

	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						  
	CARTA DE AUTORIZACIÓN						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-06	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 2

Neiva, 21 de julio de 2016

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

___ Rubiela Cárdenas Riojas _____, con C.C. No. 1075233010 _____,
 ___ María de los Ángeles Mora Rodríguez _____, con C.C. No. 1075255463, _____
 _____, con C.C. No. _____,
 _____, con C.C. No. _____,

autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o _____

titulado: ENSEÑANZA – APRENDIZAJE DEL CONCEPTO DE CAMPO MAGNETICO MEDIANTE LA ORIENTACIÓN MAGNÉTICA DE ALGUNOS ANIMALES _____

presentado y aprobado en el año 2016 como requisito para optar al título de
 _____ LICENCIADA EN CIENCIAS NATURALES: FÍSICA, QUÍMICA Y BIOLOGÍA _____;

autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.

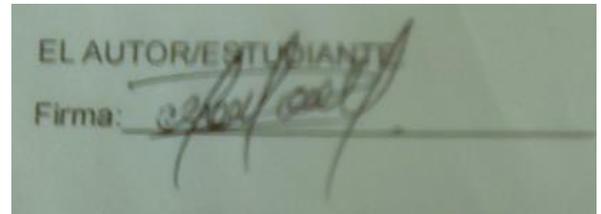
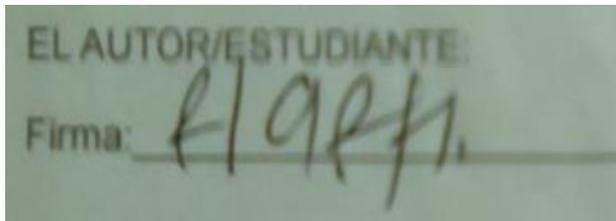
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de

	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						  
	CARTA DE AUTORIZACIÓN						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-06	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 2

los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.

- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.



EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____

	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						  
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 3

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: ENSEÑANZA- APRENDIZAJE DEL CONCEPTO DE CAMPO MAGNÉTICO MEIDANTE LA ORIENTACIÓN MAGNÉTICA DE ALGUNOS ANIMALES

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
RUBIELA CÁRDENAS RIOJAS	MARIA DE LOS ÁNGELES MORA RODRIGUEZ

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
DANIEL ACOSTA AVALOS	

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
JOSÉ MIGUEL CRISTANCHO	

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: LICENCIADA EN CIENCIAS NATURALES: FÍSICA, QUÍMICA Y BIOLOGÍA

FACULTAD: EDUCACIÓN

PROGRAMA O POSGRADO: LICENCIATURA EN CIENCIAS NATURALES: FISÍCA, QUÍMICA Y BIOLOGIA

CIUDAD: NEIVA AÑO DE PRESENTACIÓN: 2016 NÚMERO DE PÁGINAS: 225

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						  
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 3

Diagramas___ Fotografías___ Grabaciones en discos___ Ilustraciones en general___ Grabados___ Láminas___ Litografías___ Mapas___ Música impresa___ Planos___ Retratos___ Sin ilustraciones___ Tablas o Cuadros___

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento:

MATERIAL ANEXO:

PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. <u>Orientación</u>	<u>Orientation</u>	6. <u>Significativo</u>	<u>Significant</u>
2. <u>Magnética</u>	<u>Magnetic</u>	7. <u>Campo</u>	<u>Countryside</u>
3. <u>Animales</u>	<u>Animals</u>	8. <u>Brújula</u>	<u>Compass</u>
4. <u>Enseñanza</u>	<u>Teaching</u>	9. <u>Imán</u>	<u>Magnet</u>
5. <u>Aprendizaje</u>	<u>Learning</u>	10. <u>Tierra</u>	<u>Earth</u>

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

La investigación está enfocada en propiciar la enseñanza- aprendizaje del concepto del campo magnético mediante la orientación magnética de algunos animales, en los estudiantes de décimo grado de la Institución Educativa Rodrigo Lara Bonilla. El trabajo está dividido en dos partes: una parte disciplinar y otra parte pedagógica, la disciplinar constituida por tres capítulos:

Primer capítulo: Orientación Animal

Segundo capítulo: El campo Geomagnético

Tercer capítulo: Magnetorrecepción: Evidencias y Modelos

La parte pedagógica se elaboró desde un enfoque cualitativo, donde se aplicó un cuestionario de inicial, con el fin de tener un referente de los conocimientos de los estudiantes, seguido a ello se aplicó una secuencia de seis clases, empleando estrategias didácticas tales como; trabajos experimentales, situaciones problematizadoras, salida de campo, con el fin poner al estudiante en una posición mucho más cercana al

	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						   
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	3 de 3

objeto de estudio, cada actividad estaba constituida por una serie de preguntas que los estudiantes debían responder luego de elaborar el trabajo practico, para luego realizar un debate con los distintos puntos de vista con el fin de fomentar el debate científico, luego de aplicada la secuencia de clases, nuevamente se aplicó el cuestionario inicial, para determinar el avance de los estudiantes frente al conocimiento inicial, con el nuevo conocimiento, estas respuestas fueron sistematizadas por el software Atlas ti, evidenciando que los estudiantes tuvieron un aprendizaje Significativo y que gracias a estas estrategias didácticas se logró despertar el interés por la adquisición de nuevos conocimientos.

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

The research is focused on promoting the teaching and learning of the concept of magnetic field by the magnetic orientation of some animals, in the tenth grade students of School Rodrigo Lara Bonilla. The work is divided into two parts: one part and part pedagogical discipline, the discipline consists of three chapters:

First chapter: Animal Orientation

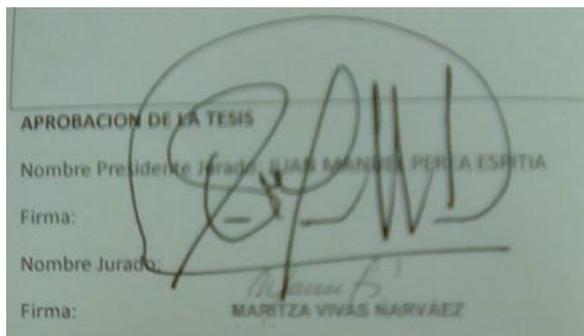
Second chapter: The geomagnetic field

Third Chapter: magnetoreception: Evidence and Models

The pedagogical part was developed from a qualitative approach, where a questionnaire initial was applied, in order to have a reference of knowledge of students, followed it a sequence of six classes was applied using teaching strategies such as; experimental work, problematizing situations, field trip, to put the student in a much closer the object of study position, each activity consisted of a series of questions that students should then respond to elaborate practical work, then will hold a debate with different points of view in order to encourage scientific debate, then applied the sequence of classes, again the initial questionnaire was applied to determine student progress from the initial knowledge with new knowledge, these responses were systematized by the Atlas ti software, showing that the students had significant learning and teaching strategies through these managed to arouse interest in the acquisition of new knowledge

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: JUAN MANUEL PEREA ESPITIA



ENSEÑANZA - APRENDIZAJE DEL CONCEPTO DE CAMPO MAGNETICO
MEDIANTE ORIENTACIÓN MAGNÉTICA EN ALGUNOS ANIMALES

ELABORADOR POR:
RUBIELA CÁRDENAS RIOJAS
MARÍA DE LOS ÁNGELES MORA RODRÍGUEZ

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE EDUCACIÓN
LICENCIATURA EN CIENCIAS NATURALES: FÍSICA, QUÍMICA Y BIOLOGÍA
NEIVA
JULIO 2016

ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL CONCEPTO DE CAMPO MAGNETICO, MEDIANTE
LA ORIENTACIÓN MAGNETICA DE AGUNOS ANIMALES

ELABORADOR POR:

RUBIELA CARDENAS RIOJAS

2010297166

MARÍA DE LOS ÁNGELES MORA

2010192534

Trabajo de grado presentado para optar al título de Licenciada en Ciencias Naturales:
Física, Química y Biología

Asesor

JOSÉ MIGUEL CRISTANCHO

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

FACULTAD DE EDUCACION

LICENCIATURA EN CIENCIAS NATURALES: FÍSICA, QUÍMICA Y BOLOGÍA

NEIVA

JULIO 2016

Nota de aceptación

Firma de Presidente del Jurado

Firma del Jurado

DEDICATORIA

A cada uno de los profesores que rompen los paradigmas de la educación tradicional, quienes se atrevieron a implementar nuevas estrategias pedagógicas con el único fin de que el estudiante se interese por la adquisición de nuevos conocimientos.

A cada uno de los docentes que hicieron parte de nuestro proceso formativo.

A nuestros padres quienes siempre han sido un ejemplo de superación y tenacidad.

A nuestros estudiantes quienes dejaron una huella imborrable y muchas enseñanzas en nuestras vidas.

TABLA DE CONTENIDO

	Pag
INTRODUCCIÓN.....	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
2. ANTECEDENTES	19
3. JUSTIFICACIÓN.....	27
4. OBJETIVOS	30
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	30
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	30
5. MARCO TEÓRICO.....	31
6. METODOLOGÍA.....	38
6.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	38
6.2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	39
6.3. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	40
6.4. ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN.....	42
6.5. POBLACIÓN DE ESTUDIO	43
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
7.1 DISEÑO Y VALIDACIÓN DEL CUESTIONARIO.....	47
7.2. CONCEPCIONES EN EL CUESTIONARIO INICIAL	49
7.3 DISEÑO Y APLICACIÓN DE LA UNIDAD DIDÁCTICA	60
7.4 CONCEPCIONES EN EL CUESTIONARIO FINAL	90
7.5 DESARROLLO DE TEMÁTICAS	102
7.6 COMPARACIÓN DE LAS CONCEPCIONES.....	126
CONCLUSIONES	146
BIBLIOGRAFÍA.....	170

