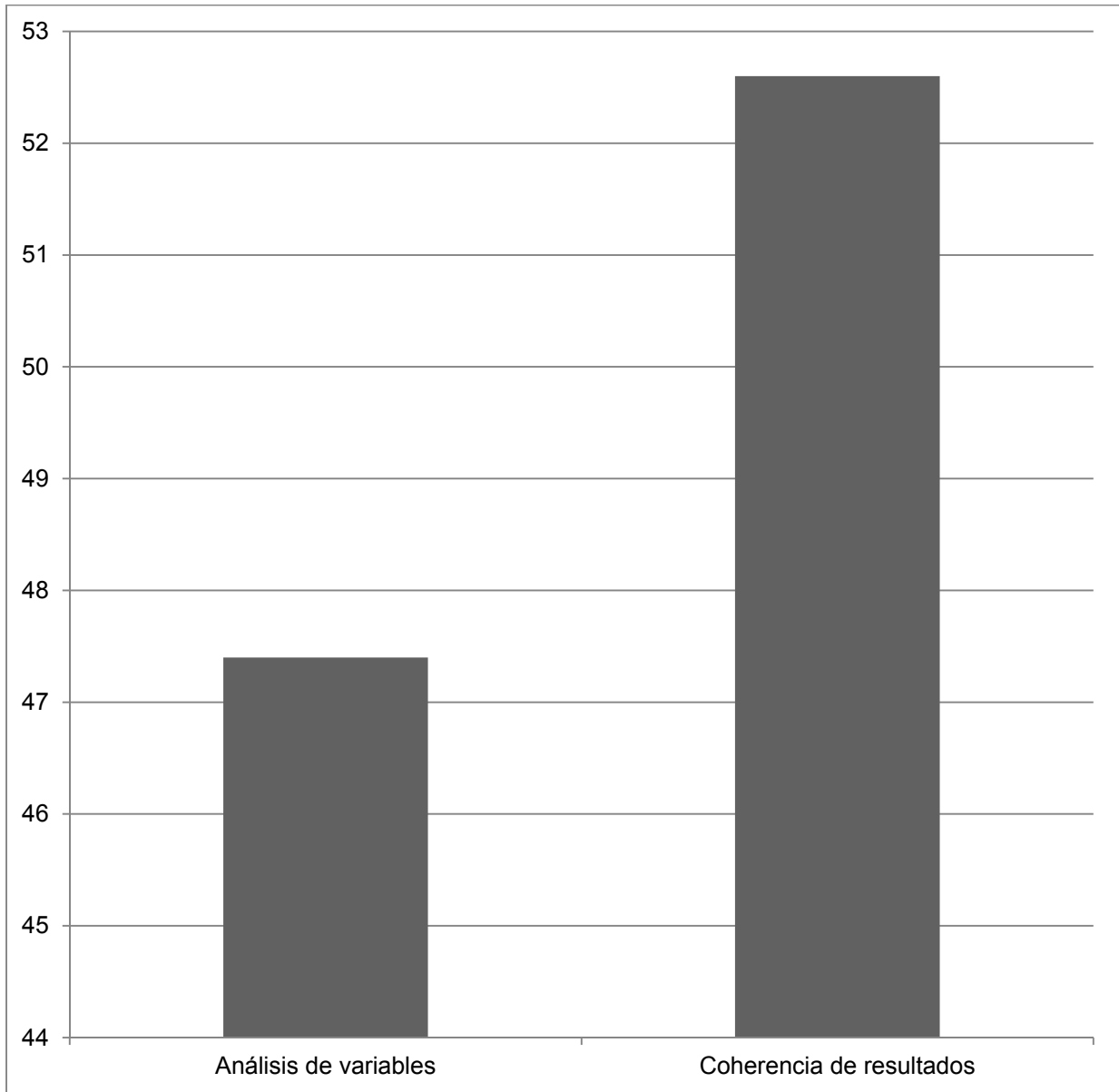
*E8. Estrategia para comenzar con la solución del problema: Comparamos con la realidad la información que teníamos desde la parte teórica del curso, en la cual ya habíamos comenzado a resolver el problema desde lo conceptual.*

*E3. El proceso de solución del problema fue secuencial, desde el salón, antes de la práctica ya teníamos los conceptos teóricos y el documento nos ayudó mucho a entender y luego en la práctica tiene una visión global del asunto.*

Además de analizar los pasos y estrategias para resolver un problema de índole científico, es sumamente importante saber cómo se identifica que se ha llegado al final de la solución final del problema; es decir, como lograron definir los estudiantes que ya habían encontrado una solución válida y argumentada sobre el problema enunciado desde el principio del proceso. Estos resultados, que se aprecian en la tabla 51 y en las gráficas 69 y 70, apoyan de alguna manera lo evidenciado en las secuencias de solución del problema, ya que ambos casos implican el uso del análisis comprendido como competencia intelectual del estudiante.

De manera bastante pareja, los estudiantes tienden a utilizar el análisis de variables y la coherencia de resultados, esta última en una proporción mucho mayor, para definir que ya se ha llegado a una solución completa del problema.

Gráfica 37. Identificación de la solución final. Análisis general (%).



Los comentarios recibidos de los estudiantes sobre esta categoría evidencian lo registrado en las tablas y gráficas.

*E2. Vimos que había cierta lógica en la solución planteada por nosotros y la explicación que dimos al problema la pudimos explicar desde la fisiología. Los aportes de los compañeros del equipo fueron importantes, pues se construyó una solución.*

*E8. Después de la práctica al confrontar los datos teóricos con los reales observados en campo y al confrontarlos, ya que con los primeros explicamos buena parte de los segundos.*

*E3. Para identificar el final del problema, ya después de tener los resultados en conjunto con todos los equipos de trabajo, era más fácil entender que ya habíamos hecho todo. Después de recoger la información y discutirla se llega a una posible respuesta. Cada equipo organizo y mostró sus resultados.*

*E4. Desde que planteamos el problema queríamos llegar a una solución, pero para nosotros fue fundamental partir de la teoría; cuando vimos que los resultados coincidían con la respuesta.*

*E5. Identificamos el final cuando vimos que llegamos a unos resultados que podían ser una posible solución. Analizándolos se puede llegar a profundizar más. Fue importante el llegar preparados teóricamente, ilustrados con un trabajo previo.*

*E7. Se corrobora relacionando muchas cosas, con lo de la práctica y discusión.*

Con base en las estrategias utilizadas por los estudiantes para enfrentar un problema, la secuencia de pasos que realizan para hallar su solución y las vías para identificar la solución final, podría inferirse que la solución de un problema es una especie de procedimiento que implica más que el diagnóstico y descripción del mismo, un saber hacer algo para dar una solución. En este sentido se coincide con Pozo y Postigo (1994), ya según ellos no solo se trata de indicar cuál es el problema y dar un diagnóstico, sino en hacer algo para resolverlo. Obviamente ese “hacer algo” puede ser un proceso mental, un análisis e interpretación de los resultados o una abstracción lógica.

Finalmente se ha querido recopilar algunas de las manifestaciones y sugerencias de los estudiantes, las cuales se consideran de suma importancia ya que fueron ellos quienes pasaron por todo el proceso de aplicación de un método que les era totalmente nuevo y ajeno, pero que a pesar de ello tuvieron la apertura necesaria ante la innovación. Sus comentarios son estos:

*E1. Usted ofrece una nueva manera de trabajar. Fue muy chévere porque fue muy activa y una manera muy práctica de entender las cosas. Para mí fue de mucha ganancia la práctica, porque fue confrontar lo que se vio en clase, lo que ya está real, pasar de la hoja al animal, que es complejo. El cuestionario se vuelve muy repetitivo, pero me gustó porque cada vez que nos la hacía teníamos más criterios para hablar, pero luego cae uno en cuenta de cosas y se suelta más a escribir y se siente uno más en su campo. En cursos anteriores podría decir que pasee con los ojos cerrados y muy poco se me quedó, pero aquí me toco utilizarlas de nuevo. Me pareció excelente la metodología, conservar los debates ya que*

*aportan mucho y obligan a repasar temas y abordar el tema de discusión. Uno aporta y absorbe.*

*E2. Me ha gustado la experiencia.*

*E8. Refuerzo conceptos, los profundizo y entiendo que son fenómenos multifactoriales. Interesante haber incluido en el curso, en este capítulo, mediciones sobre uno mismo. Seguir proponiendo lecturas aplicadas al tema de la fisiología y con enfoque a la producción animal.*

*E3. Con respecto a la metodología, me gustó mucho que no solo fueron teoría en clase sino que se le agregó discusión. Me gusto que hubiera espacio para la participación de los estudiantes, igualmente el espacio para la práctica.*

*E4. Aumentar las prácticas en el curso de fisiología, ya que con la que hicimos de termorregulación aprendimos bastante. También en el laboratorio de fisiología, no solo a las fincas. En cuanto a la metodología, estuvo bien.*

*E5. La metodología me pareció muy buena. Sirvió mucho la preparación teórica, la pequeña práctica que hicimos con las cabras para llegar a la práctica mayor. Veo ventajas en el hecho de plantear un problema a resolver durante el capítulo. Me gustó mucho el enfoque zootécnico de la fisiología lo cual es nuevo para nosotros. Este tema permite integrar diferentes conceptos de la zootecnia y de las ciencias.*

*E6. La metodología me pareció muy buena. La práctica estuvo cool. Presentar un artículo donde explique el tema. No enviar muchos artículos.*

*E7. Me gustó la discusión. La lectura es importante. Saber de qué se acuerda el estudiante de otras asignaturas. Dejar información previa a la clase, lo cual se hizo en esta oportunidad. Mantener la práctica. El problema ayuda a anclar la teoría y exige repasar e integrar conceptos.*

Aunque la mayoría de comentarios fueron positivos, se mostrarán algunos emitidos por los mismos estudiantes, que indican las limitaciones que ellos perciben respecto a la aplicación del método y las que obviamente se deben seguir evaluando de cerca para mejorar su implementación de manera acertada. Por ejemplo:

*E1. Como sugerencias en cuanto a lo metodológico incluir grupos de discusión como gmail. Pues en Facebook, que fue utilizado en esta oportunidad, aunque sirve, para mí es un poco más informal o de ocio y me distrae con toda la información que tiene.*

*E2. Sugiero generar prácticas en distintas zonas ecológicas.*

*E7. No quedo con inquietudes por el momento.*



### 4.3 Cambio conceptual

El analizar el proceso con el cambio conceptual sobre los fenómenos de termorregulación y estrés fisiológico de los estudiantes que participaron en esta investigación, era uno de los objetivos específicos, por lo cual se le dedica un espacio exclusivo, recurriéndose para tal efecto al análisis cualitativo de los datos aportados en las pruebas de niveles de formulación de los 8 estudiantes y a la información plasmada en el diario de campo.

Con base en lo sugerido por Legendre (2002) como por Liu y Ebenezer (2002), se establecieron dos categorías descriptivas para el análisis de la información; a saber:

- Categoría A: Definición del concepto, a través de la cual se observó qué tan completa y acertada era la definición ofrecida por el estudiante.
- Categoría B: Explicación del concepto: por medio de esta categoría se analizaron los elementos con los cuales el alumno explica el fenómeno.

A su vez cada categoría tuvo una subcategoría; en la A, la subcategoría de la estructura A1, que se refiere a 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.

A continuación se presenta una tabla en la cual se compilan las diversas definiciones dadas por los estudiantes sobre ambos conceptos a través de todo el proceso, es decir, pasando por las tres Niveles (1 o inicial, 2 o media y 3 o final).

Tabla 2. Cambio conceptual en la definición del fenómeno de *termorregulación* (C1) (Resultados de las encuestas).

<b>E1N1C1</b>	<p><i>Es el proceso propio de las especies animales con el que se busca mantener el equilibrio dados los cambios de temperatura. Estos cambios modifican las frecuencias respiratoria y cardíaca, como también los movimientos del animal y en las reacciones bioquímicas del cuerpo.</i></p>
<b>E1N2C1</b>	<p><i>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. Puede coincidir con sudoración, cambios en la respiración y la presión arterial. A veces deshidratación. Ante los cambios de temperatura el animal busca su estabilidad a través de mecanismos fisiológicos, como los neuro-endocrinos, equilibrio ácido-base. El cambio en las frecuencias respiratoria y cardíaca suele ser proporcional al de la temperatura ambiental hasta cierto nivel. Pueden haber temperaturas críticas y mortales (TCI, TCS, TLI, TLS).</i></p>
<b>E1N3C1</b>	<p><i>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 cardíaca, respiratoria y ruminal, baja el pH urinario (se liberan H<sup>+</sup> para reducir la acidosis metabólica, que indica que hay un estrés fisiológico), influye sobre el equilibrio ácido-base-n se observó acidosis metabólica, aumenta la concentración urinaria (disminuye su dilución) 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. Hay zonas de termoneutralidad en las cuáles el animal no muestra cambios drásticos en sus parámetros fisiológicos. Se puede alterar la bioquímica del cuerpo apareciendo en orina sustancias como proteínas, sangre o trazas de otros elementos como úrea. No se observó temperatura crítica ni letal para el animal, lo que significa que el animal logró adaptarse. No se ven lactando en la hora más caliente.</i></p>
<b>E2N1C1</b>	<p><i>Proceso propio del animal con el cual busca su homeostasis. Ajustes fisiológicos que realiza el cuerpo en relación a su temperatura para conservar</i></p>

	<p><i>el equilibrio. Puede haber sed y búsqueda de equilibrio electrolítico. Jadeo. Intranquilidad. No hay cambio aparente si el animal está en zona de termoneutralidad, por fuera de ella pueden darse variaciones de la frecuencia cardíaca y la respiratoria. Puede haber variación en la concentración sérica de sustancias como las hormonas.</i></p>
<b>E2N2C1</b>	<p><i>Estrategias de adaptación del animal para mantener su temperatura corporal dentro del rango normal de él mismo y de su especie. Busca equilibrio entre medio ambiente interno y externo. El proceso de termorregulación influye sobre el comportamiento y el metabolismo del animal, puede haber sudoración, cambio en la ingesta de agua y disminución de la tasa de filtración glomerular. Existe una zona termoneutral o de confort en la que el animal está en equilibrio sin exigir más trabajo de su parte. Pueden presentarse cambios químicos y metabólicos para adaptarse a los cambios de temperatura</i></p>
<b>E2N3C1</b>	<p><i>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. La 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. En la práctica se observó cómo cambia la ingesta de agua, buscan sombra y reducen su movimiento. El pH de la orina bajó en las horas de mayor temperatura ambiental, lo que indica que hay un desequilibrio ácido-base, probablemente por la pérdida de líquidos y los mecanismo de retención de los mismos en el organismo.</i></p>
<b>E3N1C1</b>	<p><i>Mecanismo por el cual el animal que entra en estrés térmico recupera la homeostasia. Se da una alostasis que permite recuperar la temperatura normal del cuerpo. Se relaciona consumo de agua e ingesta de alimentos y la digestión de los mismos que genera calor. Intervienen mecanismos metabólicos, el S.N. Simpático y hay cambios en la osmolaridad sanguínea.</i></p>
<b>E3N2C1</b>	<p><i>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. Cambia la movilidad del animal, busca la sombra en caso de temperaturas altas, ante las</i></p>

	<p><i>cuales varía la frecuencia respiratoria pudiendo haber hiperventilación. Existe una zona termoneutral, por fuera de la cual se presentan los cambios en las variables fisiológicas como las frecuencias respiratoria y cardiaca, cambios en la humedad de las mucosas, variación en la concentración y pH de la orina y la osmolaridad sanguínea. Las concentraciones de algunas hormonas cambian.</i></p>
<b>E3N3C1</b>	<p><i>Termorregulación: Mecanismos que permiten la adaptación del animal a los cambios de temperatura externa permitiendo que la temperatura interna se mantenga en niveles adecuados. 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 cardiaca 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. Parece ser que el principio de termorregulación es similar en adultos y crías, aunque estos últimos son más delicados, es decir, que también influye el tiempo que el animal viva en un determinado ambiente. Aunque no la medí, probablemente la adrenalina y el cortisol han aumentado su concentración.</i></p>
<b>E4N1C1</b>	<p><i>Los esfuerzos que realiza un animal para encontrar el confort térmico. Rango de temperatura interna que el organismo debe mantener constante para que no se alteren sus sistemas fisiológicos. Cursa con cambios en los sistemas respiratorio y circulatorio, en los movimientos y comportamiento del animal.</i></p>
<b>E4N2C1</b>	<p><i>Regulación fisiológica de la temperatura corporal del animal, influenciado por varios sistemas del organismo. Es la adaptación del organismo a variables climáticas externas que pueden afectar el funcionamiento normal del organismo. Puede haber sudoración, cambio de presión, alteración del intercambio gaseoso. Si no se sale de la zona termoneutral los efectos externos no son muy evidentes, aunque si pueden comenzarse a dar cambios internos en pH y equilibrio hidroelectrolítico, así como variación en algunas hormonas.</i></p>

<b>E4N3C1</b>	<p><i>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. Ésta 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. Hay deshidratación cuando el animal pierde mucho líquido debido a la alta temperatura externa, lo cual se nota porque la concentración de la orina aumenta y su volumen y frecuencia disminuye, es más oscura; la elasticidad de la piel cambia, disminuye, porque tiene menos agua. El aire exhalado es caliente.</i></p>
<b>E5N1C1</b>	<p><i>Regulación del calor del cuerpo.</i></p>
<b>E5N2C1</b>	<p><i>Capacidad del organismo para regular la temperatura corporal por mecanismos fisiológicos y metabólicos. Ayudan las hormonas ADH, T3, T4.</i></p>
<b>E5N3C1</b>	<p><i>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. Éstas 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. O sea que se altera su metabolismo. La materia fecal es más caliente y seca, es decir por ella se libera calor. El cuerpo busca retener agua del alimento.</i></p>
<b>E6N1C1</b>	<p><i>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. Se da por</i></p>