TABLA DE IISTRACIONES

	Pag.
Ilustración 1. Ilustración 1 Subcategorías Orientación animal en el cuestionario inicial con base en el Atlas ti.	50
Ilustración 2 Subcategorías del IMAN - NEVERA en el cuestionario inicial con base en el Atlas ti.	50
Ilustración 3 Subcategorías de Imanes se atraen y se repelen, en el cuestionario inicial con base en el Atlas ti.	52
Ilustración 4 Subcategorías de Aguja, en el cuestionario inicial con base en el Atlas ti.	54
Ilustración 5 Subcategorías de navegación antigua, en el cuestionario inicial con base en el Atlas ti.	55
Ilustración 6. Subcategorías de Orientación animal, en el cuestionario inicial con base en el Atlas ti.	57
Ilustración 7 Subcategorías de Formación campo magnético, en el cuestionario inicial con base en el Atlas ti.	59
Ilustración 8. Concepciones acerca de las características de la formación del campo magnético y orientación magnética animal en el cuestionario final con base en el Atlas ti.	90
Ilustración 9 Concepciones acerca de porque un imán puede adherirse a una nevera en el cuestionario final con base en el Atlas ti.	91
Ilustración 10 Concepciones acerca de porqué los imanes se atraen y se repelen en el cuestionario final con base en el Atlas ti.	93
Ilustración 11 Concepciones acerca Aguja en el cuestionario final con base en el Atlas ti.	95
Ilustración 12 Concepciones acerca de Navegación antigua en el cuestionario final con base en el Atlas ti.	96
Ilustración 13 Concepciones acerca de Orientación animal en el cuestionario final con base en el Atlas ti.	98
Ilustración 14 Concepciones acerca de formación del campo magnético en el cuestionario final con base en el Atlas ti.	100
Ilustración 15 Subcategorías del CAMPO MAGNÉTICO en el cuestionario inicial con base en el Atlas ti.	102
Ilustración 16 Concepciones acerca de características de la formación del campo magnético en el cuestionario inicial con base en el Atlas ti.	103
Ilustración 17 Concepciones acerca de las leyes y principios que rigen la formación del campo magnético en el cuestionario inicial con base en el Atlas ti.	106
Ilustración 18 Concepciones acerca de la orientación magnética en el cuestionario inicial con base en el Atlas ti.	108

Ilustración 19 Nociones acerca de los diferentes tipos de orientación con base en el Atlas ti.	110
Ilustración 20. Subcategorías de líneas de campo magnético en el cuestionario posterior a la actividad con base en el Atlas ti.	112
Ilustración 21 Concepciones acerca de las características de líneas de campo magnético en el cuestionario posterior a la practica con base en el Atlas ti.....	113
Ilustración 22. Concepciones acerca de las representación de las líneas de campo magnético en el cuestionario posterior a la practica con base en el Atlas ti.....	114
Ilustración 23 Concepciones acerca de las similitudes del campo magnético de la tierra y un campo magnético terrestre con base en el Atlas ti.	117
Ilustración 24 concepciones acerca de la orientación animal con base en el Atlas ti. ...	118
Ilustración 25 Concepciones acerca de los diferentes tipos de orientación del Salmón con base en el Atlas ti.	119
Ilustración 26 Concepciones acerca de los diferentes tipos de orientación animal con base en el Atlas ti.	121
Ilustración 27 Concepciones acerca de la orientación de la hormiga con base en el Atlas ti.	124
Ilustración 28 Concepciones acerca de las estructuras que permiten la orientación magnética de la hormiga con base en el Atlas ti.	124

TABLA DE GRAFICOS

	Pag.
Grafico 1. Proceso de análisis del cuestionario. Guarnizo & Puentes (2014)	41
Grafico 2. Distribución por sexo de la población de estudio.....	43
Grafico 3. Edades de los estudiantes.....	44
Grafico 4. Asignaturas de dificultad para los estudiantes.....	44
Grafico 5. Metodología utilizada por el profesor de Ciencias Naturales durante las clases.....	45
Grafico 6. Lo que los estudiantes esperan del profesor de Ciencias Naturales.	46

TABLA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1 Presentación de la Unidad Didáctica a los estudiantes.....	61
Figura 2 Índice temático de la unidad didáctica.....	62
Figura 3 Video sobre la formación del campo magnético.....	64
Figura 4 Introducción al tema, Magnetismo de la Tierra.	65
Figura 5 El Imán.....	65
Figura 6 Representación del campo magnético.	66
Figura 7 Similitud campo magnético del imán con el campo magnético de la Tierra.	66
Figura 8 Electroimán.....	67
Figura 9 Guía de laboratorio: Elaboración del electroimán casero.....	68
Figura 10 Guía de laboratorio: Elaboración de electroimán casero.....	69
Figura 11. Historia de los imanes y surgimiento de la brújula.	71
Figura 12 La brújula.....	71
Figura 13 Guía de laboratorio. Elaboración de una Brújula casera.	72
Figura 14 Guía de laboratorio: Elaboración de una brújula casera.....	73
Figura 15 Guía de laboratorio. Elaboración de una Brújula casera.	74
Figura 16 Como ver el campo magnético de la Tierra.....	76
Figura 17 Introducción a la temática 3.....	76
Figura 18 Guía de laboratorio: Como ver el campo magnético.	77
Figura 19 Guía de laboratorio: Como ver el campo magnético.	78
Figura 20 Tipos de orientación animal.....	80
Figura 21 Mecanismo de orientación animal quimio- sensores y Ecolocación.....	81
Figura 22 Mecanismo de orientación: Brújula solar.....	81
Figura 23 Mecanismo de orientación animal por brújula magnética, Sentido de ubicación Mapa.	82
Figura 24 Mecanismos fisiológicos que permiten a los animales detectar el campo magnético.....	83
Figura 25 Situación Problematizadora: Migración de la Mariposa Monarca.....	83
Figura 26 Continuación de la situación problematizadora.....	84
Figura 27 Situación Probematizadora: Migración del Salmón.	85
Figura 28 Situación probematizadora: Migración del Salmón.....	86
Figura 29 Guía de salida de campo: ¿Cómo el campo magnético afecta la orientación de la hormiga?.....	88
Figura 30 Guía de salida de campo: ¿Cómo el campo magnético afecta la orientación de la hormiga?.....	89
Figura 31 Electroimán construido por los estudiantes.....	104
Figura 32 Estudiante haciendo uso del electroimán.....	104

Figura 33 Elaboración de montaje para visualización de líneas de campo	114
Figura 34 Visualización líneas de campo magnético del imán	115
Figura 35 Visualización del video Naturama de la serie animada Futurama.	122

TABLAS

Pag.

Tabla 1. Antecedentes de las investigaciones sobre la orientación magnética de los animales y la enseñanza del campo magnético.	26
Tabla 2. Comparación de las tendencias halladas en el cuestionario inicial y final frente a la subcategoría Campo magnético del imán.	127
Tabla 3. Comparación de las tendencias halladas en el cuestionario inicial y final frente a la subcategoría Atracción - Repulsión de polos.	130
Tabla 4. Comparación de las tendencias halladas en el cuestionario inicial y final frente a la subcategoría Aguja.....	133
Tabla 5. Comparación de las tendencias halladas en el cuestionario inicial y final frente a la subcategoría Navegación antigua.	136
Tabla 6. Comparación de las tendencias halladas en el cuestionario inicial y final frente a la subcategoría Orientación animal.	139
Tabla 7. Comparación de las tendencias halladas en el cuestionario inicial y final frente a la subcategoría Formación campo magnético de la Tierra.....	143

TABLA DE ANEXOS

	Pag
Anexo 1 Cuestionario sobre las concepciones de los estudiantes	153
Anexo 2 Caracterización de grupo	155
Anexo 3 Planificación práctica pedagógica (plan de clase).....	156

INTRODUCCIÓN

Es importante la implementación de estrategias pedagógicas que favorezcan el aprendizaje de la Física desde el desarrollo de habilidades científicas con el fin de permitir la articulación de la teoría con la vida cotidiana y de esta manera comprender que sirve para resolver situaciones y problemas del diario vivir.

El presente trabajo se realizó con el propósito de favorecer la enseñanza-aprendizaje de la orientación magnética de los animales en los estudiantes del grado décimo de la Institución Educativa Rodrigo Lara Bonilla (Neiva, Huila). Para ello, tuvimos en cuenta las concepciones previas de los estudiantes sobre magnetismo, campo magnético y orientación magnética animal, como también el diseño y aplicación de una secuencia de clases constituida por seis sesiones, teniendo en cuenta la descripción de los contenidos, las finalidades, las estrategias, las actividades y la evaluación del aprendizaje sobre el tema de investigación.

La aplicación de esta secuencia de clases permitió identificar algunas de las dificultades de aprendizaje y representar los resultados de las temáticas desarrollados, con el fin de conocer las distintas concepciones de los alumnos sobre el magnetismo y la orientación magnética animal, dejó en evidencia que los estudiantes de décimo grado de la Institución no identifican la variedad de concepciones acerca del campo magnético ni el magnetismo en general, tampoco conciben una orientación magnética de los animales.

Esta secuencia de clase facilitó el desarrollo de habilidades científicas partiendo del aprendizaje por medio de los trabajos prácticos, se logró apreciar que los estudiantes se muestran más interesados, cuando están involucrados, con el nuevo aprendizaje, es decir, es más significativo para un educando observar, realizar montajes, plantear hipótesis, participar en salidas de campo, que estar en una clase magistral copiando del tablero y memorizando contenidos.

Se evidencia que el elemento práctico es fundamental en la enseñanza de la ciencia, ya que permite colocar al estudiante en una posición mucho más cercana al objeto de estudio.

Es ineludible incorporar estrategias didácticas capaces de dar solución a las dificultades de aprendizaje que contribuyen a una comprensión menos memorística y más significativa, estas estrategias son los trabajos prácticos son centros de construcción y reflexión de conocimientos, un factor altamente influyente en la educación, ya que permitieron interpretar, describir y comprender la formación del campo magnético así como la influencia que éste tiene sobre los animales a la hora de orientarse.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Es bien sabido que el aprendizaje es un proceso progresivo constituido de una secuencia de etapas, en las que el estudiante adquiere paulatinamente la capacidad de perfeccionar sus modelos científicos mentalmente constituidos, sin embargo, durante este proceso existen dificultades no solo en el proceso de aprendizaje, también en el de enseñanza, y se ven involucrados factores externos. Se ha evidenciado en los últimos años que el escaso nivel de comprensión de la física de los estudiantes se ve reflejado en los bajos puntajes de las pruebas saber, con esto se puede inferir que hay una gran discrepancia entre lo que se enseña y lo que se aprende.

Varios de los trabajos realizados en esta área de conocimiento muestran que la capacidad de aprendizaje de los estudiantes mejora con la edad y la instrucción, y que sus modelos mentales sobre los fenómenos electromagnéticos van evolucionando, siendo cada vez más complejos y acordes con los modelos científicos, pero no es menos cierto que, incluso después de un largo período de instrucción, la mayoría de los estudiantes no presenta un aprendizaje comprensivo de las nociones básicas de la teoría de campo electromagnético, enfocándose en analizar las concepciones de los estudiantes respecto a la fuerza magnética que se ejerce en diferentes fenómenos electromagnéticos. En el nivel de primaria y menos en el nivel de secundaria, los trabajos se centran en aspectos particulares como el caso de las interacciones entre imanes. Sólo en algunos de los trabajos en el ámbito universitario se realiza un análisis más global que incluye no sólo la fuerza magnética sino también el campo magnético. Guisasola y otros (2003).