	<i>mecanismos neuroendocrinos, respiratorios y circulatorios. Puede variar con la edad y el estado fisiológico. En clima cálido los animales buscan la sombra y bajan su movilidad para no generar más calor.</i>
<b>E6N2C1</b>	<i>Cambios bioquímicos y hormonales que se dan en el individuo para recuperar la homeostasis. Los cambios de temperatura hacen varias los parámetros fisiológicos, como el pH.</i>
<b>E6N3C1</b>	<i>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. Con el aumento de temperatura aumentaron la frecuencia cardíaca, respiratoria; disminuyó la ruminal y la urinaria. Baja la cantidad de saliva secretada por el animal.</i>
<b>E7N1C1</b>	<i>Tiene que ver con la temperatura del animal.</i>
<b>E7N2C1</b>	<i>Mecanismos fisiológicos mediante los cuales el animal regula su temperatura corporal. Intervienen las hormonas. El animal activa mecanismos para mantener sus parámetros fisiológicos dentro de los rangos propios de la especie. Hay rangos de temperatura en los cuales el animal no tiene que esforzarse por termorregular, es la zona de termoneutralidad o confort térmico.</i>
<b>E7N3C1</b>	<i>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, cambiando la permeabilidad de la nefrona. Asa de Henle está en plena actividad. También se observó que su pH bajó, indicando que hay cambios en el equilibrio ácido-base. La orina</i>

	<p><i>huele más fuerte. Respecto al problema, se vio como la madre puede seguir alimentando a la cría, o sea que ella se autorregula y mantiene líquidos para alimentar e hidratar a la cría. Ante el calor los animales se mueven menos. Su piel se siente más caliente y húmeda por el sudor y la temperatura rectal aumentó. No hay que tocar la piel del animal para sentir su calor, a algunos centímetros de distancia se siente el calor. También se alteró el sistema digestivo, disminuyendo la frecuencia ruminal del adulto. La materia fecal es caliente y seca. Siento que yo sudo más en la segunda parte de la práctica y me provoca no moverme, además tengo una sed tenaz. No he orinado en toda la mañana. Estoy reteniendo líquidos. El animal ya no saliva hacia el final de la práctica.</i></p>
<b>E8N1C1</b>	<p><i>Es la capacidad del animal de adquirir su temperatura óptima.</i></p>
<b>E8N2C1</b>	<p><i>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.</i></p>
<b>E8N3C1</b>	<p><i>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 cardíaca, 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</i></p>

Tabla 3. Cambio Conceptual en las definiciones del fenómeno de Estrés Fisiológico (C2) (Resultados de la encuesta).

<b>E1N1C2</b>	<i>Estadio generado por el cambio de los factores que permiten la homeostasis de un ser vivo y la actitud que ese ser toma frente a los eventos. El animal se adapta a los cambios.</i>
<b>E1N2C2</b>	<i>Evento que causa la pérdida de homeostasis de un individuo y modifica sus parámetros fisiológicos mientras se adapta al cambio. Intervienen los sistemas nervioso y endocrino y pueden alterarse otros como el renal, el digestivo el respiratorio y el circulatorio. Si no hay adaptación el animal se enferma o se muere. El estrés lo veo como un mecanismo de defensa y de adaptación a cambios medioambientales internos o externos. Las principales hormonas son la adrenalina y el cortisol.</i>
<b>E1N3C2</b>	<i>Sumatoria de eventos que amenazan la homeostasis de un individuo, ante lo cual el animal intenta adaptarse. Para ello entran en juego factores neuroendocrinos, especialmente el cortisol y la adrenalina. En el caso del problema de este capítulo se puede decir que el estrés, mientras no sea excesivo, es la alternativa utilizada por el organismo del animal (y de las personas) para adaptarse a los cambios, por ejemplo en la práctica vimos, como a pesar de los cambios de temperatura ambiental y la variación de las frecuencias respiratoria y cardíaca, la temperatura y la perfusión capilar, los parámetros lograron permanecer en un rango normal para la especie. La madre se adapta y mantiene reservas para la lactancia de la cría. Ésta se ve sana. La madre pierde condición corporal, pero no se reporta enfermedad en ninguno de los dos; sin embargo debe ponerse atención ya que la cría se ve algo débil. Se puede pensar en suplementos nutricionales.</i>
<b>E2N1C2</b>	<i>Estadio generado por el cambio de factores que permiten la homeostasia de un ser vivo y su actitud frente a los eventos que modifican esos factores. El estrés es un mecanismo de adaptación del animal o de los seres humanos ante cambios del medio ambiente externo o interno Cualquier evento que requiera de un gasto extra de energía para el individuo afectando sus variables fisiológicas.</i>
<b>E2N2C2</b>	<i>Evento que causa pérdida de homeostasis en un individuo e induce cambios en sus variables fisiológicas. Todos aquellos factores que someten a</i>



	<p><i>un sistema vivo a realizar ajustes para conservar un equilibrio, ocasionando así un gasto adicional energético. Es un mecanismo de adaptación del animal ante un cambio drástico medioambiental. Ante un factor estresante, el cambio drástico de temperatura por ejemplo, el animal responde con todos sus sistemas; juegan un papel importante la adrenalina, las hormonas asociadas a la temperatura (T3 y T4) y la ADH para regular el equilibrio hídrico. Puede haber deshidratación cuando hay estrés térmico.</i></p>
<p><b>E2N3C2</b></p>	<p><i>Estadio permanente o no en donde el animal debe realizar o utilizar cualquier mecanismo aparte de su metabolismo regular para permanecer en equilibrio. Ante el estrés generado por el calor, el animal trata de mantener su homeostasis. Al principio se agita, cambia de comportamiento y sus parámetros fisiológicos. Aumenta la frecuencia respiratoria y la cardíaca, la temperatura corporal también, pero al rato vuelven a estar dentro de los rangos normales de la especie. Esto indica que el animal se ha adaptado y que el estrés ha pasado. Fue un estado necesario para que el animal lograra mantener su homeostasis. Aunque el animal esta por fuera de su zona termoneutral, parece estar adaptándose, aunque considero que hay estrés fisiológico, en este caso hídrico y calórico, ya que se le ve sudar (hay deshidratación) y su temperamento cambia. Sigue pendiente de la cría. Sed, sudoración, deshidratación, jadeo e inquietud son indicadores del estrés fisiológico. Sigue habiendo secreción de leche para la cría: es decir, a pesar del estrés, la madre aún conserva reservas de líquidos y nutrientes para su cría. La cual tiene la leche como sustancia que además de nutrirlo lo hidrata. La calidad de los pastos en cuanto a su contenido de agua, son factores que ayudan al equilibrio del animal. El suelo se observó seco. El aire se siente caliente y seco.</i></p>
<p><b>E3N1C2</b></p>	<p><i>Pérdida de equilibrio o de todo lo que sucede en nuestro organismo. Se genera por el cambio de los factores que permiten la homeostasia del ser vivo y la actitud que ese toma ante los eventos que los modifican, sirviendo como mecanismo de adaptación. Si no se da la adaptación viene la muerte.</i></p>
<p><b>E3N2C2</b></p>	<p><i>Desequilibrio que presenta nuestro organismo por pérdida de homeostasis. Serie de mecanismos que se disparan para combatir los cambios de temperatura medioambiental u otros factores, para llegar a una alostasis y mantener la homeostasis. Puede ser agudo o crónico. La adaptación de los animales se da por factores genéticos, individuales o de manejo.</i></p>

<b>E3N3C2</b>	<p><i>Desequilibrio de las condiciones internas del cuerpo y que se puede manifestar externamente. En el caso de cambios de temperatura se puede decir que el estrés fisiológico es estrés térmico y es una estrategia del cuerpo para preparar a todos sus sistemas para que actúen para conservar la homeostasis. El estrés puede inducir cambios de temperamento en los animales. Mientras las vacas se adaptan a un aumento de temperatura del medio, aumenta sus frecuencias respiratoria y cardíaca, como también su temperatura corporal. Ante una situación estresante como la vista en la práctica debido al cambio de temperatura entre la primera y la segunda temperatura, los parámetros fisiológicos se van ajustando, suben o bajan, hasta llegar nuevamente al equilibrio. Es en ese estado de ajuste cuando se puede hablar de estrés fisiológico. El estrés funciona como una especie de alarma que activa mecanismos neuroendocrinos para mantener la homeostasis del animal. Si se exagera el estrés el animal podría no adaptarse, enfermarse y morir. Este proceso condiciona el comportamiento del animal.</i></p>
<b>E4N1C2</b>	<p><i>Alteración de los sistemas internos del animal.</i></p>
<b>E4N2C2</b>	<p><i>Cambio brusco que crea inconformidad en el animal y hace que entren acción los sistemas nervioso y endocrino. Se libera cortisol y adrenalina y cambian los valores de los parámetros fisiológicos.</i></p>
<b>E4N3C2</b>	<p><i>Es un fenómeno momentáneo en el cual se altera el confort interno del animal, alterando la homeostasis. Los cambios de temperatura pueden generarlo. Si se mantiene el estrés por mucho tiempo el animal puede enfermarse y disminuir su producción. Pero si es temporal lo considero un fenómeno positivo porque indica que el animal está buscando la forma de adaptarse. Involucra todos los sistemas del animal. Se liberan adrenalina y cortisol. El zootecnista puede ayudar a mantener unas condiciones medioambientales adecuadas para que el animal no se estrese. En la práctica se vieron estresados los animales en la segunda toma de muestras y medición de variables.</i></p>
<b>E5N1C2</b>	<p><i>Alteración de los sistemas internos de un individuo.</i></p>
<b>E5N2C2</b>	<p><i>Respuesta a cambios o desequilibrios internos que sufren los animales debido a cambios en el medio. El animal está en alerta. Se libera adrenalina la cual hace variar la frecuencia cardíaca y otras variables fisiológicas.</i></p>
<b>E5N3C2</b>	<p><i>Respuesta a cambios en el ambiente externo o interno del animal</i></p>

	<p><i>haciendo variar sus parámetros fisiológicos. En la práctica vi como por efecto del aumento de temperatura ambiental el comportamiento del animal cambiaba. También variaron los parámetros fisiológicos de frecuencias cardíaca y respiratoria, aumentaron. A causa del calor y del estrés que éste puede generar. Es un proceso normal porque hace que él logre adaptarse al cambio. Aunque no las medimos, muy probablemente aumenta la adrenalina y el cortisol. Los animales se tornan agresivos, abren más los ollares para que entre más aire y se puedan termorregular.</i></p>
<b>E6N1C2</b>	<p><i>Estrés fisiológico: El estrés requiere de un gasto de energía en el animal, afectando sus variables fisiológicas, como la temperatura rectal o cutánea o su frecuencia respiratoria entre otras cosas. Es un mecanismo de adaptación del animal.</i></p>
<b>E6N2C2</b>	<p><i>Cambio de los parámetros fisiológicos normales a causa de variaciones en el medio ambiente externo e interno. Mecanismo de adaptación del animal ante cambios medioambientales, permitiendo mantener los valores de los parámetros fisiológicos dentro de unos valores normales según la especie.</i></p>
<b>E6N3C2</b>	<p><i>Mecanismos que utiliza un animal para mantener sus parámetros fisiológicos normales a pesar de los cambios externos. En ese sentido es un proceso normal de adaptación En la práctica vimos que tanto madres como crías se estresan, pero el adulto se adapta más rápido. A pesar del estrés que vimos en la segunda toma de muestras y medición de parámetros se observó que la hembra sigue alimentando a su hijo. El amamantamiento calma a la cría y además lo hidrata y alimenta. El animal cuando está estresado comió menos. EL efecto de la adrenalina y el cortisol puede verse en el comportamiento del animal; están un poco más nerviosos en la segunda toma de muestras y de datos.</i></p>
<b>E7N1C2</b>	<p><i>Ninguna definición.</i></p>
<b>E7N2C2</b>	<p><i>Cuando el animal tiene un cambio drástico y no encuentra la manera de regularse, afectándose así su comportamiento. Ante el estrés el animal secreta adrenalina y cortisol, que hacen variar algunos parámetros fisiológicos (temperatura corporal, frecuencias urinaria, respiratoria y cardíaca). También el temperamento puede variar temporalmente. Es un mecanismo de adaptación del animal ante cambios del medio ambiente externo o interno.</i></p>
<b>E7N3C2</b>	<p><i>Estadio donde se encuentra en peligro la homeostasis del animal. Puede</i></p>

	<p><i>haber cambios en la frecuencia urinaria del animal o tornarse agresivo. En la finca vimos que el ganado busca la sombra y las crías tratan de quedarse cerca a la madre. Cuando se aumentó la temperatura ambiental los animales permanecían quietos, sus mucosas un poco secas. Las frecuencias respiratoria y cardíaca aumentaron debido a la acción de la adrenalina que activa los receptores adrenérgicos. El animal no mostró variación en la composición de la orina. Su frecuencia ruminal disminuyó, parece ser que sistema digestivo baja su funcionalidad. El estrés fisiológico puede ser estrés térmico. Lo veo positivo mientras se adapta el animal. No debe prolongarse demasiado ya que el animal podría enfermarse o afectar su producción.</i></p>
<b>E8N1C2</b>	<p><i>Lo puede causar un ambiente no adecuado, una mala alimentación. En general está mediado por el ambiente.</i></p>
<b>E8N2C2</b>	<p><i>Estrés fisiológico: Respuesta fisiológica del animal a cambios bruscos del medio ambiente interno o externo, como temperatura, alojamiento, agentes extraños, ruidos o enfermedad. Es una respuesta al intento de adaptación del cuerpo a nuevas condiciones. La adrenalina produce cambios. Se libera cortisol. Estas hormonas afectan el comportamiento del animal.</i></p>
<b>E8N3C2</b>	<p><i>Estrés fisiológico: Respuesta fisiológica del animal a cambios ambientales que hacen que el animal trate de mantener su homeostasis. Ante los cambios de temperatura se produce un estrés térmico, haciendo que el animal sude, aumente sus frecuencias cardíaca y respiratoria, su temperatura corporal y cambie un poco su comportamiento. Por ejemplo busca la sombra de los árboles, se mueve menos, busca agua, saliva menos. Sus mucosas son más secas. Orina muy poco y muy concentrado. El estrés térmico lo asocio con la termorregulación. Mientras los parámetros no se salgan de los rangos normales de la especie, no hay problema. Según la teoría debe estar activada la ADH para retener agua y disminuir el estrés térmico manteniendo el equilibrio hídrico-electrolítico. Igualmente creo que la adrenalina está alta, debido a la inquietud que veo en el animal.</i></p>

A partir de la información recopilada en las anteriores tablas se puede decir de manera general que existe una diferencia marcada entre las definiciones de ambos conceptos entre los tres niveles estudiados, en el primero de los cuales, cuando los estudiantes aún no habían visto la teoría respectiva del curso y tampoco

conocían el problema a desarrollar en el proceso, las definiciones se caracterizaron por ser más generales, menos precisas y por utilizar un lenguaje menos científico, conservando muchos elementos del lenguaje cotidiano y del sentido común. Del mismo modo se observa cierta dificultad para redactar.

Igualmente se destaca que los estudiantes recurren menos a los conceptos previos que traen de las asignaturas ya cursadas como bioquímica y metabolismo, conllevando esto a una perspectiva menos pluridisciplinar de la definición y a una baja integración de variables y conceptos fisiológicos, a pesar de que ya habían llevado a cabo un curso básico y estaban terminando el segundo curso de fisiología animal.

***E7N1C1: Termorregulación: Tiene que ver con la temperatura del animal.***

En algunos casos, especialmente en el concepto de estrés (C2), no existe definición o ésta no es muy correcta. Por ejemplo:

***E7N1C2: Ninguna definición.***

***E8N1C2: Lo puede causar un ambiente no adecuado, una mala alimentación. En general está mediado por el ambiente.***

En el nivel 2 (N2), momento en el cual ya se contaba con toda la teoría del tema y ésta se había acompañado de artículos, videos temáticos y discusiones en torno al problema, se observa un incremento en la calidad del lenguaje, tornándose éste más técnico con respecto al nivel uno. Así mismo aumenta la científicidad y la complejidad de las definiciones. Ejemplo:

***E7N2C1: Termorregulación: Mecanismos fisiológicos mediante los cuales el animal regula su temperatura corporal. Intervienen las hormonas. El animal activa mecanismos para mantener sus parámetros fisiológicos dentro de los rangos propios de la especie. Hay rangos de temperatura en los cuales el animal no tiene que esforzarse por termorregular, es la zona de termoneutralidad o confort térmico.***

***E7N2C2: Estrés fisiológico: Cuando el animal tiene un cambio drástico y no encuentra la manera de regularse, afectándose así su comportamiento. Ante el***

*estrés el animal secreta adrenalina y cortisol, que hacen variar algunos parámetros fisiológicos (temperatura corporal, frecuencias urinaria, respiratoria y cardíaca). También el temperamento puede variar temporalmente. Es un mecanismo de adaptación del animal ante cambios del medio ambiente externo o interno.*

**E3N2C1:** *Termorregulación: 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. Cambia la movilidad del animal, busca la sombra en caso de temperaturas altas, ante las cuales varía la frecuencia respiratoria pudiendo haber hiperventilación. Existe una zona termoneutral, por fuera de la cual se presentan los cambios en las variables fisiológicas como las frecuencias respiratoria y cardíaca, cambios en la humedad de las mucosas, variación en la concentración y pH de la orina y la osmolaridad sanguínea. Las concentraciones de algunas hormonas cambian*

Al pasar al nivel 3, el cambio es radical, ya que a esta altura del proceso se ha incorporado la teoría en mayor proporción y los estudiantes ya habían estado en la práctica de campo dando solución final al problema. Es decir, contaban con experiencia de campo además de la teoría, el trabajo en equipo se había reforzado y se había hecho el análisis y la discusión final del problema y su solución. Esto condujo a que en este nivel se evidencie un uso notorio de la pluridisciplinariedad, un incremento de la científicidad de las definiciones, referencia al problema como parte de la definición, integración de los conceptos adquiridos en las clases teóricas y una mejor redacción.

También se evidencia una homogenización importante de los niveles de formulación entre los estudiantes, lo cual se considera que este es uno de los mejores resultados, debido a que lo que se trata es de lograr en la mayor cantidad posible de estudiantes un cambio conceptual adecuado y que lleguen a la conceptualización científica de un fenómeno. Ejemplo:

**E7N3C1:** *Termorregulación: 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, cambiando la permeabilidad de la nefrona. Asa de Henle está en plena actividad. También se observó que su pH bajó, indicando que hay cambios en el equilibrio ácido-base. La orina huele más fuerte. Respecto al problema, se vio como la madre puede seguir alimentando a la cría, o sea que ella se autorregula y mantiene líquidos para alimentar e hidratar a la cría. Ante el calor los animales se mueven menos. Su piel se siente más caliente y húmeda por el sudor y la temperatura rectal aumentó. No hay que tocar la piel del animal para sentir su calor, a algunos centímetros de distancia se siente el calor. También se alteró el sistema digestivo, disminuyendo la frecuencia ruminal del adulto.

La materia fecal es caliente y seca. Siento que yo sudo más en la segunda parte de la práctica y me provoca no moverme, además tengo una sed tenaz. No he orinado en toda la mañana. Estoy reteniendo líquidos. El animal ya no saliva hacia el final de la práctica.

**E7N3C2:** Estrés fisiológico: Estadio donde se encuentra en peligro la homeostasis del animal. Puede haber cambios en la frecuencia urinaria del animal o tornarse agresivo. En la finca vimos que el ganado busca la sombra y las crías tratan de quedarse cerca a la madre. Cuando se aumentó la temperatura ambiental los animales permanecían quietos, sus mucosas un poco secas. Las frecuencias respiratoria y cardíaca aumentaron debido a la acción de la adrenalina que activa los receptores adrenérgicos. El animal no mostró variación en la composición de la orina. Su frecuencia ruminal disminuyó, parece ser que sistema digestivo baja su funcionalidad. El estrés fisiológico puede ser estrés térmico. Lo veo positivo mientras se adapta el animal. No debe prolongarse demasiado ya que el animal podría enfermarse o afectar su producción.

Para el análisis particular del Cambio Conceptual de cada concepto se presentan las categorías y subcategorías específicas para cada concepto por separado. En el caso de la Termorregulación las categorías son:

## **A. Definición**

Con base en los resultados observados a partir del primer nivel de formulación (NF 1), se puede indicar que todos llegaron con un concepto previo sobre la termorregulación animal, el cual 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.

Se optó así por seguir la alternativa propuesta por Legendre (2002), Delgado (2002) y Guespin (2005) de no eliminarlo, sino de guiar al estudiante para construir a partir de aquel un concepto más elaborado y mejor definido en términos científicos, con base en los nuevos saberes que iba adquiriendo.

El Nivel de formulación 2 (NF2), en todos los integrantes de la muestra, permite entrever que se comienzan a incluir 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, en las cuales hubo lectura de artículos sobre el tema, videos y discusión del problema por equipos, ha tenido un efecto positivo sobre el concepto inicial del estudiante; ya se manifiesta el Cambio Conceptual, sin poderse decir que el estudiante ha llegado a un concepto científico. Pareciera ser que los conceptos teóricos no han sido integrados inmediatamente en los alumnos.



Al final, el último nivel de formulación (NF 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. También muestra un mayor nivel de análisis y comparación, así como de interpretación de resultados.

En todos los casos evaluados hay una evolución desde el concepto previo y homogeneidad en la calidad de las definiciones de todos los estudiantes. Además el proceso les permitió reafirmar o corregir algunos términos iniciales, lo cual condujo a una definición de mayor científicidad. En este nivel el Cambio Conceptual es notorio.

#### **A.1. Subcategoría: estructura de las respuestas**

En lo que respecta a la calidad de los términos utilizados para definir el concepto, en el primer nivel de formulación (NF 1) los estudiantes utilizan un vocabulario menos científico y se observa que tienen la tendencia a utilizar su lenguaje común adquirido en su experiencia por fuera del aula de clase, siendo 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 el segundo nivel de formulación (NF 2); se comienza a notar la inclusión de términos como homeostasis, mecanismos fisiológicos, temperatura corporal, relación medio ambiente interno–externo y regulación de temperatura, muy probablemente debido a que los tres cursos teóricos han aportado elementos y los estudiantes han comenzado a emplearlos paulatinamente aplicándolos a la definición del concepto de termorregulación. Aún en este nivel, parecen ser términos aislados, sin conexión entre sí, pero han sido usados adecuadamente; es decir, existe un criterio por el estudiante al momento de integrarlos a la definición.

El efecto del componente práctico registrado en el NF 3, muestra que se logra una mayor relación de conceptos científicos y más atención a la función de algunos sistemas orgánicos como sistema respiratorio y endocrino, por ejemplo. También es interesante la referencia que se hace a variables fisiológicas como temperatura corporal, frecuencias respiratoria, cardíaca y ruminal, y pH urinario.

El 100% de los estudiantes incluyó 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 organismo. También cobran interés los fenómenos de equilibrio hídrico y ácido-base y se precisan los nombres de algunas sustancias como es el caso de las hormonas ADH (Antidiurética), T3 (Triyodotironina) y T4 (tiroxina), en los estudiantes 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7, lo que corresponde al 87,5 % de la muestra.

Algunos hicieron referencia a las sensaciones generadas en ellos, por ejemplo, el estudiante 2: “el aire que exhala el animal es caliente”; estudiante 4: “La piel del animal se calienta”; estudiante 7: “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.

En el caso del estudiante 2 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 del NF 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 tímidos intentos de explicación desde lo teórico en el NF 2, particularmente en los estudiantes 1, 4 y 7. Sin embargo, a pesar de incluir adecuados términos teóricos de la fisiología y de otras ciencias, no siempre los usan para explicar el fenómeno.

En el NF 3 de todos los estudiantes, se alcanza a observar un intento de profundizar, redefinir y complementar los conceptos teóricos con los prácticos y al mismo tiempo, el esfuerzo por explicar lo visto en campo con la teoría que ya traían.

De igual manera, puede decirse que existe mayor calidad lingüística en las explicaciones que en las definiciones, además que en la primera incluyen elementos de la práctica. Igual sucede para el concepto de estrés fisiológico.

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; lo comienzan a relacionar con el medio ambiente externo y además establecen relaciones entre los diferentes sistemas orgánicos del animal y los fenómenos que están observando, en este caso el de termorregulación.

Del mismo modo asumen una posición crítica y analítica frente al problema enunciado y el intento por resolverlo hace que comiencen a formularse preguntas, recurrir a lo teórico, discutir entre ellos, formular hipótesis. Se reafirma lo expresado por Guanche (2005), ya que le dan una magnitud real y el problema cobra importancia dentro de la comprensión de los mecanismos fisiológicos de termorregulación.

### **B1. Subcategoría 1: pluridisciplinariedad**

Al momento de incluir la explicación del fenómeno fisiológico de la termorregulación, especialmente en el NF 3, los estudiantes recurren principalmente a la bioquímica y el metabolismo. Aportan conceptos como los de pH, ácido, base, concentración, solutos y calor metabólico. Este comportamiento no se observa en el NF 1. En el 2, solo los estudiantes 2, 3 y 5 hacen referencia al metabolismo al definir la termorregulación; igualmente interrelacionan los fenómenos fisiológicos, metabólicos y bioquímicos, con aspectos comportamentales del animal, como buscar la sombra y lactar.

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, es decir, de un concepto o problema que puede ser abordado desde múltiples perspectivas científicas y es por ello que se puede considerar pluridisciplinar.

Esto a su vez implica un grado de dificultad interesante al tratar de integrarlos en la explicación de un fenómeno. Es un obstáculo epistemológico, al cual se enfrentan al estar ante un problema científico (Foulley, 1979). El hecho de estar en contacto directo con el animal, medir y analizar sus parámetros fisiológicos y tener unos conceptos teóricos buenos, ayuda a superar en alguna medida dicho obstáculo, permitiendo finalmente utilizarlo como una herramienta de análisis y proponer una o más soluciones a una situación problemática.

Se considera que el trabajo en equipos que se dio en la clase y en la práctica de campo influyó positivamente en la homogenización del nivel de respuesta de los estudiantes; en esto se coincide con Hijzen et al (2007) y Giulliodori et al (2009), quien afirma que el trabajo colaborativo, permite la discusión y aumentar el nivel académico de todos los integrantes del grupo.

De otro lado, valdría decirse que el llegar a la práctica con los conceptos teóricos y el problema analizados y discutidos anteriormente, permite que el estudiante pueda interpretar mejor y analizar los resultados obtenidos en campo. Esto hace que la práctica no se convierta en una simple toma de datos, sino en una extensión del aula de clase en la cual se aprende significativamente aspectos de la actividad académica y profesional, fortaleciéndose las competencias intelectuales de análisis e interpretación. Ello confirma lo anotado por Delgado (2002): la insatisfacción frente a la concepción de un fenómeno y las inconsistencias que ella pueda tener, hace que se busque una nueva concepción lo suficientemente clara para ayudar a explicar mejor un fenómeno.

#### **4.4. Estrés Fisiológico-Categorías**

##### **A. Definición**

Se puede indicar que el concepto inicial de estrés fisiológico fue definido de una forma muy amplia y con un lenguaje carente de terminología científica. Aunque no son erradas estas definiciones, si se consideran poco precisas e incompletas. Además se considera importante el hecho de que el estudiante 7 (12.5% de la muestra) no dio ninguna definición.

Es posible que el concepto común de estrés, es decir el término empleado en la vida cotidiana de los estudiantes, sea un obstáculo al momento de dar una definición desde la perspectiva fisiológica. De todos modos fue tomado como punto de partida para ver cómo evolucionaba el mismo a través del presente estudio.

Así, se optó por seguir la opción propuesta por Legendre (2002) y Guespin (2005), de no eliminarlo, sino guiar al estudiante para construir a partir de aquel un concepto más elaborado y definido en términos científicos, con los nuevos saberes que iba adquiriendo en las clases teóricas, en la práctica directa con los animales e intentando resolver el problema.

Los resultados obtenidos en el segundo nivel de formulación NF 2, en todos los integrantes de la muestra, indica que se comienzan a incluir algunos conceptos teóricos, aún un poco generales y sin ninguna referencia al problema planteado en el curso. Aún no se han integrado los conceptos y, a diferencia de lo observado en el concepto de termorregulación, en la explicación y definición del fenómeno, parece persistir con más ahínco el lenguaje común sobre el científico. Esto, como se verá a continuación, cambió positivamente en el último nivel.

Finalmente, el NF 3, muestra en cada caso, una definición más completa y compleja, con conceptos teóricos más sólidos, haciendo referencia al problema indicado y trayendo de la práctica de campo datos u observaciones respecto al estrés; igualmente hay mayor nivel de análisis y comparación, así como de interpretación de resultados, y además recurren a los conceptos teóricos y los ponen a prueba en la práctica de campo, los confirman.

### **A.1. Subcategoría: estructura de las respuestas**

Los términos utilizados por los estudiantes para formular el concepto en el primer nivel pertenecen a un vocabulario común. Nada tienen de técnico ni de científico. Aún se observa la tendencia a utilizar lenguaje adquirido en su experiencia cotidiana por fuera del aula de clase. No se identifican términos de fisiología en las respuestas.

En el NF 2 se comienza a notar la inclusión de términos relacionados con lo visto en la teoría: como homeostasis, mecanismos fisiológicos, temperatura corporal, relación medio ambiente interno–externo, regulación de temperatura. En todos existe la referencia al sistema endocrino o neuroendocrino. La inclusión de nombres de hormonas entre ellas cortisol y adrenalina se da en los estudiantes 2, 4, 5, 6 y 8.

Se nota algún criterio de los alumnos para incluir términos recién adquiridos y modificar la definición previa que traían antes de comenzar el curso aunque aún en este nivel, parecen ser términos aislados, pero usados adecuadamente.

Si se observan los datos arrojados en el NF 3 se puede decir que el componente práctico, unido al teórico, influye en la calidad de la definición y en el uso más adecuado de términos fisiológicos. Finalmente, al momento de definir un fenómeno, los estudiantes logran una mayor relación de conceptos científicos y más atención a la función de algunos sistemas orgánicos como sistema respiratorio, circulatorio, nervioso y endocrino, por ejemplo, aunque es de anotar que es más una descripción de lo observado que una definición de un concepto.

### **B. Explicación**

La explicación de un fenómeno fisiológico implica la relación de conceptos y el análisis de la función que en él cumplan los diferentes sistemas orgánicos.

A nivel del NF 1 ningún estudiante aportó elementos explicativos en la definición de estrés fisiológico, ya que además de ser una definición originada a partir del sentido común, no se observa ningún intento de explicar el fenómeno.

Ya en el NF 2, se comienza a notar que todo el grupo insinúa que el sistema endocrino influye en el proceso, aunque no se atreven a explicarlo. Aún los conceptos teóricos adquiridos durante el curso no han sido integrados en la estructura cognitiva del estudiante. Ya los tienen, pero no los usan; necesitan afianzarlos para poder comenzar a utilizarlos en la descripción de fenómenos.

El panorama mejora ostensiblemente en el último nivel, pues hay una mayor integración de conceptos, en la redefinición de estrés fisiológico en comparación con el nivel de entrada, en la aplicación de la teoría directamente en la práctica y se nota el esfuerzo por explicar lo visto en campo con la teoría que ya traían.

Hay una perspectiva nueva que aparece en los estudiantes 1, 3, 4, 7 y 8 (50% de la muestra), y es el de ver el estrés como un fenómeno normal o positivo que ayuda al animal a adaptarse a una nueva condición, lo cual se considera un cambio conceptual interesante, ya que implica dejar el significado negativo que se le da en el lenguaje común.

La experiencia directa en campo, el trabajar con los animales midiendo parámetros y observando el comportamiento animal, hace que los estudiantes tomen conciencia de que el animal no es un objeto aislado; lo comienzan a relacionar con el medio ambiente externo y además establecen relaciones entre los diferentes sistemas orgánicos del animal.

A diferencia de los otros niveles, asumen una posición frente al problema enunciado y el intento por resolverlo hace que comiencen a formularse preguntas, recurrir a lo teórico, discutir entre ellos, formular hipótesis. Aquí también se reafirma lo expresado por Guanche (2005), dándole una magnitud real y el problema cobra importancia dentro de la comprensión de los mecanismos fisiológicos de termorregulación.



## **B1. Subcategoría 1: pluridisciplinariedad**

Es escasa la utilización de términos traídos de otras ciencias diferentes a la fisiología para explicar el proceso del estrés. No se traen a colación aportes de bioquímica (salvo el término de pH), ni de metabolismo, lo cual hubiera sido deseable dada la relación estrecha entre ellas y la fisiología; además son asignaturas ya cursadas por los estudiantes.

A pesar de ello lo consideran un fenómeno multifactorial, puesto que tienen en cuenta la influencia de los distintos sistemas orgánicos en la adaptación del animal ante el estrés. Lo definen como un concepto que se puede abordar desde la perspectiva endocrina, neurológica, respiratoria y circulatoria, lo cual denota un nivel de integración sistémica para explicar los cambios comportamentales del individuo y su reacción desde los distintos órganos y sistemas del cuerpo. De alguna manera se podría asociar esto con la perspectiva de la pluridisciplinariedad de Foulley (1979).

Se considera que el trabajo en equipos que se dio en la práctica de campo influyó positivamente en la homogenización del nivel de respuesta de los estudiantes; en esto se coincide con Hijzen et al (2007) y Giuliadori et al (2009), quien afirma que el trabajo colaborativo, permite la discusión y aumentar el nivel académico de todos los integrantes del grupo.

En síntesis, se tomó el concepto inicial traído por los estudiantes, tanto de termorregulación como de estrés fisiológico, como punto de partida para lograr su transformación a través del proceso aplicando el método propuesto, observándose una evolución en lo referente a la definición y la explicación, conduciendo a mejoras en los aspectos de análisis, científicidad, complejidad y comprensión de los fenómenos en cuestión.

### **4.5. Análisis por correspondencias**

Dado el hecho de tener dos variables (nivel y concepto), cada una con distintas categorías, se recurrió al Análisis Multivariado no Lineal para precisar la relación entre algunos de los resultados obtenidos en esta investigación. En este caso específico se optó por el Análisis de Correspondencias Múltiples (ACM), técnica

descriptiva exploratoria propuesta por Fischer en 1940, que permite establecer relaciones existentes entre las categorías de las variables y sus frecuencias (Correa, 2008).