Según Campanario, M. (2009). Un dilema que debe afrontar el profesor interesado en desarrollar en sus alumnos el uso de estrategias metacognitivas es decidirse por un enfoque explícito (en el que el desarrollo y uso de las estrategias metacognitivas por sus alumnos sea el objetivo principal) o decidirse por un enfoque incidental (en el que se aprovechan los contenidos tradicionales de ciencias para desarrollar la

metacognición). Esta es una manera de incentivar la participación de los alumnos en el desarrollo de las clases, sin que el aprendizaje se convierta en monótono y aburridor, así cada concepto se puede enseñar trayéndolo a colación en la vida cotidiana de cada uno de los estudiantes, y entender el conocimiento como un aprendizaje cercano que se puede aplicar a la realidad de cada uno de nosotros.

Aunque es muy común que el profesor ignore que los estudiantes durante su diario vivir adquieren experiencias previas del mundo real y que estas experiencias las tienen organizadas de una forma particular, tal que les permite explicar a su manera los fenómenos naturales, de este modo el educador asume que todos tienen un mismo nivel de aprendizaje y de comprensión.

Es importante analizar las dificultades de los estudiantes en el aprendizaje del concepto de campo magnético, una de ellas es que es un tema en el que intervienen conceptos diferentes como fuerza, velocidad, corriente eléctrica, campo magnético entre otros, por lo tanto los estudiantes encuentran dificultades en analizar al mismo tiempo las diferentes representaciones, así como para elegir aquéllos que son adecuados para explicar una situación concreta, también está la existencia de dificultades de los estudiantes para identificar las fuentes del campo magnético y relacionar las diversas fuentes del campo magnético como imanes y corrientes Guisasola y otros (1999), Sumado a esto se encuentra que los estudiantes tienen diversos vacíos conceptuales referentes a aspectos básicos del magnetismo de la ley universal de atracción y repulsión de cargas.

En cuanto a las dificultades de aprendizaje sobre la orientación magnética de los animales, los estudiantes no conciben un método de orientación por parte de éstos, diferente a los que les aportan sus sentidos, como el de la visión, el olfato, y el oído, los educandos desconocen la existencia del campo magnético de la Tierra, y por ende el efecto que este tiene en muchos animales, a la hora de orientarse en sus largas migraciones en busca de: alimento, o de zonas más cálidas, o con fines reproductivos, sumado a esto las concepciones que el estudiantado tiene sobre el

magnetismo son muy elementales, como consecuencia de la poca intensidad horaria asignada al área de la física en el pensum escolar, impidiendo también la realización de prácticas de laboratorio.

Por lo tanto los trabajos prácticos son importantes para que los estudiantes tengan una mayor comprensión de su entorno, debido a que genera un acercamiento hacia la ciencia experimental y posibilita el conocimiento, que promueve una modificación conceptual; proporcionando a los estudiantes la capacidad de cambiar sus creencias superficiales por enfoques científicos más elaborados sobre los fenómenos naturales.

Los trabajos prácticos, son considerados estrategias de enseñanza, y desde esta perspectiva son un componente fundamental en el Conocimiento Didáctico del Contenido, el cual diferencia epistemológicamente la profesión docente (Valbuena, 2007), en donde el docente además de la estrategia de enseñanza, tiene en cuenta las finalidades, los contenidos, las características de los estudiantes, la evaluación de los aprendizajes, entre otros.

Según Rojo Asenjo (1990) Al enseñar física no debe perderse de vista que el aprendizaje se estructura, por lo regular, en tres niveles o fases: conocimiento y adquisición de los conceptos; análisis de los conceptos y establecimiento de las relaciones de estos conceptos entre sí y con otros no muy distantes; para terminar aplicándolos a situaciones reales. Esta estructuración corresponde a la secuencia clásica del aprendizaje: Conocer, entender y sabe.

Por lo tanto, cabe destacar que una revisión de antecedentes mostró que los estudios realizados en el Programa de Ciencias Naturales sobre enseñanza de conceptos específicos del magnetismo y orientación animal, a través de secuencias de clases y prácticas de laboratorio, son escasos, lo cual le otorga una mayor relevancia a la presente propuesta de estudio.

Con base en lo anterior se plantea la siguiente pregunta de investigación: ***¿Cómo favorecer la enseñanza - aprendizaje de la orientación magnética de los animales en los estudiantes de décimo grado de la Institución Educativa Rodrigo Lara Bonilla de Neiva Huila?***

2. ANTECEDENTES

A continuación se presentan algunos estudios, relacionados con la orientación magnética de los animales, investigaciones y experiencias de aula relacionados con el uso de los Trabajos Prácticos en la enseñanza de la física (ver Tabla 1). Gran Parte de la información, «papers», artículos, revistas, es proporcionada por el CENTRO BRASILEIRO DE PESQUISAS FÍSICAS , y el resto de información fue consultada en libros y vía web.

En primer lugar la revista *Current opinion in neurobiology* N° 12.6 publica en el año 2002 “*The magnetic sense and its use in long-distance navigation by animals*” realizado por Michael M Walker, Todd E Dennis, Joseph L Kirschvink, la investigación consistió en el uso del campo magnético de la Tierra para determinantes de posición, como las brújulas magnéticas. Primero, definieron requisitos mínimos para el empleo de cualquier estímulo en la determinación de posición e identificaron la información de posición en el campo magnético de la Tierra. Luego se hizo exploración de como tal información es probablemente descubierta, analizada y posteriormente usada en determinar la posición durante la navegación. Posteriormente, comprobaron que el nuevo animal que rastrea dispositivos contribuirá enormemente a las pruebas experimentales de hipótesis sobre la navegación magnética por animales.

Por su parte, la revista *Enseñanza de las Ciencias* N° 21., publica en el año 2003 el artículo científico “*Dificultades de aprendizaje de los estudiantes universitarios en la teoría del campo magnético y elección de los objetivos de enseñanza*” realizado por Jenaro Guisasola Aranzábal, José Manuel Almudí García, José Luis Zubimendi Herranz, en esta investigación han supuesto que el conocimiento significativo de la fuente del campo magnético es un prerrequisito básico para que los estudiantes razonen sobre los fenómenos electromagnéticos. Para analizar las explicaciones de los estudiantes han tenido en cuenta que las personas construyen representaciones mentales para ayudar a comprender el funcionamiento de un sistema físico y que estas

representaciones mentales incluyen diferentes categorías explicativas de la realidad en un mismo individuo dependiendo del contexto y del contenido que se trate.

Por otro lado, la revista *Aproximación a las ciencias planetarias* publica en el año 2004 “*El sentido magnético y su uso en la orientación de los animales*” realizada por Francisco Javier Diego Rasilla, el trabajo consistió en analizar las diferencias entre el sentido direccional magnético y el sentido de mapa magnético, seguido a esto resume las principales evidencias existentes de cada uno de ellos y revisan las tres hipótesis principales sobre la magnetorrecepción en vertebrados.

Entre tanto la revista *Ethology Ecology & Evolution* N° 17.4 publica en el año 2005 “*Mechanisms of animal global navigation: comparative perspectives and enduring challenges*” realizada por Bingman, V. P. y K. Cheng esta investigación describe el comportamiento migratorio global de un grupo limitado pero diverso de animales. Discuten la capacidad de navegar hacia un objetivo previsto, incluso cuando se desplaza a un territorio desconocido, la llamada “verdadera navegación” para ello, caracterizaron esta capacidad, y luego examinaron la literatura existente hacia la evidencia de animales que exhiben dicha navegación.

Por su parte, la revista *Enseñanza de las Ciencias* N° 21., publica en el año 2005 publicó un artículo denominado “*Campo magnético: diseño y evaluación de estrategias de enseñanza basadas en el aprendizaje como investigación orientada*” realizada por Jenaro Guisasola Aranzabal, José Manuel Almudí G, José Luis Zubimendi Herranz, Kristina Zuza, esta investigación se inspira en una secuencia de enseñanza constructivista; basada en el modelo conocido por «enseñanza aprendizaje como investigación orientada». Se desarrolla una investigación empírica que se enmarca dentro de la enseñanza del magnetismo en el ámbito universitario, elaborando una secuencia de actividades, así como un plan de instrucción para grupos experimentales. El diseño realizado posibilita evaluar el nivel de aprendizaje conseguido por los estudiantes, en lo que se refiere a los contenidos de tipo conceptual, procedimental y actitudinal. Los resultados obtenidos mostraron que los materiales desarrollados, así

como la forma en que se trabajó con ellos, ha contribuido a un aprendizaje más significativo, favoreciendo que los estudiantes tengan una actitud más positiva hacia el aprendizaje de la física.

Entre tanto la Universidad Nacional de Colombia, Departamento de biología. Facultad de Ciencias Publica un artículo en el año 2016 denominado *Influencia del campo geomagnético en los seres vivos. Migraciones, orientación y geolocalización en vertebrados*, escrito por Christian Daniel Martínez Rodríguez. Donde realizó un estudio de caso en el que se mencionan distintas investigaciones que muestran la interacción entre algunas especies de animales vertebrados con el campo geomagnético siendo este utilizado como medio de ubicación y localización dentro de la superficie terrestre el cual les permite realizar migraciones que abarcan grandes distancias sin que exista la posibilidad de una perdida en la ruta o en su destino.

En la búsqueda de los antecedentes, se logró vislumbrar que existen pocas investigaciones acerca de la Orientación magnética de los animales en nuestro idioma, las monografías que se han realizado son muy pocas, así como las investigaciones, la mayoría de estas se encuentran en Brasil por ende en otro idioma también permitió apreciar que existen una escasas trabajos investigación acerca de la enseñanza - aprendizaje del campo magnético y la inexistencia de investigaciones acerca de la enseñanza sobre la orientación magnética de los animales.