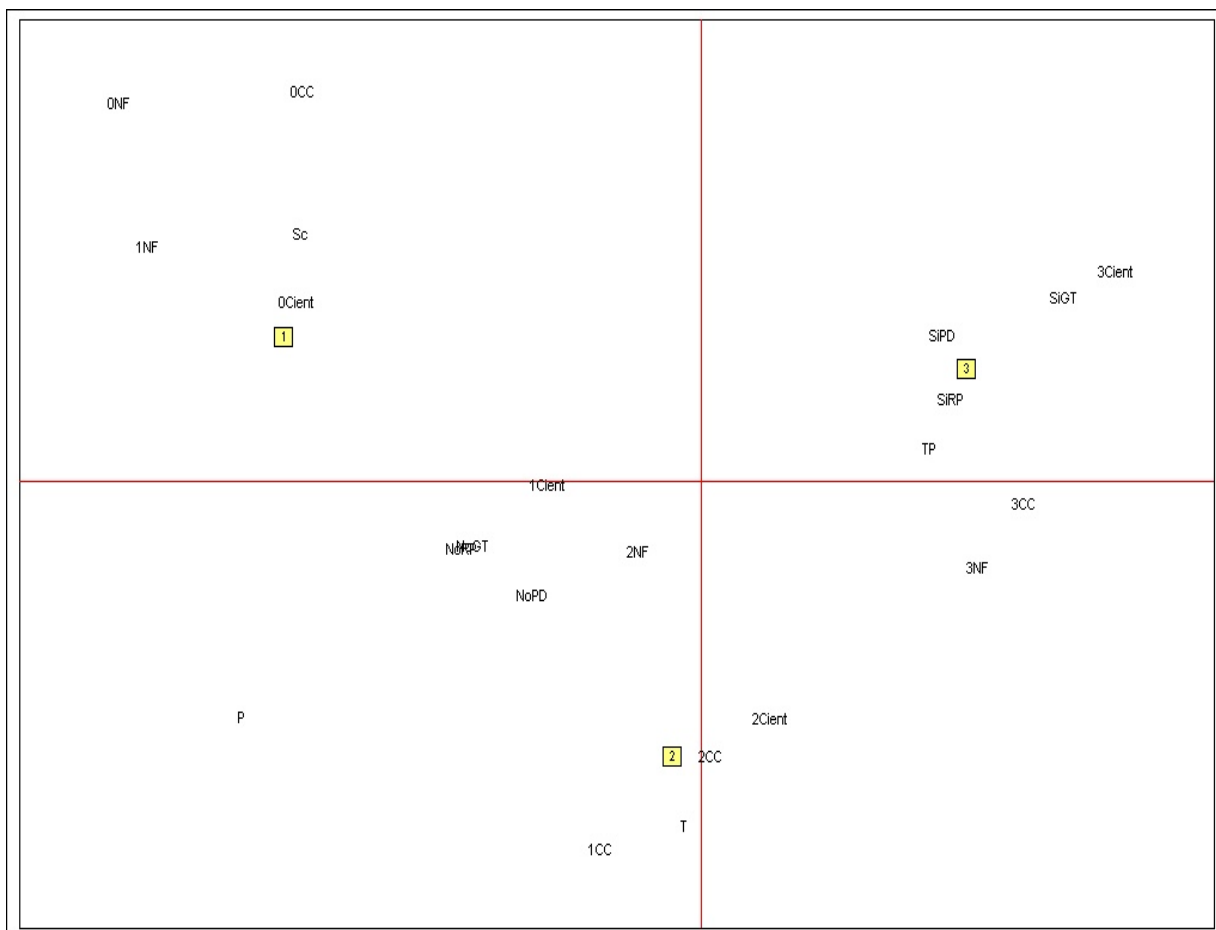
Dicho análisis se hizo directamente utilizando el programa QDA Miner, el cual ofrece esta alternativa a través de su vínculo de “análisis de datos” permitiendo escoger cuales variables y categorías se desean relacionar, para así determinar su interdependencia, basándose en el esquema de codificación de los documentos utilizados. En este caso, se trabajó con base en los textos del proyecto “encuestas” y se utilizó el porcentaje de los códigos empleados, ya descritos anteriormente en la tabla 1. Estos porcentajes determinan las frecuencias de los códigos analizados y su interdependencia. Se aplicó a las variables y categorías previamente descritas haciendo énfasis en las relaciones entre el cambio conceptual, la integración teoría-práctica, solución de problema y la pluridisciplinariedad, ya que en torno a ello giraron las preguntas y objetivos de esta investigación.

En la siguiente gráfica, se establecieron las correspondencias entre las variables nivel 1, nivel 2 y nivel 3 con las categorías nivel de formulación (NF), tipo de definición (T, P, TP), científicidad (Cient), cambio conceptual (CC), referencia al problema (RP), pluridisciplinariedad (PD) y generación de teorías (GT).

A continuación se representa la relación entre las variables y categorías anteriores, empleando un espacio euclideo de 2 o 3 dimensiones, que permiten analizar gráficamente la interdependencia de los datos, en el cuadrante superior izquierdo se encuentra el nivel 1, en el inferior izquierdo el nivel 2 y en el superior derecho el nivel 3. Cada nivel está definido por el respectivo número encerrado dentro de un cuadrado.

Se observa como alrededor de cada uno de los hay una nube de datos correspondientes a las categorías estudiadas en esta investigación, cuya posición indica el grado de cercanía entre ellas en cada nivel.

Gráfica 38. Análisis de correspondencias entre niveles y sus categorías.



Ubicado en el cuadrante superior izquierdo se halla el nivel 1, momento inicial del proceso anterior a las clases teóricas y prácticas; se confirma lo enunciado anteriormente: se cuenta con un nivel de formulación bajo NF0 y NF1, las definiciones aportadas por los estudiantes respecto a los fenómenos de termorregulación y estrés no cuentan con científicidad alguna (Cient0), lo cual se relaciona con un lenguaje basado en el sentido común (SC) y obviamente aún no se puede contar con cambio conceptual (CC0).

Para el Nivel dos, representado en el cuadrante inferior izquierdo, y que corresponde al momento en que los estudiantes cuentan con todas las clases teóricas y han comenzado a analizar desde lo teórico el problema utilizado para la aplicación del ABP, la situación comienza a mejorar. Se puede afirmar que las categorías han aumentado de rangos, encontrándose cerca los niveles de

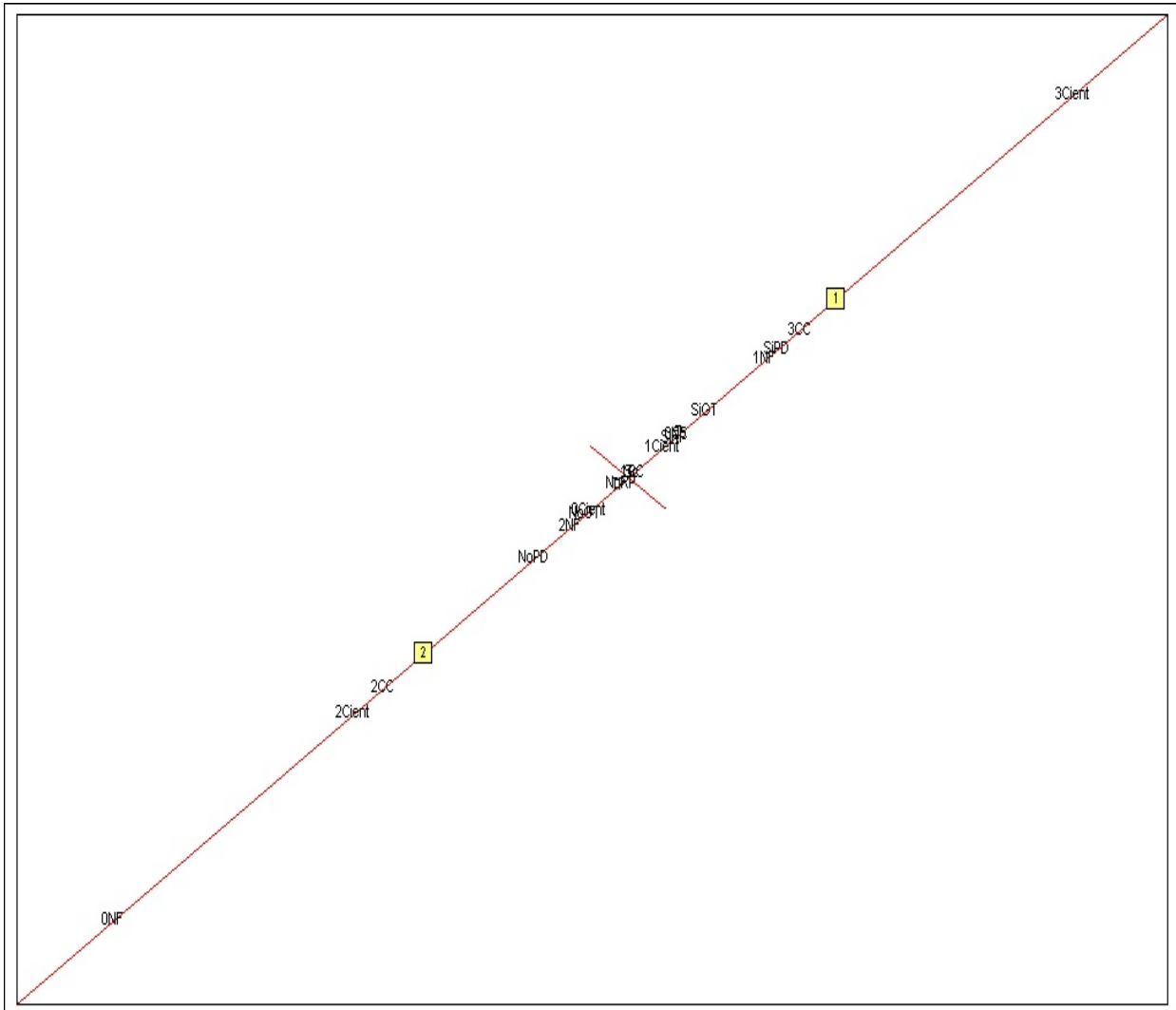
formulación 2 y 3 (NF2, NF3), científicidad 2 (2Cient), cambio conceptual 2 (CC2) y el uso de la teoría (T) para definir los conceptos. Llama la atención que el tipo de definición exclusivamente práctico (P) se observe alejado de todos los niveles, puede deberse a que los estudiantes del quinto semestre aún no han tenido mucho contacto con el campo. Sin embargo la perspectiva de la autora es que aunque se reconoce la escasa experiencia de campo de los estudiantes, la práctica como tal por sí sola no sirve para dar solución a un problema científico, ya que debe estar ligada a los conceptos propios de la ciencia en cuestión para que así se pueda dar un análisis profundo de la situación problémica y generar soluciones óptimas.

Es notorio, al igual que en el nivel 1, que aún no se recurre a la pluridisciplinariedad (NoPD), ni hay referencia al problema (NoRP) ni tampoco se generan teorías (NoGT) a partir del conocimiento que se está adquiriendo. Se considera que esto se debe a que en este momento el estudiante está apenas comenzando el proceso de integración de los conceptos.

Ya en el nivel 3, cuadrante superior derecho, correspondiente al momento en el cual los estudiantes habían recibido todas las clases teóricas, la práctica y la oportunidad de trabajar en grupo y de discutir el problema, el panorama es totalmente diferente, especialmente comparado con el nivel 1. En este nivel se obtuvo el máximo nivel de formulación, de científicidad y de cambio conceptual, o sea: 3NF, Cient3 y CC3 respectivamente. A su vez, y esto es otra de las ganancias de la aplicación del método, se hace evidente el recurrir a la integración de la teoría y la práctica para definir los conceptos de termorregulación y estrés fisiológico. La categoría TP (Integración teoría-práctica) parece ser un factor que facilita el abordar de manera científica un problema y su solución; además favorece la conceptualización de los fenómenos. Es indispensable, según lo observado, para inducir el cambio conceptual y para la evolución del conocimiento de los estudiantes.

Unir los conceptos previos con los nuevos, aplicarlos y confrontarlos en la práctica con los animales en su medio, analizarlos y discutirlos en grupo, permitió superar el sentido común, aprender a definir y explicar, analizar y resolver situaciones, es decir lograr el aprendizaje significativo.

Gráfica 39. Análisis de correlaciones múltiples (ACM) entre las variables Concepto de termorregulación, Concepto estrés fisiológico y categorías.



En la interpretación de los resultados correspondientes a los conceptos de termorregulación (correspondiente al número 1 en la mitad superior de la línea) y de estrés (señalado con la cifra 2 en la parte inferior de la curva), aparece algo importante: próximos al 1 se ubicaron los mejores resultados en todas las categorías propuestas: Nivel de formulación-3NF, cambio conceptual-3CC, científicidad- Cient3, pluridisciplinariedad-SiPD, referencia al problema-SiRP, generación de teorías-SiGT y tipo de definición teóricopractica-TP, mientras que el concepto 2, el de estrés fisiológico, aparece rodeado por niveles menores en cuanto a nivel de formulación,

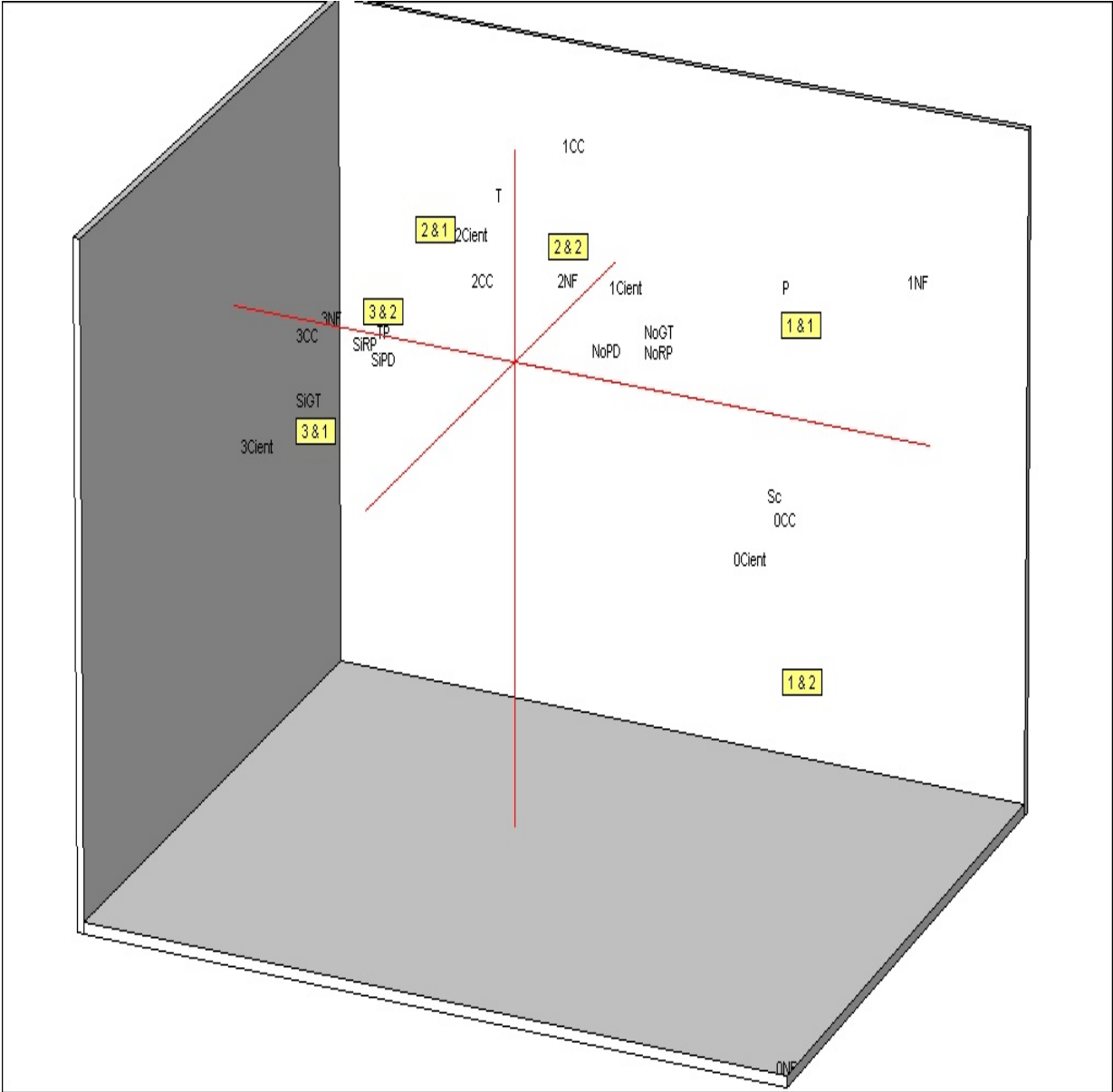
cientificidad y cambio conceptual (0 y 2NF, Cient2 y 2CC respectivamente), además de no estar asociados positivamente a la pluridisciplinariedad (NoPD), a la referencia al problema (NoPD) ni a la generación de teorías (NoGT).

El concepto de termorregulación pareciera ser más fácilmente abordable por los estudiantes. Puede ser que definir el concepto de estrés fisiológico sea un proceso más complejo que el de termorregulación, como lo expresaban los estudiantes en el trabajo de campo. De hecho los fenómenos asociados a la termorregulación se observan más directamente; por citar sólo algunos: la sudoración, el buscar la sombra y el ingerir más agua. Igualmente, son más fácilmente medibles, por lo menos con los recursos que se tuvieron en esta oportunidad. Por ejemplo, el medir la temperatura corporal, o la concentración y volumen de orina, así como la frecuencia cardíaca, se puede hacer con equipo muy simple, poco costoso y fácilmente transportable a campo, como un termómetro, un beaker o una bureta graduada y el urodensinómetro. Igualmente, algunos de esos parámetros pueden ser observables sin necesidad de equipos, como el color, el olor y la cantidad de la orina.