TITULO Y AUTOR	OBJETIVOS	ASPECTOS METODOOLÓGICOS	PRINCIPALES HALLAZGOS
<p>El sentido magnético y su uso en la navegación de larga distancia</p> <p>Michael M Walker, Todd E Dennis and Joseph L Kirschvink (2002)</p>	<p>Indagar sobre el uso del campo magnético de la Tierra para posicionar determinantes, como las brújulas magnéticas de los animales.</p>	<p>Se infiere una metodología de enfoque cuantitativo planteado en tres fases: En primer lugar, los requisitos mínimos para el uso de cualquier estímulo en la determinación de la posición para detectar la información de posición en el campo magnético de la Tierra, análisis de la información para determinantes de posición durante la navegación. Por último, observación de los nuevos dispositivos de rastreo de animales para contribución en gran medida a la prueba experimental de hipótesis acerca de la navegación magnética por los animales.</p>	<p>La navegación por los animales se produce distancias de más de miles de kilómetros, en cuanto a los eventos que se producen en las células sensoriales del receptor (aproximadamente 10 micras de diámetro), en términos del procesamiento neural de las señales procedentes de las células del receptor. A nivel de la célula de detector, la única información disponible instantáneamente desde el campo magnético en cualquier punto de la superficie de la Tierra es el vector de campo total. Los animales deben ser capaces de reconstruir el vector de campo total precisión y con alta sensibilidad. Los magnetoreceptores hipotéticos también deberían permitir a los animales obtener información sobre otros parámetros de campo magnético (como el gradiente de campo).</p>

<p>Dificultades de aprendizaje de los estudiantes universitarios en la teoría del campo magnético y elección de los objetivos de enseñanza</p> <p>Jenaro Guisasola Aranzabal, José Manuel Almudí G, José Luis Zubimendi Herranz, Kristina Zuza (2003)</p>	<p>Analizar las ideas que tienen los estudiantes sobre cuál es la naturaleza del campo magnético.</p>	<p>Esta investigación presenta un enfoque cuantitativo; planteado es dos fases: aplicación de un cuestionario de 19 preguntas de tipo abierto y el análisis de los resultados.</p>	<p>La mayoría de los estudiantes no presenta un aprendizaje comprensivo de las nociones básicas de la teoría de campo electromagnético</p> <p>Una parte importante de los estudiantes se resiste a aceptar la existencia del campo magnético que no se manifiesta mediante un comportamiento perceptible; y en la búsqueda no científica de esa evidencia, presentan dos modelos diferentes. En el primer caso atribuyen la causa del magnetismo a «cualidades» de la propia materia en el caso de los imanes. El otro modelo explicativo, atribuyen, a las líneas de campo, existencia real Esta visión de los fenómenos magnéticos hace que los estudiantes presenten un razonamiento «artificial» donde la visualización de las líneas de campo «obliga» a que exista un campo magnético.</p>
<p>El sentido magnético y su uso en la orientación de los animales</p> <p>Francisco Javier Diego rasilla (2004)</p>	<p>Proponer tres mecanismos para explicar la base del sentido magnético: inducción electromagnética, reacciones químicas dependientes del campo magnético y presencia de magnetita (Fe_3O_4)</p>	<p>Se planteó una metodología cualitativa de dos fases: Análisis de las diferencias entre el sentido direccional magnético y el sentido de mapa magnético, la segunda fase resume las principales evidencias existentes de cada uno y</p>	<p>El uso de estímulos magnéticos en la orientación espacial se encuentra extendido en diversos grupos de animales.</p> <p>Los estudios realizados con tritones indican que existe un mecanismo de magnetorrecepción, implicado en la obtención de la información del mapa de navegación, diferente al utilizado en el sentido de brújula magnética. Este</p>

	biogénica.	revisa las tres hipótesis principales sobre la magnetorrecepción en vertebrados.	receptor no parece depender de la luz, estando constituido por material permanentemente magnético, posiblemente magnetita. El compás magnético de tritones, aves y moscas de la fruta resulta ser dependiente de la luz.
Mechanisms of animal global navigation: comparative perspectives and enduring challenges Bingman, V. P., & Cheng, K. (2005)	Proponer los diferentes mecanismos de navegación, con diferentes escalas de precisión, que es probable que emplean durante el curso de la migración.	Se planteó una metodología cualitativa planteado en dos fases: descripción del comportamiento migratorio global de un grupo limitado pero diverso de animales: el salmón migratorio, ballenas, tortugas marinas y aves, así como dispersantes mariposas monarca, y examinar la literatura existente para la evidencia de animales que exhiben cierta navegación.	Como se deduce de la discusión la investigación para abordar tanto la mecánica y las características evolutivas de navegación global tiene que realizarse de forma paralela. Metodológicamente central para estos dos frentes es el desplazamiento y el seguimiento de los animales migratorios, junto con manipulaciones experimentales en el campo. Esto ahora se facilita mucho con las técnicas de localización por satélite y la ruta de grabación, con el hardware necesario conseguir más pequeño año tras año. Para complementar el seguimiento del comportamiento en el campo, también necesitamos experimentos conductuales y neurobiológicos basada en laboratorio inspiradas en una perspectiva comparativa. Al final, el estudio de navegación global debe basarse en la integración de ambos enfoques de investigación de ecología y comportamiento neuroetología.

<p>Campo magnético: diseño y evaluación de estrategias de enseñanza basadas en el aprendizaje como investigación orientada</p> <p>Jenaro Guisasola Aranzabal, José Manuel Almudí José Luis Zubimendi Herranz, Kristina Zuza (2005)</p>	<p>Expone el tratamiento realizado para superar las dificultades de enseñanza-aprendizaje en la introducción del concepto De campo magnético.</p>	<p>El enfoque de este trabajo es de tipo cuantitativa, planteado en cuatro fases: En la primera parte se exponen los indicadores de un aprendizaje comprensivo del campo magnético. En la segunda parte, resumen la secuencia de actividades de enseñanza. En la tercera, muestran los resultados obtenidos al desarrollar la secuencia de enseñanza en el aula. En la última sección, se expondrán algunas conclusiones e implicaciones para la enseñanza.</p>	<p>Se debe proporcionar a los estudiantes secuencias de actividades donde se vean obligados a plantearse problemas y tengan que utilizar herramientas propias de la metodología científica. Los estudiantes presentan una mejora notable en la forma de plantear y resolver situaciones problemáticas relacionadas con la teoría del campo magnético.</p>
---	---	---	---

<p>Influencia del campo geomagnético en los seres vivos. Migraciones, orientación y geolocalización en vertebrados. Christian Daniel Martínez Rodríguez. (2016)</p>	<p>Mostrar como diferentes investigaciones acerca de los grandes viajes migratorios efectuados por algunos animales están sumamente relacionados con la disposición del campo magnético terrestre.</p>	<p>Se realizó un estudio de caso en el que se mencionan distintas investigaciones que muestran la interacción entre algunas especies de animales vertebrados con el campo geomagnético siendo este utilizado como medio de ubicación</p>	<p>Aún se siguen teniendo dudas muy amplias acerca de cómo los vertebrados pueden tener la percepción del campo geomagnético, aunque ya se tiene, sin ninguna duda la apreciación de que son sensibles a estos y responden a cambios de los mismos. De esta manera es claro el riesgo que las especies corren al enfrentarse a cambios dentro de su medio ejercidos por la manipulación humana de estas características. El más mínimo cambio que el ser humano le ejerza a los campos terrestres o la simple adición de ondas que viajen por medio de ellas afectara de una manera drástica la interacción que tienen los animales con los campos geomagnéticos siendo incluso, en algunos casos, tan peligroso, que podría acabar con el comportamiento natural de una</p>
---	--	--	--

Tabla 1. Antecedentes de las investigaciones sobre la orientación magnética de los animales y la enseñanza del campo magnético.

3. JUSTIFICACIÓN

Los seres humanos mediante los sentidos apreciamos y nos deleitamos del mundo que nos rodea bajo sus diferentes formas y expresiones. Desde el momento en que somos concebidos estamos enfrentados a escenarios generadores de aprendizaje, desempeñando los sentidos, un papel importante en la percepción de fenómenos biológicos y utilizamos algunas habilidades mentales que nos sirven de guía para no perder el rumbo. Por ejemplo, para ir a casa se toman referentes particulares, con ello se hace un esquema mental y se crea un mapa de ubicación, lo que permite diversos desplazamientos, al igual que los seres humanos, los animales también utilizan diferentes estrategias para orientarse, una de estas habilidades es la que genera el campo magnético de la Tierra, el cual es usado como una especie de brújula que les permite facilitar la búsqueda de alimento y en algunas especies para realizar sus migraciones en épocas de apareamiento.

La capacidad de orientación de los animales es extraordinaria ya que les permite viajar distancias de cientos de kilómetros, y diversidad de accidentes geográficos, regresando a su punto de partida sin más ayuda que sus sentidos, algo que a los humanos resultaría imposible sin ayuda de GPS, brújula, mapas, etc.

La física es una de las asignaturas que más se les dificulta a los estudiantes aprender, ya que la tornan aburrida y difícil; es posible que esto suceda porque el aprendizaje no se apoya en prácticas experimentales, sino solo en clases magistrales que conlleva a que el estudiante sienta apatía frente a la adquisición de nuevos aprendizajes, dificultando el aprendizaje significativo, dejando a un lado la innovación, la invención de hipótesis y modelos, la creatividad, la contrastación, la observación, la descripción, entre otros.

Si es complejo definir y entender los conceptos para los mismos científicos, por qué no lo ha de ser para un estudiante de bachillerato que apenas está construyendo su mapa mental. Citado por González y otros (2015). Según Antoni de Pro (2003) “la

construcción de cualquier conocimiento en Física es fruto de mucho tiempo de trabajo científico, entonces ¿podemos pretender que estudiantes –aun adolescentes- deben aprender todo lo que se ha construido sobre un tema?” Es importante que los educandos desarrollen habilidades de pensamiento científico para que el proceso de aprendizaje sea duradero.

Es importante despertar esta curiosidad partiendo de experiencias que ellos hayan vivenciado o puedan vivenciar, para que logren apreciar que los fenómenos científicos de los que se les habla en clase, que parecen tan alejados de la realidad, están en ligados entre sí y permanecen con ellos diariamente. Esto es lo que ocurre con la formación del campo magnético terrestre, los estudiantes no son conscientes de su existencia y mucho menos de la influencia que tiene sobre toda la vida existente en ella. Esta investigación está encaminada a la enseñanza clara y sencilla de este fenómeno, a los estudiantes de décimo grado del colegio Rodrigo Lara Bonilla con el fin de implementar estrategias nuevas, resaltando el trabajo práctico para reforzar sus conocimientos en el área de física de manera didáctica – reflexiva, y así crear en el estudiante la curiosidad e interés por el nuevo conocimiento.

Un elemento valioso en un proceso investigativo, es el de adelantar con rigor una indagación para corroborar o desvirtuar fenómenos que podemos intuir a través de nuestra práctica cotidiana, pero que carecen de validez porque no realizan en el marco de unos parámetros metodológicos confiables, por esta razón, otro aspecto a considerar como argumento, es la oportunidad de crear trabajos didácticos “el trabajo práctico permite promover el cambio conceptual; proporcionando a los estudiantes la capacidad de cambiar sus creencias superficiales por enfoques científicos más sofisticados sobre los fenómenos naturales” (Barbera y Valdés, 1996) citado en (Durango, 2012).

De igual manera es importante “Orientar la atención de la actividad cognitiva del estudiante durante los trabajos prácticos ya que es una cuestión primordial para

promover su capacidad de discernir, procesar la información relevante y alcanzar un aprendizaje significativo” (Winberg y Berg, 2007).