En el caso del estrés fisiológico, aunque también pueden ser medidos y relacionados con lo observado para la termorregulación, la mayoría de procesos son internos, más complejos y menos evidentes a simple vista. Es decir exigen más análisis; se considera que es este último factor el que pudo haber influido.

Cobró importancia dentro de esta investigación el poder analizar la relación existente entre las distintas categorías al unir las dos variables de nivel y concepto. Al cruzar la información al respecto, se obtuvo la siguiente gráfica.

Gráfica 40. Análisis de correlación múltiple ACM entre la interrelación de niveles y conceptos.



En esta gráfica se muestra la interrelación entre Los niveles 1, 2, y 3 con los conceptos 1 y 2 y su efecto sobre las diversas categorías. En primer lugar encerrados en un cuadro aparece el número del nivel y en segundo lugar el del concepto, así podrá se observar la dupleta 1&1 (Nivel 1 & Concepto de

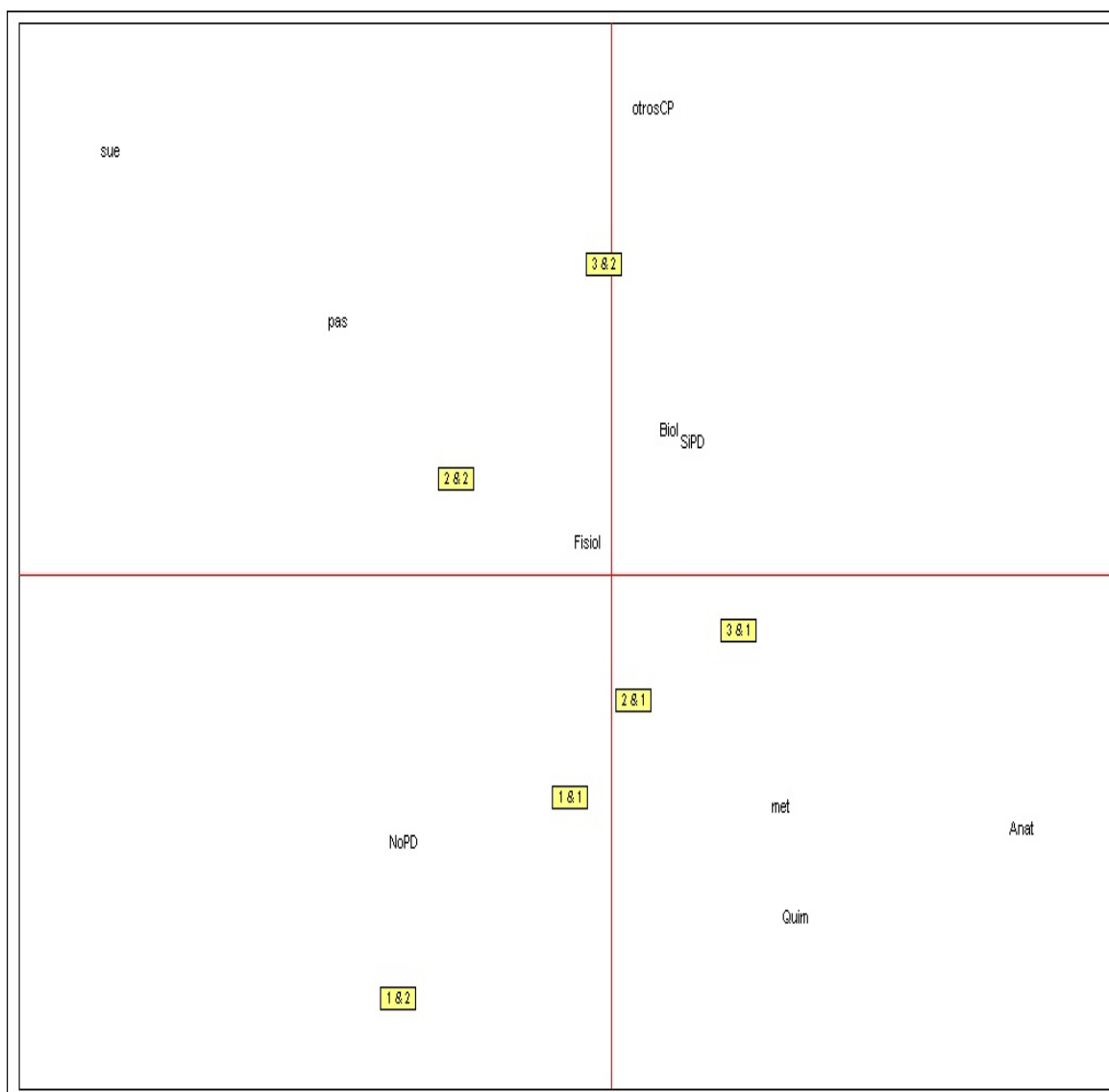
termorregulación), 1&2 (Nivel 1 & concepto de estrés), 2&1, 2&2, 3&1 y 3&2. Al respecto varios aspectos llaman la atención: en el caso del nivel tres en el lado izquierdo de la gráfica, donde se integró la teoría con la práctica, para ambos conceptos las categorías más próximas son las de 3NF, Cient3, SiPD, SiRP, SiGT y 3CC, que corresponden a las siglas ya enunciadas con anterioridad. Es decir, que en el último nivel, cuando ya los estudiantes habían realizado todo el proceso se obtuvieron los máximos valores para las categorías señaladas. Lo cual contrasta con los resultados obtenidos para el nivel 2 ubicado en los cuadrantes superiores en el cual se aprecia la presencia de los valores medios para las variables, y para el nivel 1 situado en la parte derecha de la gráfica, que como se puede observar está más cerca del sentido común (Sc), de los niveles inferiores de científicidad (0Cient y 1Cient), cambio conceptual (0CC y 1CC), así como de los niveles de formulación inferiores (0NF y 1NF), muy especialmente para el concepto de estrés fisiológico.

Con un mayor énfasis, se aprecia en la siguiente gráfica en su cuadrante superior derecho, la pluridisciplinariedad (SiPD) aparece prácticamente equidistante para ambos conceptos (1 termorregulación y 2 estrés fisiológico) en el nivel 3 y muy próximo al concepto 1 del nivel 2, igualmente se puede afirmar para los conceptos previos de Biología (Biol) y Fisiología (Fisiol). Lo contrario ocurre en el otro extremo, en el cual aparecen ambos conceptos en el nivel 1 muy cercanos a la categoría de No-Pluridisciplinariedad (NoPD).

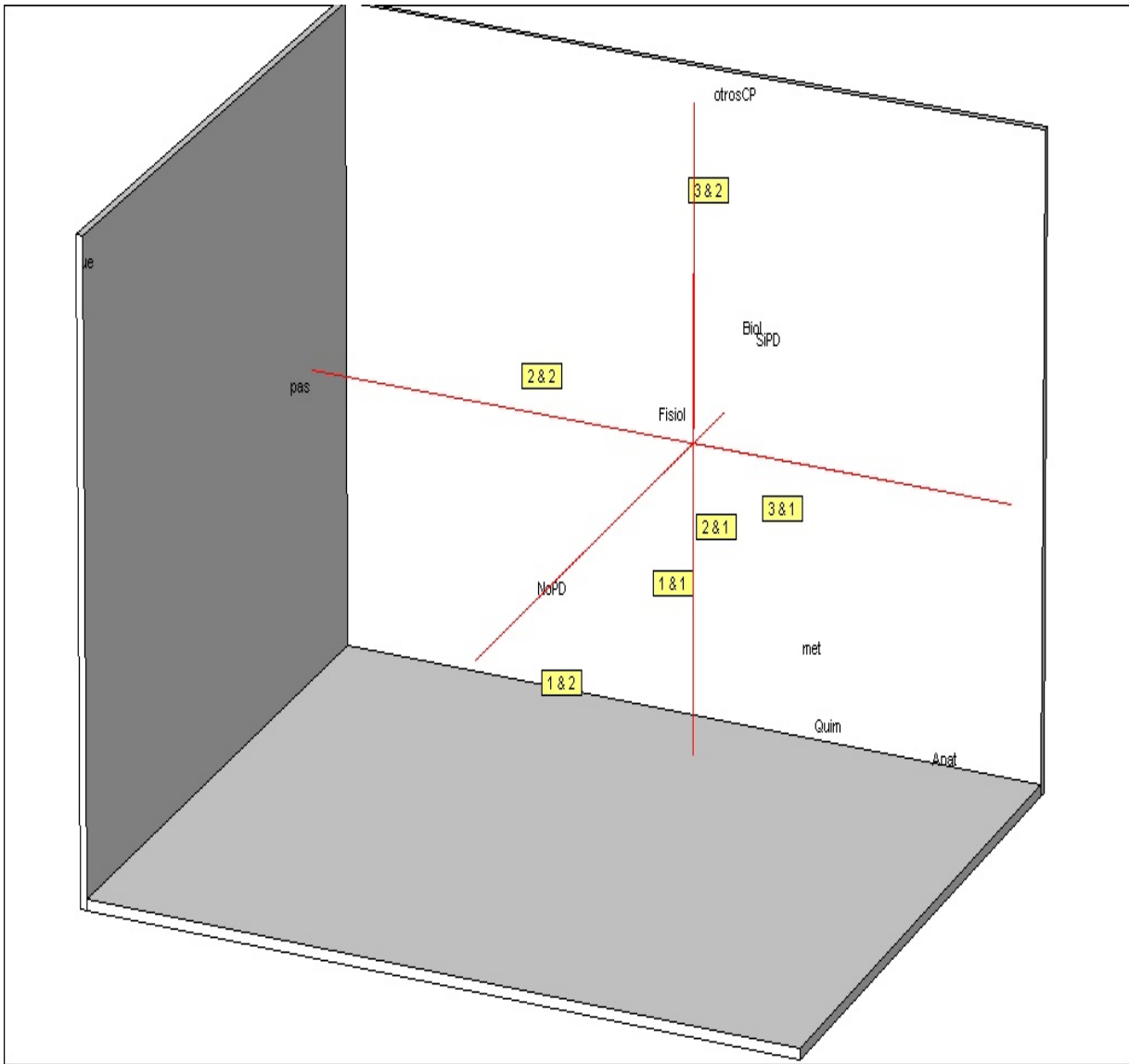
Se hace necesario resaltar la diferencia existente entre ambos conceptos en el nivel 3. A pesar de corresponder ambos con la SiPD, la fisiología y la biología, valor agregado que tiene el concepto de termorregulación, es que los estudiantes aplican además los conceptos previos adquiridos en metabolismo (metab), química (quim) y anatomía (anat), lo cual es la razón que explica por qué la definición del fenómeno de termorregulación siempre fue más completa que la de estrés fisiológico.



Gráfica 41. Análisis de correlaciones múltiples ACM entre nivel y concepto con pluridisciplinariedad y conceptos previos.



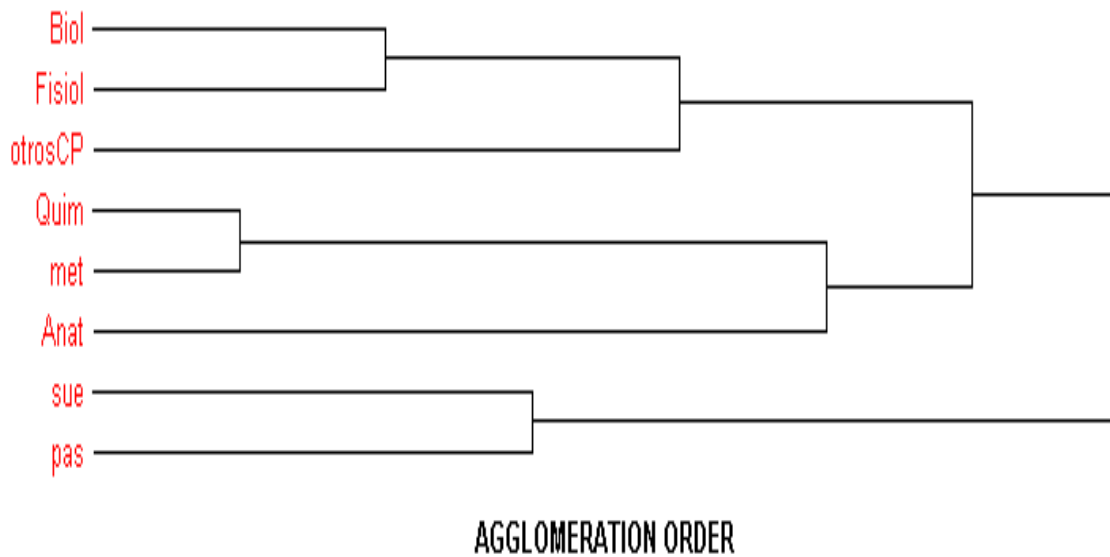
Gráfica 42. ACM de nivel y concepto con pluridisciplinariedad y conceptos previos.



Para complementar lo anterior y con el fin de resaltar la importancia de los conceptos previos y de la pluridisciplinariedad en la resolución de problemas en fisiología, el siguiente dendrograma exhibe las estrechas relaciones entre química y metabolismo, biología y fisiología. También son importantes, aunque menos

cercanas, las relaciones con la anatomía animal, suelos y pastos.

Gráfica 43. Dendrograma sobre los conceptos previos de las distintas disciplinas.



A partir de este dendrograma puede considerarse posible el enfoque pluridisciplinar en la enseñanza y aprendizaje de la Fisiología Animal, por lo menos en las condiciones que se llevó a cabo esta investigación y con los temas tratados en la misma, es decir, biología (Biol), fisiología (Fisiol), anatomía (Anat), química (Quim), metabolismo (Met), suelos (sue), pastos (pas) y otros conceptos (otrosCP), en los que se incluyó la física por ejemplo. Es apreciable la cercanía entre biología y fisiología, así como la relación con el grupo de elementos de metabolismo, química y anatomía.

En síntesis, se opina que al final del proceso el método empleado permitió superar el obstáculo epistemológico de la pluridisciplinariedad referenciado por Fouley (1978), permitiendo amalgamar los conceptos previos con los recién adquiridos, mejorando la conceptualización científica de los estudiantes y aportando más y mejores elementos para resolver el problema planteado.

## 5. Discusión

De acuerdo con la problemática y objetivos presentados al inicio, surgieron varias preguntas en torno a la enseñanza de la Fisiología Animal, cuyas respuestas fueron tomando forma a medida que se avanzaba en esta investigación, y el proceso se ha desarrollado de tal manera que se han podido aportar algunos elementos de discusión al respecto y son los que se plantean a continuación.

Por ejemplo en cuanto a la pregunta ¿Podría un problema científico servir de conector entre la teoría y la práctica en la enseñanza de las ciencias fisiológicas?, se hace necesario aclarar que por teoría se entiende la adquisición y transformación de conceptos, el conocimiento de ideas y del desarrollo histórico de la ciencia en cuestión y por práctica la aplicación de los conceptos e hipótesis. A su vez es pertinente indicar que una de las dificultades en la enseñanza de las ciencias biológicas es la que gira en torno al amalgamamiento de esas dos fases del conocimiento y es lo que ha conducido a preguntarse por la posibilidad de un conector que permita su integración.

Además vale anotar que en el caso de los programas curriculares adscritos a las ciencias agrarias, como es el caso de la Zootecnia, y a su vez de la Fisiología Animal, el componente práctico es considerado de suma importancia por la autora, siempre y cuando sea entendido como momento en el cual se pueden aplicar y retroalimentar los principios teóricos de la ciencia en cuestión y no como un simple quehacer desarticulado de la misma.

Se trata en este caso de un tipo de práctica científica, en la cual los estudiantes explican (no sólo lo observan) un fenómeno que implica aplicar conocimientos previos e integrarlos a los nuevos para así solucionar una duda, una necesidad o un problema, y finalmente aprender.

En el caso del método ABP empleado en esta oportunidad, sobre el cual se hizo ya una referencia amplia al respecto, en principio se nos muestra al problema como un medio de aprendizaje. Es el problema y su respectivo proceso de búsqueda de solución la vía para aprender y enseñar una ciencia; y si además se parte de lo observado por Astolfi (2001), quien indica que todo conocimiento surge de la solución de un problema y de Vygotski (1962) que propone que la práctica puede ayudar a la conceptualización de un fenómeno, se va entreviendo la importancia de un problema y el proceso de su solución dentro de la dinámica del aprendizaje científico; obviamente aquel debe estar debidamente planteado y estructurado para realmente servir con ese propósito. Solo de esa manera puede inducir a recurrir a otras disciplinas diferentes a la Fisiología Animal e integrarlas a esta para complementar la explicación del fenómeno y la definición científica del mismo, llegando a una solución factible del problema. Es esta perspectiva problémica la que genera preguntas sobre lo observado, favoreciendo las competencias de interpretación, comparación y análisis, comunicación y discusión.

Se considera que dicho método contribuyó a favorecer en los estudiantes la adquisición de los mayores niveles de formulación obtenidos (el 3 y el 4), científicidad (3 y 4) y el cambio conceptual, así como el uso de conceptos previos empleados de manera pluridisciplinar y no lineal. Igualmente fomentó el trabajo en equipo, la generación de teorías, la identificación de debilidades y fortalezas en los estudiantes y la capacidad de análisis de los mismos. En ese sentido dicha apreciación concuerda con la de Neville (1999), quien afirma que el método ABP es flexible y sensible a las necesidades de aprendizaje del estudiante.

Ahora bien; recuérdese que existen varios tipos de problemas, entre ellos los teóricos y los prácticos, de los cuales se aportaron ejemplos, y de los teórico-prácticos, como fue el caso del problema que se formuló con base en los elementos sugeridos por Astolfi (2001) y se presentó a los estudiantes para trabajar en el transcurso de esta investigación. Basándose en él y de acuerdo con los resultados obtenidos a través de las encuestas, entrevistas y trabajo de campo, llama la atención el haberse observado que enfrentarse a ese problema exigía a los estudiantes el retomar conceptos previos de asignaturas ya cursadas e integrar elementos de varias disciplinas para poder explicar un fenómeno (en este caso de termorregulación y estrés fisiológico en animales), lo que en el cuerpo del trabajo se ha definido bajo el nombre de pluridisciplinariedad, la cual según Fouley (1979) se considera un obstáculo epistemológico o una dificultad (ver gráfica 35), y que en esta oportunidad se observó que puede ser superado gracias a la utilización de un problema integrador de conceptos, llegando a convertirse en una fortaleza (ver gráficas 10 y 34).

Se podría ratificar lo sugerido por Yépez (1977), quien afirma que la fisiología es una ciencia que exige, y además se beneficia, del uso de otras ciencias como la bioquímica y el metabolismo, para dar explicación a sus fenómenos. Es una ciencia pluridisciplinaria e integradora de conceptos, siendo ésta una propiedad que puede haber favorecido la implementación del método aplicado en esta investigación, y que de otro lado conduce a interrogarse por los reales beneficios de la fragmentación temática en la enseñanza de las ciencias.

También se hace notorio el hecho de que en la definición de los conceptos de termorregulación y estrés elaborada por los estudiantes, se hiciera referencia al problema (ver gráficas 17 y 18) en cuestión y les sirviera como un punto de anclaje a partir del cual podían engranar sus saberes y utilizarlos en la solución del problema planteado, a través del cual pudieron fortalecer su conocimiento previo, redefinir conceptos, formular y probar hipótesis, discutir procesos y encontrar respuestas.

En este sentido es importante resaltar que se fue observando un aumento en la referencia al problema a medida que se iba cambiando de nivel; esto podría indicar que los estudiantes van tomando conciencia del mismo y en un intento por resolverlo y dar un sentido lógico a los fenómenos que observan, recurren a los conceptos teóricos y prácticos que van adquiriendo en el curso. Esto puede llevar a considerar que el ABP junto con el uso de un problema como conector entre la teoría y la práctica y el trabajo directo con los animales, pueden ser agentes motivantes para los estudiantes, en lo cual se coincide con Dohn et al (2009), en su trabajo sobre variables motivacionales de los estudiantes de pregrado en fisiología animal.

En cuanto a la solución del problema, los estudiantes que participaron en esta investigación privilegiaron la secuencia 123 (entender el problema, aclarar conceptos, discusión), lo cual se relaciona con lo hallado por Pozo y Postigo (1994).

Con respecto a lo metodológico, el uso de herramientas como las encuestas aplicadas en distintos niveles de la investigación y las entrevistas realizadas individualmente hacia el final de la prueba, así como la implementación de la ingeniería didáctica para evaluar la evolución del proceso de aprendizaje, fueron efectivos y contribuyeron al análisis e interpretación de los resultados. Desde lo percibido en las encuestas, se observó algún nivel de relación entre la utilización del problema sobre el nivel de científicidad (gráficas 5 y 6) y el cambio conceptual (gráficas 19 y 20), las cuales fueron aumentando hacia el final del ensayo. Y, de otro lado, el tipo de definición se considera diciente en el sentido de que la definición teórico-práctica fue la de mayor porcentaje (gráfica 7); además si se analiza la gráfica 24 se hace evidente que dicho tipo de definición fue la mayor para ambos conceptos y en el nivel 3 del trabajo, momento en el cual, según las gráficas 21 y 22, también se dio una mayor proporción de generación de teorías frente al problema y su respectiva solución, lo cual de alguna manera también condujo a un mayor análisis y discusión de la situación problema.

Bajo la óptica de las entrevistas, se resalta el hecho de que en lo referente a las estrategias de solución del problema, la teórico-práctica supera el 70% (gráfica 29) teniendo un efecto positivo sobre aspectos tales como la generación de preguntas y la inducción de la investigación.

Se comparte en este caso lo expresado por Guanche (2005), cuando indica que en realidad lo más importante al respecto es que el trabajo del alumno consiste en enfrentar ciertas contradicciones de su objeto de estudio, assimilarlas como *problemas* y buscar soluciones a través de tareas y preguntas que contienen elementos de problematicidad que le ayudan a apropiarse de nuevos conocimientos; y además se refuerza con lo analizado por Ausubel (2001), quien indica que la meta principal de la educación es la solución de problemas, más que el descubrimiento de ideas o la acumulación de conocimiento.

Por lo anteriormente expresado y con base en los resultados obtenidos bajo las condiciones en las que se llevó a cabo esta investigación se considera que un problema como el sugerido si puede servir como conector entre la teoría y la práctica en la enseñanza de la Fisiología Animal, especialmente en grupos pequeños como el evaluado en esta oportunidad. A su vez, de acuerdo con Woods (1996), el método ABP facilitó y contextualizó esa fusión.

Posiblemente se vería reforzada esta integración si el tiempo dedicado a este capítulo de termorregulación fuera un poco más amplio. Esto lleva a cuestionarse en parte los tiempos asignados a cada tema y de la cantidad de información contenida dentro de la asignatura de Fisiología Animal, como también el tiempo requerido para aplicar eficientemente el ABP. ¿Podría pensarse en disminuir contenidos y aumentar tiempos dedicados a los mismos y a sus respectivas prácticas, con el fin de posibilitar un mayor aprendizaje significativo de los estudiantes al tener más tiempo de interiorizar e integrar los conceptos? Es esta una pregunta pertinente, la cual puede ser la base de una investigación futura. Puede pensarse que el ABP requeriría de



una modificación en los contenidos y tiempos asignados a los mismos dentro del programa, evidenciándose así la necesidad de acompañar lo didáctico con lo curricular.

Con respecto a la otra pregunta de la investigación, ¿Cómo establecer una metodología didáctica fundamentada en el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) que integre la teoría y la práctica, favorezca la conceptualización científica respecto a los fenómenos de termorregulación y estrés y que permita la construcción de saberes en la enseñanza de la Fisiología Animal en el programa curricular de Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín?, hay varios aspectos a tener en cuenta.

Ante todo debe conocerse bien el objeto de conocimiento de la asignatura o ciencia y cómo encaja ésta dentro del programa curricular, cuáles son sus aportes y contextualizarla dentro de la formación del profesional que se está preparando, con el fin de poder orientar la formulación y estructuración de los problemas que han de presentarse a los estudiantes para ser resueltos dentro del curso.

En el caso particular de la Fisiología Animal, entendida como una ciencia integradora de conceptos (Silverthorn, 2009), dentro del programa curricular de Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, ocupa un lugar estratégico encontrándose en la mitad del pensum, lo cual la conduce a conectar los conceptos de ciencias básicas con la parte profesionalizante, y a su vez, da los elementos para comprender otro tipo de procesos de los animales, de orden metabólico, nutricional, reproductivo y de producción.

Igualmente importante es definir las funciones didácticas que pueda cumplir el problema, a saber, según Astolfi (2001): el problema como criterio de aprendizaje, cuando éste se utiliza para verificar el final de una secuencia de enseñanza para evaluar lo que los estudiantes han asimilado; el problema como móvil de aprendizaje, con el cual les motiva con ocasión de actividades de carácter funcional, y finalmente la función mediante la cual el problema se convierte en medio de aprendizaje, utilizada en el presente estudio, permitiendo la participación de los estudiantes en una resolución que lo llevará a construir sobre la marcha los instrumentos intelectuales necesarios, llevándonos a la “pedagogía de la situación problema” y al modelo de enseñanza apropiativo indicado por Astolfi (2001). Siguiendo con el mismo autor, se considera de importancia el hecho de que el problema tenga los siguientes componentes: situación inicial, situación final o meta que alcanzar y las transformaciones (materiales o simbólicas) necesarias para llegar a la meta, los cuales conducen a que el alumno comprenda la tarea asignada y que identifique el tipo de problema que enfrenta (si se le pide que ponga en práctica conocimientos ya adquiridos o que descubra otros nuevos) y el tipo de operación a aplicar (deducción, inducción, analogía).

Una vez definido esto, se entra a aplicar las etapas del ABP; pueden ser las sugeridas por Casassus (1999) y Wood et al (2003):

1. Definición del problema.
2. Análisis del problema.
3. Formulación de hipótesis explicativas.
4. Lectura y trabajo individual, consulta a especialistas.
5. Presentación y discusión de resultados.
6. Síntesis.

Dichas etapas pueden ser presentadas de diversas maneras, como por ejemplo a través de la apreciación de fenómenos y procesos reales, situaciones generadas a partir de un experimento y por la comparación de objetos o procesos (Guanche, 2005). En este caso de la fisiología animal, se empleó una situación que se presenta en la ganadería a nivel tropical, a partir de la cual se elaboró el problema presentado a los estudiantes durante el curso.

Hasta este punto lo que se refiere al método ABP como tal, que ligado a la primera respuesta respecto al uso de un problema como conector entre la teoría y la práctica sirve para responder parte de esta pregunta y nos lleva a dos asuntos primordiales dentro de este proceso: el Cambio Conceptual y la construcción de nuevos saberes.

Respecto al primero, definido por Delgado (2002) como un proceso de evolución gradual entre las concepciones iniciales del estudiante y las modificadas, para acercarse al concepto científico, y retomando lo observado en los resultados de esta investigación, puede decirse que el método aplicado y el tipo de problema propuesto para la temática de termorregulación y estrés si condujo a un cambio conceptual, es decir mejoró la conceptualización científica de los estudiantes en lo que se refiere a las definiciones aportadas por ellos sobre los fenómenos de Termorregulación y Estrés Fisiológico en los animales.

En cuanto al segundo asunto, el de la construcción de saberes, la situación cambia un poco. Dentro de lo observado en la práctica y en la teoría con los estudiantes de la asignatura Fisiología Animal, se puede inferir que tomaron elementos provenientes de la teoría y de la práctica, tanto de fisiología como de asignaturas cursadas con anterioridad; en buena medida superaron los obstáculos epistemológicos de la pluridisciplinariedad y de la no-linearidad que se presentan en las ciencias biológicas. En principio la pluridisciplinariedad no era considerada ni obstáculo ni necesidad por parte de los estudiantes, sin embargo a medida que

avanza el análisis, los estudiantes van siendo conscientes de la presencia de ese aspecto y de la dificultad que conlleva al principio, especialmente al integrar conceptos de distintas disciplinas para explicar un fenómeno fisiológico. Se cree que en cierta medida la pluridisciplinariedad pasó de ser un obstáculo epistemológico a convertirse en una herramienta de análisis para los estudiantes. Para nuestro caso las principales disciplinas fueron: fisiología, química, metabolismo y biología; otras también intervienen pero de una manera un poco menos directa como los son pastos, suelos y anatomía.

Respecto al otro obstáculo, el de la no-linearidad, pareciera ser que la idea inicial de los estudiantes es la de considerar que la solución de un problema no es lineal, aspecto que cambió a medida que transcurría el trabajo. De otro lado dio más dificultad que la pluridisciplinariendad.

Los estudiantes se adaptaron al cambio metodológico, lo que se sustenta dado el haber logrado cambios positivos en los niveles de interpretación, conceptualización y análisis, así como de discusión. Ello se ratifica al ver como respondieron preguntas, propusieron hipótesis, mejoraron sus niveles de formulación y de científicidad, así como aplicaron adecuadamente conceptos previos integrándolos a los recién adquiridos, llegando a la solución del problema y a un nivel de metacognición.

En ese orden de ideas, se puede decir que los estudiantes logran tomar conciencia de haber comprendido un fenómeno y poderlo explicar, como consecuencia de fusionar elementos de distintas disciplinas y ciencias y dar solución a un problema complejo; hay una reorganización de conceptos previos más la incorporación de los recientemente adquiridos para armar una estructura lógica que explique y defina unos fenómenos como los que se enfrentaron en el estudio y que conduzca a su comprensión y reconstrucción por parte del estudiante.

Se coincide en este caso con Gutiérrez et al (2009) en que más que la acumulación de información, se ha llegado de manera dinámica y colaborativa a un conocimiento nuevo en el estudiante. Es decir, se trata de un nuevo aprendizaje integrado a la estructura. Es, desde esa perspectiva, el hallazgo de un nuevo saber para cada individuo y la construcción de un conocimiento a partir de varios elementos como lo son la práctica, la teoría, la resolución de problemas y la conceptualización.

Vale dentro de esta discusión el comentar que se encuentran algunas limitantes en el aspecto metodológico. Por ejemplo, en esta oportunidad se trabajó con una muestra de 8 estudiantes, para la cual el ABP fue aplicado y ofreció unos resultados favorables, como los indicados en la literatura consultada al respecto, la cual sugiere emplearlo en grupos de máximo 12 estudiantes; sin embargo, habría que buscar la posibilidad de utilizar y estudiar dicho método en muestras mayores y evaluar su efectividad, ya que en la Universidad Nacional de Colombia existe la tendencia a incrementar el tamaño de los grupos de estudiantes, en un intento por aumentar la cobertura de la educación superior. De igual manera cabe recomendarse para futuras investigaciones, el realizar comparaciones del efecto del método ABP sobre el aprendizaje teniendo en cuenta diferentes tiempos de su aplicación, lo cual se considera pudo haber sido una limitante de este trabajo, ya que posiblemente el proporcionar más tiempo a los estudiantes para el estudio del tema y la interiorización de los conceptos, podría dar mejores resultados. Además de considerarse necesario evaluar y analizar la efectividad del método propuesto en esta investigación en otros temas y disciplinas, y con el fin de comparar resultados y contextualizarlo de acuerdo a la ciencia y al programa curricular en el cual se aplique.

También puede considerarse una limitante metodológica, el hecho de que la autora actuó simultáneamente como profesora e investigadora, debido a que por ser un proceso que apenas se inicia y que no cuenta con recursos asignados por la institución, era complejo contar con más personal.

En lo que respecta a esta sección, se considera que se ha tenido la oportunidad de dar respuesta a las preguntas iniciadas en un principio a través de la aplicación del método descrito, por medio del cual se logró establecer algunas relaciones entre los aspectos teórico y práctico de la fisiología, como a su vez abordar dos fenómenos, la termorregulación y el estrés fisiológico desde una perspectiva de la no-linearidad y de la pluri e interdisciplinariedad lo cual pudo contribuir positivamente a que los estudiantes asimilaran el problema enunciado y construyeran soluciones posibles al mismo.

## 7. CONCLUSIONES

El enfoque problémico aplicado en esta oportunidad y bajo las condiciones dadas de trabajo, permitió lograr los objetivos de integrar la teoría y la práctica en la enseñanza de la Fisiología Animal, favorecer la conceptualización científica de los estudiantes respecto a los fenómenos fisiológicos de la termorregulación y el estrés fisiológico, y superar los obstáculos epistemológicos de la pluridisciplinariedad y la no-linearidad.

Obstáculos epistemológicos como la pluridisciplinariedad y la no-linearidad permiten analizar el problema desde diversas perspectivas enriqueciendo la discusión, el análisis, la respuesta y la solución, hecho que les permite pasar de ser obstáculos a convertirse en herramientas que ofrecen más elementos de análisis para el estudiante.

El problema didáctico sirvió de conector entre la teoría y la práctica en la enseñanza de la Fisiología Animal, ya que confronta al estudiante con su conocimiento, induce la utilización de conceptos previos y los recién adquiridos.

La unión de la teoría y práctica favorece el cambio conceptual, la comprensión y solución del problema, así como la reorganización y aplicación de saberes científicos nuevos como ya adquiridos.

El concepto de termorregulación animal parece más fácil de definir y de explicar que el de estrés fisiológico, lo que puede deberse a que aquel se puede medir más fácilmente, y el comportamiento de los animales asociado a él se puede observar inmediata y evidentemente.

Respecto al cambio conceptual, se puede indicar que se fortaleció al trabajar sobre la científicidad, la pluridisciplinariedad transformándola en interdisciplinariedad y los niveles de formulación de las definiciones y explicaciones dadas por los estudiantes.

Como uno de los resultados de este trabajo, se concluye que la práctica en la enseñanza de la Fisiología Animal en Zootecnia, consolidada previamente desde lo teórico y sustentada desde el análisis e interpretación previos de un problema científico, permite la confrontación de la realidad, la comprensión de fenómenos fisiológicos y su conceptualización, y el proponer soluciones para el problema.

Para la aplicación del ABP en esta asignatura se puede requerir modificar los contenidos y el tiempo destinado a ellos, con el fin de facilitar el aprendizaje significativo y mejorar la calidad de las definiciones de los distintos conceptos.