Para finalizar, se resalta la importancia de que grupos de investigación de la licenciatura continúen con el abordaje de este tema, y se quiere sentar un precedente en esta línea de investigación ya que no existen estudios de esta índole en el Departamento, mostrando la necesidad e importancia de ampliar el espectro de trabajo de este tema.

Con la enseñanza de este tema en este grado, se quiere sentar un precedente, ya que es un tema que en los colegios es de poca o nula relevancia que se le otorga, esto se ve reflejados en las pocas investigaciones a nivel nacional, y la inexistencia de estas a nivel Departamental.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

- Favorecer la enseñanza – aprendizaje de la orientación magnética de los animales, principalmente de la Mariposa Monarca y el salmón, en los estudiantes del grado decimo de la Institución educativa Rodrigo Lara Bonilla del Municipio de Neiva - Huila.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar y recopilar los avances que gradualmente presentan los estudiantes sobre la concepción de campo magnético, y lo que es la orientación magnética animal.
- Diseñar y aplicar una secuencia de clase para la enseñanza y aprendizaje del campo magnético y orientación magnética animal.
- Realizar una retroalimentación de trabajo realizado.

5. MARCO TEÓRICO

Teniendo en cuenta la pregunta problema planteada en nuestra investigación, está debe abordar teóricamente el referente didáctico como el abordaje del campo magnético y orientación magnética animal y en cuanto al referente pedagógico como el modelo de enseñanza y aprendizaje, trabajos prácticos.

REFERENTE DISCIPLINAR

Campo magnético de la Tierra

Como ya se había hablado en la primera parte de esta investigación (recopilación bibliográfica) la Tierra funciona como un gigantesco dinamo auto excitado, con su campo magnético generado por el movimiento de electrones” (Plaza y Valdés, 1996) provocado por la rotación de su núcleo de hierro, además de la influencia del viento solar que es una corriente de partículas energéticas y con carga eléctrica proveniente del Sol. El polo norte indicado por la aguja de una brújula apunta hacia el norte, las líneas de campo magnético de la Tierra van de sur a norte. Las puntas de la aguja señalan el norte magnético y difieren por un pequeño ángulo del meridiano, conocido como *declinación magnética*. Si un imán largo se suspende sobre su eje horizontal, la posición de equilibrio, en el hemisferio norte, se encuentra con el polo norte hacia abajo. El ángulo con la horizontal es llamado ángulo de caída o *inclinación magnética*. Estos ángulos de declinación y de inclinación, así como la intensidad del campo magnético varían sobre toda la superficie terrestre.

Orientación Magnética de los animales

¿Cómo se orientan los animales? ¿Qué es lo que les permite encontrar el camino con tanta facilidad?

La orografía de nuestro planeta es muy variada, con montañas, planicies, lagos, volcanes, etc., y todos ellos son utilizados por los animales para configurar un mapa con el cual orientarse, utilizado incluso por los grandes mamíferos marinos.

Los animales pueden orientarse en sus migraciones confiando en múltiples señales, tales como: estímulos celestes, luz polarizada, dirección del viento, sonidos de baja frecuencia y el campo magnético de la Tierra (Diego-Rasilla 2004).

Como se puede apreciar los animales pueden usar diferentes mecanismos de orientación y diferentes estrategias para encontrar la ubicación de un objetivo. El animal puede usar cualquier habilidad de orientación que depende de sus sensores y de las condiciones impuestas por el medio.

Los animales exploran varias fuentes de información, durante sus recorridos migratorios. Entre estos, el campo magnético de la Tierra es una característica ambiental bastante particular en comparación con otras. El campo geomagnético está presente tanto en la noche como en el día; no es afectado por el clima, ni las estaciones, y está presente en cada lugar del planeta, desde los fosos más profundos del océano, hasta las mayores elevaciones que podamos imaginar.

Por lo tanto, tal vez no sea sorprendente que diversos organismos, que van desde las bacterias, hasta animales vertebrados, tengan la capacidad de reconocer el campo magnético de la Tierra y usarlo para guiar sus movimientos, manifiesta (Walker, Kirschvink, J. L., 2002).

El magnetismo terrestre es utilizado por los animales como una fuente de información direccional muy fiable, dado que los polos magnéticos están cerca de los polos geográficos y no se modifican durante toda la vida del animal. Los animales perciben la inclinación y la polarización del campo magnético terrestre (brújula magnética). Para este método de orientación hay dos atributos del campo magnético: una brújula que capta la polaridad direccional, y una brújula de inclinación que capta el ángulo de inclinación magnética.

Según Hill, R.W., & Wyse, G.A. (2006) las abejas perciben la polaridad magnética, mientras que los pájaros y los reptiles se basan en el ángulo de inclinación.

El primer experimento publicado, sobre el efecto de los campos magnéticos en la orientación, fue el del alemán Kreidl en 1893, con cangrejos. Cuando los cangrejos realizan el cambio del exoesqueleto pierden también unas partículas densas denominadas “estrolitos” que forman parte de su sistema vestibular. Después de desprenderse del antiguo exoesqueleto recogen partículas de arena que les sirven de nuevos estrolitos. Kreidl colocó cangrejos que acababan de perder el exoesqueleto antiguo en el acuario, en el cual todas las partículas disponibles eran magnéticas. Los cangrejos colocaron partículas magnéticas en el laberinto del oído. Al aproximarle un imán, el cangrejo adoptaba una orientación determinada mostrando que la orientación de la partícula magnética forzaba la orientación del cangrejo.

A partir del campo magnético de la Tierra pueden obtenerse al menos dos tipos de información, necesarias para los sentidos de brújula y de mapa. Varios parámetros geomagnéticos como las corrientes eléctricas en la ionosfera y en la propia Tierra producen fluctuaciones diarias en el campo magnético que se modifican geográficamente de forma predecible, por lo que pueden ser utilizados en el mapa de navegación (Skiles, 1985).

Algunos animales tienen sentido de ubicación de mapa. Es muy probable que para poder ubicarse los animales utilicen varios métodos, aparte del sentido de ubicación de brújula. Utilizan información cartográfica. El animal durante su trayectoria hace una referencia de su posición en su cerebro, lo que es denominado mapa y su sentido de brújula lo orienta en relación con su mapa mental: esto se conoce como navegación con mapa y brújula. En el momento en que el animal hace la construcción del mapa hay diversos factores influyentes como las señales sensitivas, el campo geomagnético y las señales solares (Hill, R. W., & Wyse, G. A. 2006).

La ubicación por medio de mapa de los animales se basa en información geomagnética, ya que el ángulo de inclinación geomagnética aumenta en magnitud cerca de los polos magnéticos.

Esta capacidad de orientación en los animales es proporcionada por una serie de sensores que contienen nanocristales magnéticos, que están conformados en general por magnetita.

El registro más convincente que existe acerca de la relación entre la orientación animal y la presencia de magnetita se ha registrado en las bacterias acuáticas. El microbiólogo de la Universidad de Massachusetts EE.UU, Richard Blakemore en 1975, descubriría de manera accidental en los sedimentos pantanosos, bacterias que se desplazaban hacia un extremo de la platina del microscopio. Su primera hipótesis fue, que las bacterias se movían en dirección a la luz, pero posteriormente comprobó que se movían paralelamente a las líneas del campo geomagnético, concluyendo que su desplazamiento era sensible a la presencia de un campo magnético, por lo que las denominó bacterias magnetotácticas y a este fenómeno de orientación magnetotaxia (Gutiérrez, M. A. 2001).

La magnetotaxia es el enfoque más simple que utiliza un organismo para lograr orientarse magnéticamente y es utilizada por bacterias y algas. Dentro de las células que conforman estos organismos se encuentran presentes nanocristales ferromagnéticos que están conformados por diferentes materiales, de los cuales hasta el momento se ha confirmado la presencia de tres dos compuestos dentro de los organismos: magnetita (Fe_3O_4), y greigita (Fe_3S_4). La magnetita parece ser el mineral magnético más abundante, la greigita es el único mineral de sulfuro magnético que ha sido confirmado en los organismos; estos nanocristales alinean las células con el campo geomagnético y posteriormente, las células se mueven de manera activa haciendo uso de sus flagelos. Estas bacterias magneto-tácticas viven en ambientes lacustres y en sus precipitaciones, existe un tipo de bacterias que viven en interfaces entre ambientes que poseen oxígeno y los que no, pero las células productoras de greigita (que es el equivalente del azufre de óxido de hierro de magnetita (Fe_3O_4) se

encuentran por debajo de este rango, en condiciones estrictamente anaeróbicas. La magnetotaxia es beneficiosa para las células, pues los organismos se pueden dirigir a un hábitat favorable (I.E.S. Pablo Picasso, 1999).

Hace aproximadamente cincuenta años se reportó la primera evidencia de estos cristales magnéticos por Heinz Lowenstam quien determinó una capa de magnetita en la rádula dentaria de un molusco marino.

La verdadera navegación magnética de los animales depende de una serie de eventos que ocurre de manera individual en las células al detectar los campos magnéticos y se produce a distancias de hasta miles de kilómetros. La localización, y la interpretación de los estímulos del campo magnético según características iniciales, se cumplen si los animales utilizan un sentido magnético de navegación.

Es evidente que los animales pueden percibir el campo magnético, y utilizarlo de manera cotidiana como un “sentido” más de orientación.

Algunos animales pueden hacer uso del campo magnético de manera más amplia, usándolo como sistema de posicionamiento global, determinando de esta manera su ubicación sobre la superficie de la Tierra y seguir sus rutas de migración.

REFERENTE DIDÁCTICO

Para comenzar la argumentación de las estrategias didácticas en la enseñanza del campo magnético y orientación magnética de los animales es pertinente tener en cuenta lo siguiente: Según Moreno y Lopez (2011) el campo magnético es uno de los muchos fenómenos físicos que no percibimos con nuestros sentidos y que forman parte del mundo en el que van a moverse nuestros alumnos durante su vida. El hecho de que no podamos “Ver” estos fenómenos, no debe frustrar nuestra curiosidad, sino al contrario estimular nuestra pericia e imaginación para así poder visualizar el campo” y el efecto que este tiene en algunos de los animales a la hora de orientarse y realizar sus migraciones, de esta manera despertar el interés por la adquisición del nuevo

conocimiento por parte del educando, consiguiendo con ello un aprendizaje significativo.

Por otro lado según Guisasola (2005) aprender con comprensión el concepto de campo magnético implica la elaboración de una serie de indicadores de aprendizaje del concepto de campo magnético, se debe tener en cuenta los resultados de la investigación didáctica sobre concepciones alternativas de los estudiantes, el marco teórico actual y, también, las investigaciones sobre la historia de los problemas que tuvieron lugar en la construcción de la teoría de campo magnético a finales del siglo XIX.

Inicialmente, para tener una amplia comprensión del concepto de campo magnético es pertinente estar familiarizado con los fenómenos magnéticos producidos por imanes y corrientes eléctricas, esto nos conlleva a concertar los primeros indicadores. Tales como:

- a-** Identificar los imanes como fuentes del campo magnético, a través de una serie de características propias de la interacción magnética, teniendo en cuenta que estos actúan sobre materiales muy precisos; presentan dos polos; actúa a distancia; hacen girar la brújula.
- b-** Comprender que las líneas de campo magnético de los imanes son cerradas. Lo cual implica la inexistencia de “monopolos magnéticos”.
- c-** Reconocer que las cargas en movimiento, respecto de un observador inercial, producen campo magnético.

Estos indicadores forman parte de un universo de conceptos y relaciones que forman el marco conceptual de la interacción electromagnética estacionaria. Sin embargo, también existen exigencias epistemológicas y actitudinales que no pueden soslayarse en un aprendizaje comprensivo de los conocimientos científicos. Estas exigencias de aprendizaje son:

- 1- Conocer que los conceptos científicos se introducen con el propósito de resolver problemas de interés científico y social.

- 2- Utilizar reiteradamente las estrategias del trabajo científico en el caso de las interacciones electromagnéticas (analizar situaciones problematizadoras, concebir hipótesis, conceptos diseñar y realizar experimentos, obtener modelos con las limitaciones adecuadas, análisis àcrítico de proposiciones, comparar sus avances con los de su entorno más próximo priorizando, por ejemplo, el trabajo cooperativo, entre otras).

Trabajos Prácticos

Cabe destacar, los “Trabajos Prácticos”, son considerados como actividades de la enseñanza de las ciencias en las que los alumnos han de utilizar ciertos procedimientos para resolverlas (Del Carmen, 2000 citado de Correa, 2012). Son actividades realizadas por los estudiantes bajo la supervisión o guía del docente, que permiten establecer relaciones de complementariedad con la teoría, el ambiente cotidiano y el trabajo de las Ciencias, sin ser muy relevante el lugar en donde se realicen dichas prácticas (Barberá y Valdés, 1996 citado de Correa, 2012).

Los trabajos Prácticos deben tener ciertas características como por ejemplo que sean actividades realizadas por los alumnos, implicando el uso de procedimientos científicos de diferentes características (observación, formulación de hipótesis, realización de montajes, elaboración de conclusiones, entre otros).

Hasta comienzos del siglo XX los trabajos prácticos eran usados como apoyo o medio de comprobación de lo teórico. Estudios realizados hacia 1910 establecieron que el uso de experiencias concretas ocasionaba que el alumno proveyera respuestas más claras frente a los interrogantes propuestos en una actividad de orden práctico, logrando así un aprendizaje eficaz al hacer uso de proyectos como herramientas para la solución de problemas (Hodson, 1994). De la misma forma Hodson (1992) propone que, con la aparición del heurismo de Amstrong, que los trabajos prácticos deben ser guiados bajo diseños metodológicos definidos, teniendo como eje de acción preguntas problematizadoras, lo que terminaría por favorecer la comprensión clara de la teoría.

6. METODOLOGÍA

A continuación presentamos la metodología para dar solución a la pregunta de investigación planteada, es un estudio con enfoque cualitativo, porque según Cerda (2005) la interpretación que se da a este proceso de enseñanza-aprendizaje, en particular no puede ser captado o expresado plenamente por las estadísticas o las matemáticas, centrando el análisis en la descripción de las cosas observadas.

Cabe destacar que este trabajo está dividido en dos partes, una parte disciplinar que consta de una recopilación bibliográfica, gran parte de la información, «papers», artículos, revistas, fue proporcionada por el CENTRO BRASILEIRO DE PESQUISAS FÍSICAS, y el resto de información fue consultada en libros y vía web, los cuales en su mayoría se encuentran en idioma Inglés, por lo tanto fue necesario traducirlos a nuestro idioma, para de esta forma analizarlos y sintetizarlos en tres capítulos.

Primer capítulo: Orientación Animal

Segundo capítulo: El campo Geomagnético

Tercer capítulo: Magnetorrecepción: Evidencias y Modelos

La segunda parte correspondiente al componente pedagógico, donde se realizó una secuencia de clases con una duración de seis clases.

6.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio se propone desde una perspectiva cualitativa, empleando el análisis de contenido y haciendo uso del cuestionario y la observación participante. De acuerdo con Amórtegui (2011), los investigadores cualitativos son sensibles a los efectos que ellos mismos causan sobre las personas que son objeto de estudio, estos interactúan con los informantes de forma natural y no instructiva.

La investigación va encaminada hacia un enfoque cualitativo el cual tiene la característica principal de recolectar los datos sin necesidad de que haya una medición

numérica, de tal manera que se utiliza en primera instancia para descubrir y refinar preguntas de investigación. Así mismo, se recogen perspectivas y puntos de vista obtenidos de los participantes (para el caso de nuestra investigación los estudiantes de grado decimó de la Institución Educativa Rodrigo Lara Bonilla) a través de experiencias bien sea de manera individual o colectiva.

6.2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Se hace indispensable la inclusión de un método en la investigación, ya que éste mismo es importante para llevar de manera amena el desarrollo metodológico sin perder claridad y precisión en la formulación consecuente del problema, los objetivos y el desarrollo metodológico. De esta manera se habla del método de análisis de contenido en investigación, que Según Bardín (1987) citado en Lopez (2002), es un conjunto de instrumentos metodológicos, que se complementa con observación de rasgos cualitativos guardando relación con procedimientos de análisis del lenguaje utilizadas en diversas disciplinas científicas.

El método de análisis de contenido es una técnica para estudiar y analizar las comunicaciones de una forma sistemática, objetiva y cuantitativa a fin de medir variables. Intenta analizar y estudiar en detalle el contenido de una comunicación escrita, oral y visual.

Éste método tiene 4 características: Objetividad, sistematicidad, contenido manifiesto, capacidad de generalización (Pérez, 1994).

Según el mismo autor, la objetividad supone el empleo de procedimientos de análisis que pueden ser producidos por otros investigadores, de modo que los resultados obtenidos sean susceptibles de verificación. Las unidades de mensaje que han sido fragmentadas, las categorías, entre otras, deben definirse bien con claridad y precisión. La sistematicidad es una calidad de análisis de contenido por la que la inclusión o exclusión de determinadas categorías se hace de acuerdo con las reglas y criterios previamente establecidos. Su finalidad es la de impedir cualquier selección arbitraria

que pudiera retener solamente aquellos elementos que estuvieran de acuerdo con la tesis del investigador (Pérez, 1994).

El contenido manifiesto implica que se pueden cifrar numéricamente los resultados del análisis. Todo mensaje está considerado como una secuencia de datos aislables, susceptibles de ser ordenados por categorías.

La capacidad de generalización implica que el análisis de contenido no se limita al recuento de frecuencias y tabulación de datos cualitativos, sino que lleva a cabo estos procesos para extraer conclusiones de cara a una investigación.

6.3. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Como técnica de recolección de la información se emplea la observación participante que es el proceso por el cual se facultan los investigadores a aprender acerca de todas y cada una de las actividades de las personas en estudio en un escenario natural a través de la observación y participación en sus actividades por parte de los estudiantes DeWalt & DeWalt (2002) citado en Kawulich (2006).

Respecto a la herramienta de Cuestionarios, Según Martín Arribas (2004) citado en Guarnizo y Puentes 2014, es un instrumento para la recolección de información, diseñado para cuantificarla y universalizarla, ya que antes de proceder a medir algo debemos tener una idea muy clara de lo que queremos decir o sea definir el constructo además, el cuestionario es la técnica de recogida de datos más empleada en investigación, porque permite llegar a un mayor número de participantes y facilita el análisis.

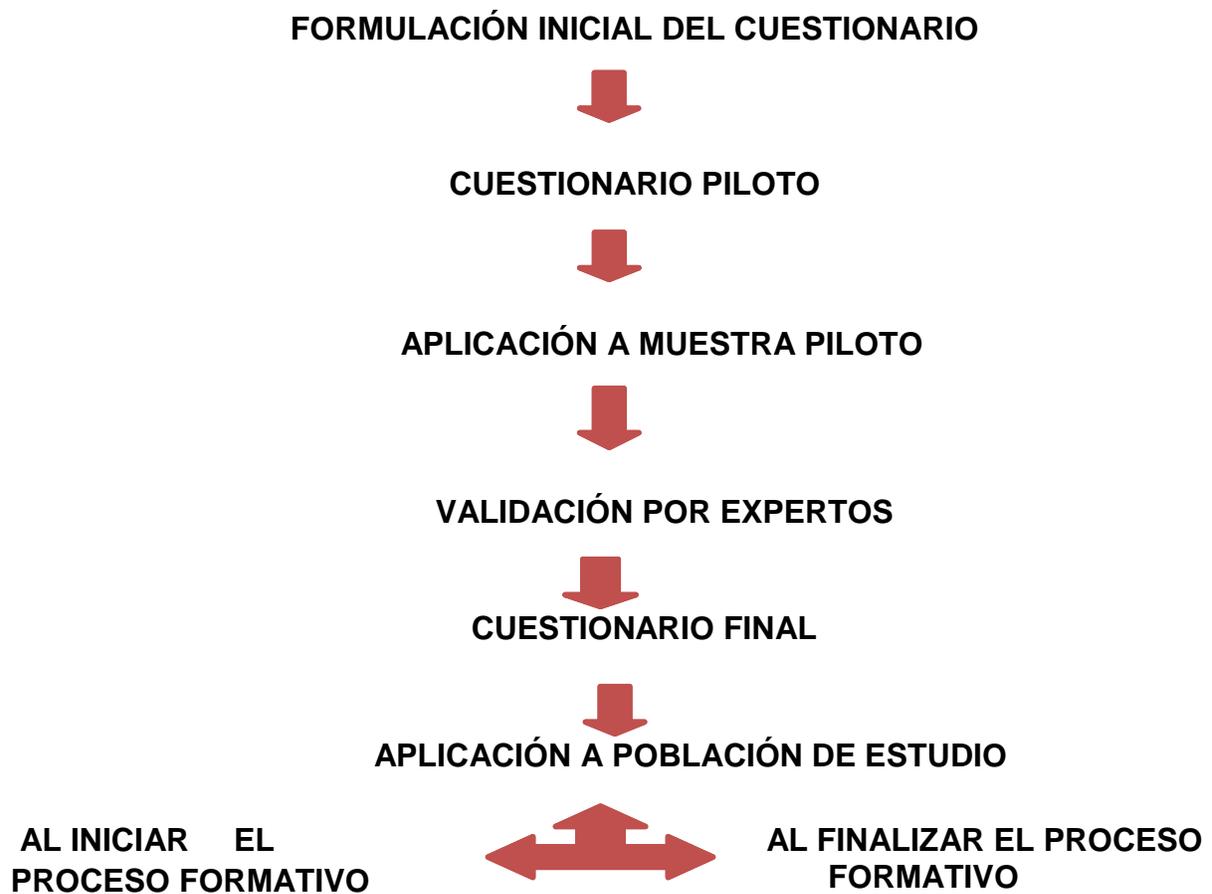


Grafico 1. Proceso de análisis del cuestionario. Guarnizo & Puentes (2014)

Para sistematizar las concepciones halladas a través de la aplicación de cada una de las herramientas, se emplearon las unidades de Información propuestas por Amórtegui & Correa (2012), donde cada estudiante está representado por la letra E y el número correspondiente a cada uno, seguido por la fuente de información utilizada.