Se propone que para continuar avanzando en esta temática del ABP, deben llevarse a cabo investigaciones con otros conceptos y temas, igualmente en lo que respecta a la evaluación académica.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abraham, R.R., Vinod, P., Kamath, M.G., Asha, K. y Ramnarayan, K. (2008). Learning approaches of undergraduate medical students to physiology, in a non-PBL and partially PBL-oriented curriculum. *Advances in Physiology Education*, 32, 35-37.
- Acevedo, J., y Acevedo, P. (2002). Creencias sobre la naturaleza de las ciencias, un estudio con titulados universitarios en formación inicial para ser profesores de educación secundaria. *Revista ibero-americana de educación*. Disponible en: <http://www.rieoei.org/deloslectores/244Acevedo.pdf>.
- Adúriz, A., y Eder, M. (1999). *Aproximación epistemológica a las relaciones entre la didáctica de las ciencias naturales y la didáctica natural*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Albanese, M., y Mitchell, S. (1993). « Problem-based learning : A review of literature on its outcomes and implementation issues ». *Acad. Med.*, 68, 52-81.
- Allal, L., y Mottier-Lopez, L. (2009). Au cœur du jugement professionnel en évaluation: des démarches de triangulation. *Les dossiers des sciences de l'Éducation*, 22, 25-40.
- Allen, D., Duch, B., Groh, S. (1996). The power of Problem-Based Learning in teaching introductory science courses. En L. Wilkerson & W.H., Gijsselaers (Eds.). *Bringing problem-based learning to higher education: Theory and practice*. (p. 43-52). San Francisco: Jossey-Bass.
- Araujo, U., y Amorim, V. (2008). Comunidad, conocimiento y resolución de problemas: el proyecto de la USP Este. En Araujo, U & Sastre, G. *El aprendizaje Basado en Problemas-una nueva perspectiva de la enseñanza en la universidad*. (p. 12-14). España: Gedisa editorial.
- Artigue, M. (2002). Ingénierie didactique: Quel rôle dans la recherche didactique aujourd'hui? En Terrisse, A (Ed). *Didactique des disciplines scientifiques et technologiques*. No. 8. (p. 59-72). Toulouse: Presses Universitaires du Mirail.

- Arzalaz, S. (2005). La utilización del estudio de caso en el análisis local. *Región y sociedad*, vol17, no. 32.
- Arziczon, B., y Cudmani, L. (2005). La evaluación del aprendizaje significativo en el aprendizaje basado en problemas en biofísica en medicina. Disponible en <http://www.fisica.ucr.ac.cr>.
- Astolfi, J. P. (1989). *La didactique des sciences*. Paris: Presses Universitaires de France. pp. 35-38.
- Astolfi, J. P. (2001). Conceptos clave en la didáctica de las ciencias. *Serie fundamentos #17. Colección investigación y enseñanza*. España.
- Astolfi, J.P. (2007). Enseigner les sciences comme (à) des géants. En Potvin, P., Riopel, M., Charland, P. y Fournier, F. *Regards multiples sur l'enseignement des sciences*. (p. 17-34). Montreal: Ed. Multimondes.
- Astolfi, J. P., y Develay, M. (1989). *La didactique des sciences. Que sais-je?* Paris : PUF, Coll.
- Atcon, R. (2005). La Universidad Latinoamericana. En *Universidad Nacional de Colombia. Serie documentos de trabajo. No.4*. pp 15-17.
- Aubert-Simó, A. (2008). Dialogar y transformar: *Pedagogía crítica del siglo XXI*. España: Ed. Graó.
- Ausubel, D. (2001). *The psychology of meaningful verbal learning*. New York : Grune&Stratton.
- Bachelard, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris: Librairie philosophique Vrin.
- Bagheri, R., y Venturini, P., Lefèvre, R. (2002). Le concept du champ magnétique et les phénomènes associés chez les étudiants du premier cycle à l'université. En Terrisse, A. *Didactique de disciplines scientifiques et technologiques: concepts et méthodes. Les dossiers des Sciences de l'éducation*, 8. (p. 23-32). Toulouse : Presses Universitaires du Mirail.
- Barma, S. (2007). Enseigner les sciences pour développer la pensée critique. In Potvin, P., Riopel, M., Charland, P. y Fournier, F. *Regards multiples sur l'enseignement des sciences*. (p. 35-48). Quebec: Ed. Multimondes.

- Barrette, C. (2007). Enseigner les sciences par la culture du doute. En Potvin, P., Riopel, M., Charland, P. y Fournier, F. *Regards multiples sur l'enseignement des sciences*. (p.49-58). Québec: Ed. Multimondes.
- Barrows, H.S., y Tamblyn, R.M. (1980). *PBL: un acercamiento a la educación médica*. New York : Springer Publishing Co.
- Bhattacharya, N. (1983). *Understanding Dewey - a collection of essays. Occasional papers*. Department of educational foundations. University of Alberta.
- Beguin, R. (2009). *Science et l'enseignement des sciences – Un plaidoyer*. Québec: Líber.
- Berkson, L. (1993). Problem-based learning : Have the expectations been met? En P.A.J. Bouhuijs., H.G. Schmidt. y Van Berkel, H.J.M. (dir.), *Problem-Based Learning as an Educational Strategy*. (p. 43-65). Maastricht: Network Publications.
- Bernabeu, M. 2008. Innovación curricular en la escuela universitaria d'Infermeria Vall d'Hebron de Barcelona: diseño e implementación del ABP. En Araujo, U. y Sastre, G. *El aprendizaje basado en problemas, una nueva perspectiva de la enseñanza en la universidad*. (p. 44-45). España: Gedisaeditorial.
- Bodone, F. (2005). *What difference does research make and for whom?* New York. Ed. Peter Lang.
- Bolívar, E. (2001). El contexto de la transformación curricular en la Universidad de Antioquia. En *Seminario: sistematización y evaluación de los procesos curriculares en la Universidad de Antioquia (Memorias)*. Medellín.
- Boone, W. (1995). Instructing the animal physiology graduate student in human assisted reproductive technology. *Journal of Animal Science*, 73: 2503-2506.
- Boulet, A., Savoie-Zajc, L., Chevrier, J. (1996). *Les stratégies d'apprentissage à l'université*. (p. 45-46). Québec: Presses de l'Université de Québec.
- Branda, L. (2001). Aprendizaje basado en problemas, centrado en el estudiante, orientado a la comunidad. En: *Organización Panamericana de la Salud- aportes para un cambio curricular en Argentina 2001. Jornadas de cambio Curricular de la Facultad de Medicina de la Universidad de Buenos Aires*. (p.

- 79-101). Buenos Aires.
- Brewer, J., y Hunter, A. (2006). *Foundations of multimethods research-sintetizing styles*. USA: Sage.
- Calande, G., y De Bueger-van der Borghot, C. (1990). *Plaisirs des sciences. Didactique des sciences et autonomie dans l'apprentissage*. Belgique: Éditionsuniversitaires-de Boeck.
- Cassasus, P. (1999). An initial experiment in hematology instruction using the PBL method in 3th year medical training in France. *Hematocell Ther, Aug, 41(4): 137-44*.
- Chevillard, M. (1991). *La transposición didáctica- del saber sabio al saber enseñado*. Argentina. Ed. AIQUE.
- Colliver, J. (2000). Effectiveness of Problem-based learning curricula: Research and theory. *Academic Medicine. 75, 259-266*.
- Correa, G. (2008). Contribuciones al análisis multivariante no lineal. Tesis doctoral. Universidad de Salamanca. España.
- Cortright, R. (2003). Student retention of course content is improved by collaborative-group testing. *Advanced Physiology Education 27:102-108*.
- Cox, J. (2001). Veterinary education and PBL. *The Veterinary Journal, 162:84-86*.
- Dahle, L.O., Forsberg, P., Segerstad, H., Wyon, Y., Hammar, M. (2008). La enseñanza basada en problemas de la medicina fomenta el desarrollo de unos sólidos conocimientos teóricos y una actitud profesional de base científica. En Araujo, U y Sastre, G. (Eds). *El Aprendizaje Basado en Problemas, una nueva perspectiva de la enseñanza en la universidad*. (p. 45-48). España: Gedisa editorial.
- Dahms, M., Geonnotti, K., Passalacqua, D., Schilk, J.N., Wetzels, A., y Zulkowsky, M. (2008). *The educational theory of Lev Vigotsky. USA: New foundations*.
- De Faria Campos, E. (2006). Ingeniería Didáctica. *Cuadernos de investigación y formación en educación matemática*. Año 1, no. 2. Costa Rica. pp. 9-11.
- Deelman, A; y Hoeberigs, B. (2008). El ABP en el contexto de la Universidad de Maastricht. En Araujo, U. y Sastre, G. (Eds). *El Aprendizaje Basado en*

- Problemas, una nueva perspectiva de la enseñanza en la universidad.* (p.32-33). España: Gedisa editorial.
- Delgado, C. (2002). Le changement des conceptions dans la formation des enseignants: modélisation d'un processus En Toussaint, R. (Ed.). *Changement conceptuel et l'apprentissage des sciences. Recherches et pratiques.* (p. 227-244). Québec: Les éditions logiques.
- Desrosiers-Sabbath, R. (1984) *Comment enseigner les concepts. Vers un modèle d'enseignement.* Montréal: Presses de l'Université du Québec.
- Develay, M. (2001). *Propos sur les sciences de l'éducation.* Réflexions épistémologiques. France: ESF éditeur.
- Dewey, J. (1997). *Experience and education.* New York: Kapa Delta Pi.
- Di Bernardo, J., y Puyol, R. (2004). Aprendizaje basado en problemas en la carrera de bioquímica: un enfoque constructivista que facilita el proceso de aprendizaje. Universidad Nacional del Nordeste. *Comunicaciones científicas y tecnológicas.* Argentina. Resumen E-52.
- Díaz-Barriga, F., y Hernández, G. (1999). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo – una interpretación constructivista.* México: Ed. McGraw-Hill.
- Dietrich, E., y Markman, A. (2000). *Cognitive dynamics.* New Jersey: Lawrence Erlbaum associates publishers.
- Dochy, F. (2003). Effects of Problem-Based Learning: a meta-analysis. *Elsevier Science.* University of Leuven. Maastricht. Vol.13, 533-568.
- Dohn, N., Madsen, P., Malte, H. (2009). The situational interest of undergraduate students in zoophysiology. Próximo a publicar en *Adv Physiol Educ.*
- Drinan, J. (1991). The limits of problem-based learning. En D. Boud & G. Feletti (dir.), *The Challenge of Problem-Based Learning,* (p. 315-321).
- Droz, R., y Rahmy, M. (1997). *Lire Piaget.* Ed. Mardaga. Ginebra.
- Enemark, S., Kjaersdam, F. 2008. El ABP en la teoría y la práctica: la experiencia de Aalborg sobre la innovación del proyecto en la enseñanza universitaria. En Araujo, U. y Sastre, G (Eds). *El Aprendizaje Basado en Problemas, una nueva perspectiva de la enseñanza en la universidad.* (p. 67-91). España: Gedisa

editorial.

- English, F., y Furman, G. (2007). *Research and educational leadership. University Council of Educational Administration*. UK: Ed. Rowman & Littlefield Education.
- Escalante, L., y Linzaga, C. (2006). Los estilos de aprendizaje. *Revista iberoamericana de educación*, 40, 6: 1-19.
- Favre, M. (1996). Aprendizajes motores y perspectiva transdisciplinar. En Jean-Claude Noverraz. *Clin d'oeil a l'interdisciplinariete*. Francia: CVPR-Centre Vaudois de Recherches Pédagogiques.
- Fernández, T. (2005). European veterinary education: a bridge to quality. *The Veterinary Journal*, 169: 210-215.
- Figuroa-Hernández., Lorenzana, M., Rojas, Y. (2001). Aprendizaje basado en problemas. *Educación médica. RevFacMed UNAM. Enero-febrero. Vol.44, No.1: 42-44.*
- Finucane, P.M; Johnson, S.M; Prideaux, D.J. (1998). *Problem based Learning: its rationalality and efficacy. Med J. Aug, 168: 445-8.*
- Flisser, A., y Pérez, R. (2006). *Aprendizaje de la parasitología basado en problemas. Cuadernos de medicina en investigación y salud. México.*
- Foulley, M. L'obstacle épistémologique en physiologie. (1979). *Cahiers d'histoire et de philosophie des sciences; No 1, 28-31.* Paris: CNRS, Centre de documentation Sciences Humaines.
- Friis, U., Plovsing, R., Hansen, K., Laursen, B. y Wallsteadt, B. (2010). Teaching acid/base physiology in the laboratory. Próximo a publicar en *Adv Physiol Educ.*
- Galiana, D. (2000). La pluridisciplinarité dans les programmes et dans les actes: une tentative dans l'enseignement agricole. *Aster 30:193-204.*
- Gallego, R. (2004). Un concepto epistemológico de modelo para la didáctica de las ciencias experimentales. Universidad Pedagógica de Colombia. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias.*[En línea], 3 (3), Disponible en:[http://saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen3/Numero3/ART4\\_VOL3\\_N3.pdf](http://saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen3/Numero3/ART4_VOL3_N3.pdf)

- García, J. (1998). *Didáctica de las ciencias- resolución de problemas y desarrollo de la creatividad*. Medellín: Ed. Universidad de Antioquia.
- García-Sacristán, J. (1995). *Fisiología Veterinaria*. España: Ed. Interamericana.
- Gijbels, D., Dochy, F., Van Den Bossche, P., & Segers, M. (2005). Effects of problem-based learning: A meta-analysis from the angle of assessment. *Review of Educational Research*, 75(1), 27-61.
- Gilly, M. (1989). Remarque et réflexions à propos de didactique et de conflit sociocognitif. En Bednarz. N. y C.Garnier. *Construction des savoirs obstacles*. (p. 162-182). Ottawa: Agence d'Arc.
- Giordan, A. (2002). Après Piaget que peut-on dire sur le changement conceptuel? En Toussaint, R (Ed). *Changement conceptuel et apprentissage des sciences*. Recherches et pratiques. Québec: Les éditions logiques.
- Giuliodori, M., Lujan, H., Di Carlo, S. (2009). Student interaction characteristics during collaborative groupe testing. *Adv. Physiol. Educ.*33:24-29.
- Goffard, M., y Goffard, S. (2000). Coopération entre élèves lorsqu'ils construisent une représentation d'un problème de physique: Analyse didactique et analyse de discours. En Venturini, P., Amade-Escot, Ch. y Terrise, A, (Eds). *Études et pratiques effectives: L'approche des didactiques*. France: La pensée sauvage éditions.
- Gomes, C., Capanema, C., Câmara, J. (2000). *Brazil: overcoming five centuries of under education in a global society*. USA: Ed. Allyn and Bacón.
- Gómez, L.J. (1995). De la fisiología médica a la fisiología biológica. *Rev. Extensión Cultural de la Universidad Nacional de Colombia*. p. 32-43.
- González, E. (1998). *Corrientes pedagógicas contemporáneas*. Medellín: Ed. Universidad de Antioquia.
- González, J. (2007). *El aprendizaje basado en problemas como forma de innovación pedagógica*. (p.173-182). Colombia: Ed. Universidad de Manizales.
- Goodman, B. (2007). Scientific principles of education research: experimental biology. *Advanced Physiology Education*, 31: 374-376.
- Groves, M. (2005). Problem based learning approach: is there a relationship?

- Advances in healthsciences Education*, 10:315-326.
- Guanche, A. (2005). La enseñanza problémica de las ciencias naturales. *Revista Ibero-americana de Educación*. Disponible en : <http://www.rieoei.org/deloslectore/973Guanche.pdf>.
- Guespin, J. (2005). Réseaux de régulation, boucles de rétroaction et dialectique En Lucien Sève (Ed). *Emergence, complexité et dialectique*. (p. 221-224). Paris: Ed. Odile Jacob.
- Guespin, J., y Ripolle, C. (2005). Systèmes dynamiques non linéaires, une approche de la complexité et de l'émergence En Lucien Sève (Ed). *Emergence, complexité et dialectique*. (p. 187-195). Paris: Ed Odile Jacob.
- Guilbert, J. (2004). Une vision OMS des facultés de médecine à travers le monde. *Pédagogie médicale*, 5, 167-170.
- Gutiérrez, M., Arias, J., Piedra, L.A. (2009). Estrategias participativas para la enseñanza de las ciencias naturales en la Universidad de Costa Rica. *Revista.inie.ucr.ac.cr*. Vol. 9, No.2. p1-22.
- Gwee, M.C. (2008). Globalization of Problem-based learning, cross-cultural implications. *Kaohsiung Journal of Medical Science*, 24 (3 suppl), 14-22.
- Hansen, P. (2001). Workshop on teaching Physiology. *Advanced Physiology Education*, 25, 62-63.
- Hartry, A; Fitzgerald, R; Porter, K. (2008). Implementing a structured reading program in afterschool setting: problems and potential solution. Boston: *Harvard Educational Review*. Harvard Graduate School of Education. Abstract.
- Hernández, A., y Morffi, A. (2001).Aplicaciones de la enseñanza problémicas en el área de educación física y deporte. *Educere*, año 5. No. 14. Cuba. pp. 166-170.
- Herreid, C.F (2003). The death of problem based learning? *Journal of College Science Teaching*, XXXII, 6, 364-366.
- Hijzen, 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.
- Hmelo-Silver, C., y Barrows, H. (2006). Goals and strategies of PBL facilitator. *The Interdisciplinary Journal of Problem-based learning*, 1: 21-39.
- Hung, W., Bailey, J.H., Jonassen, D.H. (2003). Exploring the tensions of problem-based learning, in problem-based learning in the information age. *New Directions for Teaching and Learning*, 13-23.
- Jara, R., Quintanilla, M., Joglar, C. (2008). Resolución de problemas científicos en el estudio de algunos conceptos de termoquímica. Aportes para la formación inicial del profesorado. *XXIII Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Universidad Católica de Chile.
- Johnson, B., y Christensen, L. (2000). *Educational research-quantitative and qualitative approaches*. USA: Allyn& Bacon.
- Joshua, S., y Dupin, J.J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. (p.61-74). France: Presses Univ. De France.
- Kapa, E. (2007). Transfer from structures to open ended problem solving in a computerized metacognitive environment. *Learning and Instruction*, 17: 688-707.
- Lapoint, Y. (2002). Changement conceptuel: exemple d'utilisation d'une stratégie de modélisation pour l'apprentissage du concept d'interaction. En Toussaint, R. (Ed.). *Changement conceptuel et apprentissage des sciences*. (p.117-131). Québec : Les éditions logiques.
- Larue, C. (2005). *Les stratégies d'apprentissage des étudiants dans un cours de soins infirmiers utilisant l'apprentissage par problèmes*. Canadá: Université de Montréal.
- Lavob, J.B., Reid., y Yamamoto, K. (2010). Integrated biology and undergraduate science education. A new biology education for the twenty-first century? *CBE life science Educ*, 9:10-16.
- Leblanc, F. (1979). *La notion d'apprentissage significative*. Canada : Mémoire de maîtrise. Université de Montréal.
- Leclercq, D., y van der Leuten, C.P. (1998). *Pour une pédagogie universitaire de*