6.4. ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología de esta investigación se desarrolló mediante cuatro fases, correspondientes a Desarrollo de instrumentos e identificación, desarrollo de secuencias de clase, resultados y discusión, descritas a continuación.

Fase 1: Desarrollo de instrumentos e identificación:

Se indagó sobre el estado del arte, las dificultades de aprendizaje y las estrategias de enseñanza de las ciencias naturales, especialmente sobre el magnetismo, campo magnético, orientación magnética de los animales, para ello se aplicó un cuestionario inicial para indagar conceptos previos, constituido por siete preguntas abiertas, el cual fue validado por expertos y cuyos resultados sirvieron para el análisis de las habilidades y dificultades de los estudiantes en torno a algunas definiciones, y de esta manera diseñar estrategias pedagógicas, para poder abordar estos temas de una manera amena, con el fin de despertar el interés de los estudiantes.

Fase 2: Desarrollo de la secuencia de clase

Inicialmente se realizó una serie de orientaciones, a partir de ello se empezó con el desarrollo de las secuencias de clases, las cuales se ofrecieron de manera teórico-práctica, que involucraron trabajos prácticos, videos, situación problematizadora, salida de campo, todo este material didáctico sirvió como apoyo para que el estudiante viva los procesos de manera significativa, y sea este el actor principal de sus propios descubrimientos, compilados en una Unidad Didáctica que abordo temas como el referente histórico (los primeros científicos que hablaron del magnetismo y del campo

magnético), formación del campo magnético, imán, electroimán, brújula, campo magnético, tipos de orientaciones de los animales, orientación magnética animal.

Fase 3: Resultados y análisis:

En esta etapa de la investigación, se analizó lo referente al proceso de enseñanza y los resultados obtenidos, teniendo en cuenta tres grandes momentos; el primero corresponde a la aplicación del cuestionario inicial, el segundo a la aplicación de la secuencia de clase del trabajo teórico-práctico, donde se realizó un análisis tomando como base los antecedentes y el marco teórico, y el tercero a la aplicación del cuestionario final.

6.5. POBLACIÓN DE ESTUDIO

La investigación fue aplicada a un grupo de veinticinco estudiantes de grado décimo (102) de la jornada de la mañana de la Institución Educativa Rodrigo Lara Bonilla de la Ciudad de Neiva (ver Anexo xx); para permitir esto, al inicio del proceso formativo se les aplicó una encuesta diagnóstica a los veintisiete estudiantes teniendo en cuenta el formato de práctica pedagógica del programa de Licenciatura en Ciencias Naturales: Física, Química y Biología (ver imagen xx), arrojando como resultado el contexto social, económico y académico de los estudiantes.

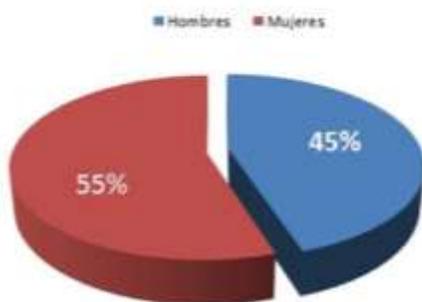


Gráfico 2. Distribución por sexo de la población de estudio.

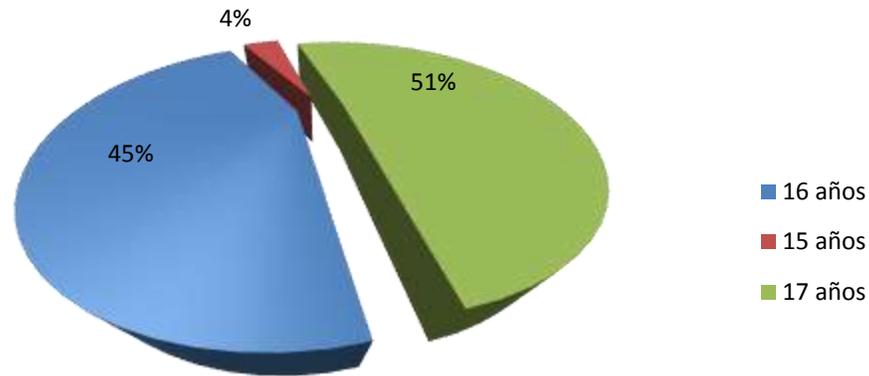


Gráfico 3. Edades de los estudiantes.

Los rangos de las edades de los estudiantes del grado 1002 oscilan entre los quince y diecisiete años de edad, encontrando una gran minoría de estudiantes de diecisiete años.

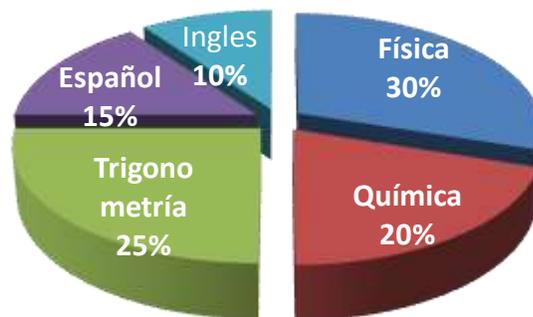


Gráfico 4. Asignaturas de dificultad para los estudiantes

Las tres asignaturas que más se les dificulta a los estudiantes son Física, Química y trigonometría. El 30% de los estudiantes eligieron la Física como una asignatura con mucha dificultad debido a que no les gusta, es poco entendible, y los cálculos que tienen que realizar les parecen complicados y confusos. Para el 25% de los estudiantes Trigonometría es una asignatura que se les dificulta porque al igual que la asignatura de Física no les gusta y los cálculos matemáticos les parecen complicados y confusos. El

20% de los estudiantes manifiestan que la Química es una asignatura que les dificulta porque no entienden la nomenclatura que deben utilizar para nombrar los compuestos y porque es muy monótona solo deben desarrollar talleres lo que la hace poco atractiva. Igualmente Español, pues el 15% de los estudiantes, no les gusta, no la entienden o comprenden. Para el 10% de los estudiantes el inglés es una asignatura que se les dificulta porque no entienden las palabras, ni las pronunciaciones y consideran que es aburrida, por tanto no les gusta y es poco atractiva.

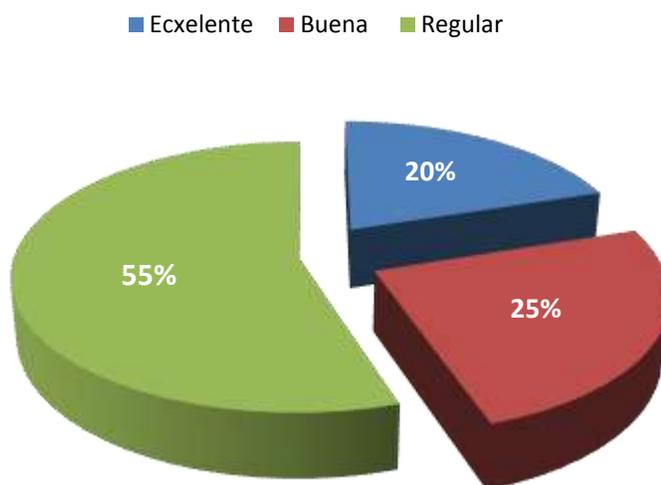


Grafico 5. Metodología utilizada por el profesor de Ciencias Naturales durante las clases.

El 20% de los estudiantes consideran como Excelente la metodología empleada por el profesor, debido a que el profesor explica bien los temas, aclara las dudas y utiliza videos para el desarrollo de los temas. En cambio para el 25% de los estudiantes, la consideran como Buena, pues coloca muchos talleres y muy largos y pero a pesar de eso se hace entender. Finalmente, el 55% de los estudiantes consideran la metodología Regular, pues deja muchos talleres y a veces no explica muy bien.



Grafico 6. Lo que los estudiantes esperan del profesor de Ciencias Naturales.

En general, los estudiantes de grado 1002, el 27% esperan que la profesora explique bien los temas y los haga entendibles, el 10% espera que el profesor deje trabajos en grupo, el 12% esperan que enseñe cosas nuevas, que utilice videos y que la clase sea más práctica, en donde no se centre sólo en teoría y talleres sino que sea más experimental, el 15% espera que la clase sea más divertida, el 21% desea que el profesor los saque al patio, y el 25% esperan que la profesora haga la clase más creativa.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se presentan los resultados y su análisis del estudio teniendo en cuenta tres momentos del proceso formativo; el primero corresponde a la aplicación del cuestionario inicial, el segundo en la implementación de las diferentes experiencias pedagógicas mediante la secuencia de clase y el tercero la aplicación del cuestionario final.

7.1 DISEÑO Y VALIDACIÓN DEL CUESTIONARIO

Con el objetivo de conocer las concepciones que tienen los estudiantes de grado decimo de la Institución Rodrigo Lara Bonilla, acerca del magnetismo, campo magnético y orientación magnética de los animales se diseñó un cuestionario teniendo en cuenta los temas y objetivos de la investigación, la población de estudio (preconceptos y características) y las finalidades de enseñanza. El cuestionario constó de un total de siete preguntas abiertas en donde tratamos de indagar las concepciones de una manera accesible utilizando un lenguaje cotidiano y llevándolo al diario vivir. (Ver Anexo 1).

Sin embargo, se recurre a la validación de expertos planteada por Hernández, Fernández & Baptista (2005). Para el presente trabajo, el cuestionario fue analizado por dos expertos en enseñanza de la Física y didáctica de las Ciencias Naturales, con amplia trayectoria en docencia e investigación en Educación superior.

Los expertos fueron: 1. Justo Pastor Valcárcel, Universidad Surcolombiana y el profesor Elías Francisco Amórtegui Magister Universidad Surcolombiana.

Con relación a la pregunta 1 *¿A qué se debe que podamos pegar un imán a la puerta de nuestra nevera?* Los expertos consideraron que la pregunta es pertinente, ya que se relaciona lo cotidiano con la teoría.