- qualité*. Liège: Éditions Mardaga.
- 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 Toussaint, R. (Ed.). *Changement conceptuel et l'apprentissage des sciences. Recherches et pratiques*. (p. 177-203). Québec: Les éditions logiques.
- Legendre, R. (2005). *Dictionnaire actuel de l'éducation*. 3 ed. Montréal: Ed. Guérin.
- Lesourd, F. (2009). *L'homme en transition*. Paris: Ed. Economica.
- Levesque, R. (1997). *Les effets d'un cours universitaire non magistral*. Thèse doctoral. Université de Montréal.
- Liu, X., y Ebenezer, J. (2002). Catégories descriptives et caractéristiques structurales des conceptions d'élèves: une exploration des relations. In Toussaint, R. (Ed.), *Changement conceptuel et apprentissage des sciences. Recherches et pratiques*. (p.69-96). Québec : Les éditions logiques.
- López, E., y Álvarez, A. (1999). La aplicación de los principios generales del constructivismo a la didáctica de la fisiología animal. *Rev. ped. universitaria*. vol 4. No. 3: 50-59.
- Masui, Ch., y De Corte, E. (1999). Enhancing learning and problem solving skills: orienting and self-judging, two powerful and trainable learning tools. *Learning and instruction*. Vol 9, 517-542.
- Mauffette, Y. (2007). Enseigner les sciences en tant que tuteur dans une pédagogie active. En Potvin, P., Riopel, M., Charland, P. y Fournier, F.: *Regards multiples sur l'enseignement des sciences*. (p.322-328). Québec: Ed. Multimondes.
- Mcneal, A., y Mierson, S. (1999). Teaching critical thinking skills in physiology. *Experimental biology congress memories*, 572-592.
- Mergendoller, J., Maxwell, N., Bellísimo, Y. (2005). The effectiveness of problem-based instruction: a comparative study of instructional methods and student characteristics. *The Interdisciplinary Journal of PBL*. Vol. 1, no. 2,49-69.
- Michael, J. (2006). Where's the evidence that active learning works? *Advanced*

- physiology education*, 30,156-157.
- Miles, M.; y Huberman, A.M. (1994). *Qualitative data analysis*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications. p. 270-280.
- Mockus, A. (2000). Formación básica y actitud científica. *Compilaciones pedagógicas*. Medellín: Instituto Tecnológico Metropolitano.
- Molina, J. (2003). Aprendizaje basado en problemas: una alternativa al método tradicional. *Revista de la red estatal de docencia universitaria*. 3(2), 79-85.
- 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.
- Morales, P., y Landa, V. (2005). ABP-PBL. *Theoria*, Vol 13,145-157.
- Moreira, M. (2005). Mapas conceptuales y aprendizaje significativo en ciencias. *Cuadernos do aplicação*. 11 (2), 143-156. Porto Alegre, Brasil.
- Naciones Unidas. (1948). Declaración Universal de Derechos Humanos. En: [http://www.ucm.es/info/dinforma/legisla/LEYES/Decla\\_Univ\\_DDHH/Derechos\\_humanos](http://www.ucm.es/info/dinforma/legisla/LEYES/Decla_Univ_DDHH/Derechos_humanos).
- Neville, A. (1999). The PBL tutor: teacher? Facilitator? Evaluator? *Medical teacher*, 21(4), 393-401.
- 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.
- Nendaz, M., Bernard, Ch., Leblanc, V., Bordage, G. (2005). Le raisonnement Clinique: données issues de la recherche et implications pour l'enseignement. *Pédagogie médicale*, 6, 235-254.
- Noverraz, J. (1996). Clin d'œil à l'interdisciplinarité. *CVRP- Centre Vaudois de Recherche Pédagogique*. France.
- Ntyonga-Pono, M. P. (2006). *Problem-Based Learning at the Faculty of Medicine of the Université de Montréal: A Situated Cognition Perspective*. Thèse doctorale. Universidad de Montréal. Canada.

- OEI. (2006). Educación científica y sociedad. *Rev. Eureka Enseñ.Divul.Cien.*,3(2),300/303.Disponible en:www.oei.es/decada/accion004.htm.
- Ortiz, J. (2005). Evaluación de la docencia universitaria. *Rev. mexicana de investigación educativa*. 10 (27), 1109-1121.
- Piaget, J. (1972). *Où va l'éducation*. Folio essays. Francia: UNESCO.
- Piaget, J. (1983). *Le structuralisme*. France: Presses Universitaires.
- Piñeros, G., y Téllez. G. (2001). Reflexiones sobre docencia universitaria. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Pool, G. (2004). Teaching and learning in higher education. *La société pour l'avancement de la pédagogie dans l'enseignement supérieur*. No. 36. Canada.
- Pozo, J.I., y Postigo, Y. 1994. La solución de problemas. Ed. Santillana. Madrid. p.10.
- Ranganchari, P. (2007). Back to the future? Active learning of medical physiology in the 1900s. *Advanced Physiology Education* 31, 283-287.
- Reinartz, M. (2003). Congreso XXI Internacional XXI de Ciencias Fisiológicas. *Memorias*. Ribeirao Preto. Brasil.
- Reinartz, M. (2004). Congreso I Nacional de Fisiología. *Memorias*. Bogotá.
- Reinartz, M. (2006). Congreso XXII Internacional de Ciencias Fisiológicas. *Memorias*. Buenos Aires. Argentina.
- Reinartz, M. (2007). *La creatividad: elemento integrador de la teoría y la práctica en la enseñanza de la fisiología animal*. Medellín: Ed. Universidad Nacional de Colombia.
- Reinartz, M. (2009). Congreso XIII Internacional de Ciencias Fisiológicas. *Memorias*. Pucón. Chile.
- Reinartz, M., González, V. *Seminario Estudiantil de Fisiología*. En proceso de publicación.
- Remedios, L., Clarke, D., Hawthorne, L. (2007). Framing collaborative behaviors: listening and speaking in PBL. *The Interdisciplinary Journal of Problem-based learning*. 2, (1), 2-20.
- Revilla, D. (1998). Estilos de aprendizaje. En *Temas de educación*. Segundo

- seminario Virtual del Departamento de Educación de La Pontificia Universidad Católica del Perú. Disponible en <http://www.pucp.edu.pe/~temas/estilos.html>.
- Riopel, M. (2005). *Conception et mises à l'essai d'un environnement d'apprentissage intégrant l'expérimentation assisté par ordinateur et la simulation assistée*. Tesis doctoral. Universidad de Montréal.
- Robitaille, J. M. (1997). *Étude exploratoire des conceptions de la circulation sanguine auprès d'élèves de l'ordre collégial*. Thèse doctoral. Université de Montréal.
- Salamanca, A., y Martín-Crespo, C. (2007). *El muestreo en la investigación cualitativa*. Nure Investigación. No. 27, marzo-abril 2007. (Sin paginación).
- Sanz, M. (2003). Enhancement of self-regulation, assertiveness and empathy. *Learning and instruction, 13*, 423-439.
- Savery, J. (2006). Overview of problem-based learning: definitions and distinctions. *The Interdisciplinary Journal of Problem-based learning, 1*, (1), 9-20.
- Sefton, A. (2001). International workshop: modern approaches to teaching and learning physiology. *Physiology Education, 25*, 64-71.
- Sierra, C.E. (2010). La vanidad de las palabras. Conferencia ofrecida en la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.
- Silverthorn, D.U. (2009). *Fisiología Humana – Un enfoque integrado*. Editorial Panamericana. Buenos Aires.
- Sobral, D. (1995). The problem-based learning approach as an enhancement factor of personal meaningfulness of learning. *Higher Education, 23*, 93-101.
- Nageswari, S., 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.
- Sweeney, G. (1999). The challenge for basic science education in problem-based medical curricula. *Clinical and Investigative Medicine, 22*, 15-22.
- Tansey, E. (2008). Teaching the physiology of adaptation to hypoxic stress with the aid of a classic paper on high altitude by Houston and Riley. *Adv Physiol Educ, 32*, 11-17.
- Tarabay, F., y Salazar, A. (2004). La argumentación en la clase magistral. *Revista de*

- Teoría y Didáctica de las Ciencias Sociales, Enero-Diciembre: 35-47.* Mérida, Venezuela: Universidad de Los Andes.
- Tarik, M. (2002). *Préférences d'enseignements marrocaïns des sciences naturelles pour des objectifs et des formes d'activités de formation professionnelle continue.* Québec, Canada: Université de Montréal. Faculté des Sciences de l'éducation.
- Téllez, M., Cuenca, M., Gómez, A. (2007). Piaget y L.S Vygotski en el análisis de la relación entre educación y desarrollo. *Revista iberoamericana de educación, 42, 7-25.*
- Terrise, A. (2002). Didactique des disciplines scientifiques et technologiques: Concepts et méthodes. *Les dossiers de sciences de l'éducation. N0.8.* (p. 5-10).Toulouse, France: PUM.
- Thouin, M. (2004). *Enseigner les sciences et la technologie au préscolaire et au primaire.* Québec: Ed. Multimondes.
- Toussaint, R. (2002). Changement conceptuel et l'apprentissage des sciences. *Recherches et pratiques.* Québec: Les éditions logiques. p.31-46.
- Uden, J. (2007). El Modelo ABP en la Universidad McMaster (Canadá). En Araujo, U. y Sastre, G. *El aprendizaje basado en problemas, una nueva perspectiva de la enseñanza en la universidad.* (p. 44-45). España: Gedisaeditorial.
- Universidad Nacional de Colombia. (2004). *Problemas curriculares y pedagógicos del pregrado en La Universidad Nacional de Colombia.* Cuaderno 4. Bogotá: Ed. Universidad Nacional de Colombia.
- Universidad Nacional de Colombia. (2005). *Reforma Académica de la Universidad Nacional de Colombia.* Serie documentos de trabajo No.6. Bogotá: Ed. Universidad Nacional de Colombia.
- Valencia, O. (2002). *ABP en estudiantes en medicina.* Universidad Santiago de Chile. *Contribuciones científicas y tecnológicas. Área ciencias médicas, No.131.* Disponible en : [www.primerencuentrovirtual.fcm.unc.edu.ar/.../ analisis\\_procedimentales\\_ab\\_histologia.pps](http://www.primerencuentrovirtual.fcm.unc.edu.ar/.../ analisis_procedimentales_ab_histologia.pps).

- Valbuena, E. (2007). *El conocimiento didáctico del conocimiento biológico: estudio de las concepciones disciplinares y didácticas de futuros docentes de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Educación.
- Van der Maren, J.M. (1996). *Méthodes de recherche pour l'éducation*. Bruxelles (Belgique): Boeck-Université.
- Varela-Ruiz, M. (2009). Aprendizaje independiente y aprendizaje colaborativo. *Educación médica Revista Médica del Hospital general de México*. Oct-Dic. 72, (4), 222 – 227.
- Vernon, D.T., y 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*. Tesis doctoral. Universidad de Montreal.
- Vieira, A., y Ramos, G. (1999). La formación de conceptos desde las perspectivas cognitivista e histórico-cultural. *Educación Universitaria*, 2, 147-158. Brasil.
- Villar, R., y Arellano, P. (2001). *Un Nuevo enfoque de la enseñanza de la Fisiología para una carrera de Ingeniería Biomédica*. En: Memorias II Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica. Cuba.
- Vygotski, L. S. (1962). *Thought and language*. Boston: MIT Press.
- Walsh, A. (2005). *The tutor in problem-based learning: a novice's guide*. Ed. McMaster. Canada.
- Ward, J.D., y Lee, C.L. (2002). « A review of problem-based learning ». *Journal of Family and Consumer Sciences Education*, 20(1), 16-26.
- West, J. (2002). Thoughts on teaching physiology to medical students in 2002. *The Physiologist*, 45, (5), 389-392.
- White, H. (1995). Creating problems for PBL. Disponible en: <http://www.udel.edu/pbl/cte/jan95-chem.html>.
- Wilhelm, P., y Beishuizen, J. (2003). Content effects in self-directed inductive learning. *Learning and instruction*, 13, 381-402.
- Wood, D., Cantillon, P., Hutchinson, L. (2003). *ABC of learning and teaching in*

- medicine*. Londres: BMJ books.
- Woods, D. (2006). *Preparing for PBL*. Canada: McMaster University.
- Woods, P. (1996). *Problem-based learning: helping your students gain the most from PBL*. USA: ed. Donald woods.
- Yépez, R. (1977). Lo abstracto y lo concreto, lo disciplinario e interdisciplinario en la enseñanza de las ciencias fisiológicas. *Educ Med Salud*, Vol 11, no.4. México.
- Zhijie, 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. (p. 74-77). China: University Xi'an Jiao Tong.
- Zuleta, E. (1994). *El elogio de la dificultad*. Cali (Colombia): Fundación Estanislao Zuleta.



## **ANEXOS**

### **ANEXO I. Cuestionario exploratorio**

Por favor defina de la manera más completa posible los siguientes conceptos (máximo 30 palabras para cada uno):

1. Termorregulación
2. Estrés fisiológico

## **ANEXO II. Formato de encuesta**

1. Ante un cambio del medio ambiente externo al animal, como lo es el aumento rápido de la temperatura ambiental, el animal puede presentar cambios de comportamiento en sus hábitos normales. Por favor cite y explique tres de ellos.
2. Existe un rango de temperatura ambiental en el cual el animal no manifiesta ninguna reacción externa particular. ¿Cree Usted que los parámetros fisiológicos del individuo pueden estar sufriendo algún cambio? Considere y explique el caso de la temperatura corporal y la frecuencia cardíaca y pulmonar.
3. En caso de presentarse un aumento drástico de temperatura ambiental, ¿Podría darse algún nivel de deshidratación en el animal? ¿Cómo lo puede reconocer? ¿Cómo lo puede medir?
4. Desde el punto de vista fisiológico, ¿Qué se puede entender como un cambio drástico de temperatura?
5. Además de variaciones fisiológicas ¿Pueden presentarse cambios químicos o metabólicos? ¿Cuáles? ¿Por qué? Explique su respuesta.
6. Defina el concepto “termorregulación”.
7. Defina el concepto “estrés fisiológico”.
8. ¿Puede considerarse el estrés como una forma de adaptación fisiológica del animal a un cambio medioambiental (interno o externo) en busca de su homeostasis?

### ANEXO III. Registro de parámetros fisiológicos (Práctica)

Parámetro	a.m	p.m
Hora/temperatura		
T. rectal		
Frecuencia (frec). Respiratoria		
Frec. Cardíaca		
Frec. Ruminal		
T. orina		
pH y densidad urinaria		
proteína en orina		
glucosa en orina		
Observaciones		

## ANEXO IV. Entrevista

1. Por favor indique que han hecho y como durante la práctica.
2. ¿Cuál ha sido el punto de partida para analizar el problema y cuales los pasos que han seguido?
3. ¿Cuál ha sido su estrategia para resolver el problema propuesto?
4. ¿Ha sido éste un proceso lineal o han tenido que devolverse en el análisis de conceptos y repetir un paso una o más veces, con el fin de retomar ideas, aclarar conceptos, dilucidar dudas o contradicciones?
5. ¿Cuáles fueron sus dificultades y facilidades para dar solución al problema?
6. Por favor indique qué herramientas (teóricas, practicas, experiencia, otras) ha empleado para intentar resolver su problema.
7. ¿En qué medida considera usted que sus elementos teóricos fueron útiles para enfrentar, comprender y solucionar el problema?
8. ¿Cómo identificaron el problema a resolver?
9. ¿Qué hicieron posteriormente?
10. ¿Según su punto de vista cuáles son los elementos que más le ayudaron a entender la situación?
11. ¿Cuál es su conclusión después de esta experiencia, respecto a los procesos de termorregulación y estrés fisiológico?
12. ¿Qué cambio observa Usted entre el conocimiento que tiene ahora sobre el tema en comparación del que tenía al principio?
13. ¿Le ha permitido esta metodología integrar conceptos de otras disciplinas (bioquímica, metabolismo, otras) en la explicación de fenómenos fisiológicos?  
¿Cuáles?
14. ¿Cómo supieron que era el final y que la solución aportada por su equipo era válida? ¿Cómo lo corroboran?
15. ¿Qué preguntas de orden técnico-científico le han surgido a partir de esta experiencia?
16. ¿Quisiera compartir alguna percepción o idea particular concerniente a esta experiencia en la que ha participado?

17. ¿Considera que hubo algún cambio en su conocimiento sobre el tema, al terminar el capítulo?
18. ¿Qué sugerencias tiene en lo que se refiere a la metodología empleada en este capítulo de termorregulación?

## ANEXO V. Diario de campo

Código del estudiante:

Variable	Teoría	Práctica	Entrevista
Interviene y pregunta			
Trabaja en equipo			
Propone hipótesis y vías de solución al problema			
Cuáles problemas presenta durante el trabajo y cómo los supera			
Comentarios del estudiante			
Mis impresiones			
Mis conclusiones			
Otras observaciones			