Con relación a la pregunta 2. *¿Porqué que los imanes se atraen por los polos opuestos y se repelen por los polos iguales?*, el experto uno considera que la pregunta si indaga concepciones y es clara, sin embargo, el experto dos dice que las palabras utilizadas son muy técnicas, y se puede prestar para ambigüedades, por parte de los estudiantes, atendiendo a lo anterior se decide colocar una imagen representando la repulsión y atracción por parte de los imanes y queda finalmente en el cuestionario de la siguiente manera: *Según la imagen explica por qué que los imanes se atraen por los polos opuestos y se repelen por los polos iguales.*

Respecto a la pregunta 3. *Si frota una aguja contra tu cabeza y después la dejas girar libremente sobre un eje. ¿Qué sucede?*, el experto uno considera que indaga concepciones, sin embargo la pregunta es confusa y la redacción no es la indicada ya que en la pregunta es ambiguo el término “contra”, por otro lado, para el experto dos la pregunta es adecuada y tiene un buen lenguaje y redacción. En ese sentido y teniendo en cuenta las observaciones se decide modificar la pregunta en el cuestionario y dejarla de la siguiente manera: *Al frotar una aguja sobre tu cabeza y luego la dejas girar libremente sobre un eje, ¿qué sucede?*

Con relación a la pregunta 4, *Antiguamente no existían brújulas ni celulares, ni mucho menos GPS, ¿cómo consideras que los piratas podían navegar largas distancias en el mar, sin perderse?* los expertos consideran que la pregunta indaga concepciones, además de ser clara, con un lenguaje y redacción apropiados.

Con relación a la pregunta 5 *¿Crees que los animales que recorren largas distancias en sus migraciones, utilicen algún mecanismo para orientarse en su travesía y no extraviarse?*, el experto dos considera que la pregunta indaga concepciones, es clara y tiene lenguaje y redacción adecuados. Sin embargo, el experto uno considera que a pesar de que la pregunta indaga concepciones y presenta un buen lenguaje, le falta claridad en la redacción y recomienda cambiar la pregunta por: *Algunos animales pueden recorrer largas distancias en sus migraciones sin extraviarse. ¿Qué*

mecanismo consideras que utilicen estos animales para orientarse en sus largas travesías y no perderse?

Con relación a la pregunta 6 *¿Cómo consideras que se genera el campo magnético de la Tierra?*, los dos expertos consideran que la pregunta permite indagar concepciones, además de ser clara, y manejar una redacción, lenguaje apropiado.

Respecto a la pregunta 7 *Representa mediante un dibujo lo que es para ti el campo magnético de la Tierra* el experto uno considera la pregunta es clara y pertinente; sin embargo, recomienda tener bien claro cómo y bajo qué criterios se categorizarán las respuestas. A su vez, el experto dos considera que la pregunta si indaga concepciones y es clara.

Finalmente como comentarios generales, el experto uno manifestó: *“El instrumento cumple con el objetivo a desarrollar, es pertinente revisar la redacción del mismo”*. Entre tanto, el experto dos comenta finalmente *"revisar puntuación las preguntas son acertadas y claras y permiten indagar las concepciones.*

7.2. CONCEPCIONES EN EL CUESTIONARIO INICIAL

A continuación se presentan los hallazgos encontrados en la aplicación del cuestionario de ideas previas del proceso formativo de los estudiantes de décimo grado del Colegio Rodrigo Lara (Ver Anexo 1). En primer lugar se muestra las tendencias y posteriormente agregamos algunas evidencias, seguido a esto se realizó un análisis desde la perspectiva de la Didáctica de las Ciencias.

Se identificaron siete subcategorías en la aplicación del cuestionario de ideas previas que corresponden a: *Imán-nevera, Imanes se atraen y se repelen, Aguja, Navegación antigua, Orientación animal, Formación campo magnético.* (Ver Ilustración 1).

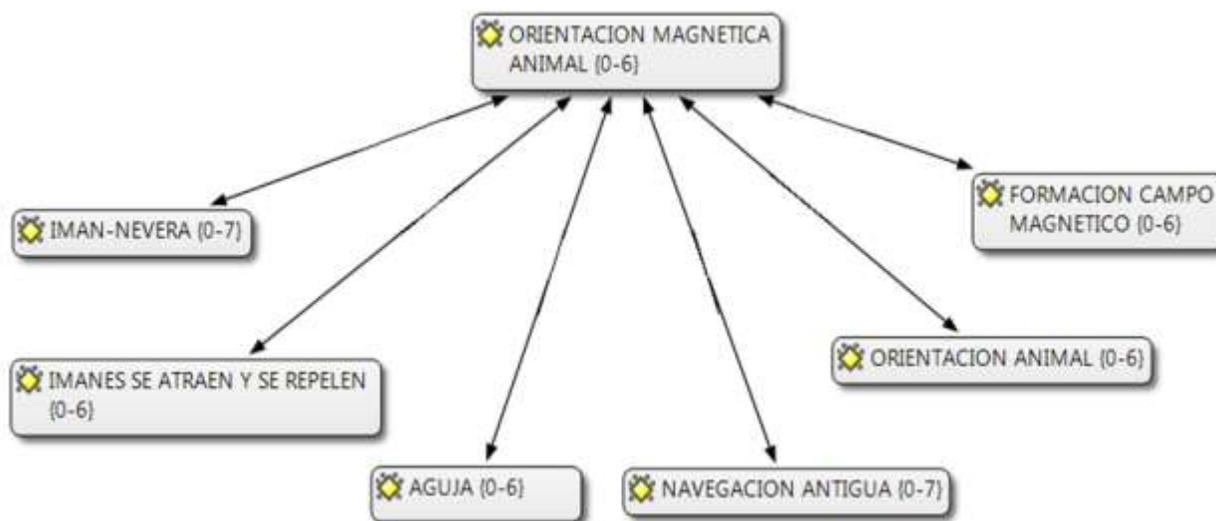


Ilustración 1. Ilustración 1 Subcategorías Orientación animal en el cuestionario inicial con base en el Atlas ti.

En términos generales se identificaron siete grandes subcategorías en el marco del IMAN - NEVERA: *Atracción. Imán - metal, Atracción. Imán - nevera, Nevera de metal, Fuerza de atracción, Adhesivo, Imanes se atraen, Atracción. Imán - Hierro.* (Ver Ilustración 2).

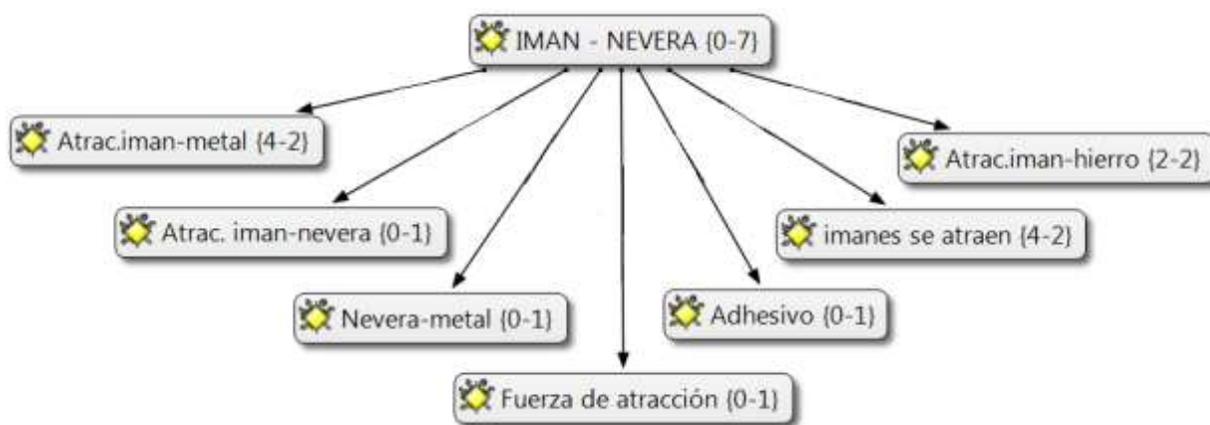


Ilustración 2 Subcategorías del IMAN - NEVERA en el cuestionario inicial con base en el Atlas ti.

- Tendencia **Atracción Imán – Metal**: Inicialmente se evidencia que 5 estudiantes que corresponden al 20%, consideran que un imán se puede pegar a la puerta de una nevera porque la nevera está hecha de metal.

E3.CI.P1. *“El imán se atrae el metal que tiene la nevera”*

E10.CI.P1. *“La nevera tiene metal y atrae al imán”*

- Tendencia **Atracción Imán – Nevera**: Inicialmente se evidencia que 4 estudiantes que corresponden al 16%, consideran que hay un tipo de “fuerza de atracción” entre el imán y la nevera.

E1.CI.P1. *“La nevera tiene un imán, y atrae al otro imán, por eso se pegan”*

E14.CI.P1. *“Fuerza entre el imán y el metal de la nevera”*

- Tendencia **Nevera de metal**: Se evidencia que 5 estudiantes que corresponde al 20%, considera que la puerta de la nevera es de metal por lo tanto el imán se pega a la puerta.

E5.CI.P1. *“La puerta de la nevera está hecha de metal y al poner el imán ahí se queda pegado”*

- Tendencia **Fuerza de atracción**: Se evidencia que 1 estudiante que corresponde al 4%, considera que existen fuerzas de atracción entre el imán y la nevera que los unen.

E22.CI.P1. *“Se puede pegar por las fuerzas de atracción”.*

- Tendencia **Adhesivo**: Se evidencia que 4 estudiantes que corresponde al 16%, considera que el imán tiene una especie de adhesivo que lo une a la puerta de la nevera.

E2.CI.P1. *“Tienen un adhesivo en la parte de atrás por eso se pegan”*

- Tendencia **Imanes se atraen**: Se evidencia que 4 estudiantes que corresponden al 16%, consideran que la nevera también es un imán.

E4.CI.P1. *“Yo pienso que los imanes se atraen”.*

E8.CI.P1. *“Pues creo que los imanes tienen una fuerte atracción”.*

- Tendencia **Atracción Imán – Hierro**: se evidencia que 2 estudiantes que corresponden al 8%, consideran que la nevera está hecha de Hierro y que el imán y este material se atraen.

E16.CI.P1. “Yo creo que el imán atrae al Hierro”.

E18.CI.P1. “La nevera está hecha de Hierro y este a su vez atrae al imán”.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos acerca de las interpretaciones de los estudiantes en fenómenos relacionados con la naturaleza, en este caso el funcionamiento y propiedades de un imán, se logra vislumbrar que la mayoría de los estudiantes posee un conocimiento elemental sobre este tema, atribuyendo la causa del magnetismo a “cualidades” de la propia materia, mostrando dificultades en conceptos fundamentales que le permitan explicar el fenómeno que hace posible la atracción entre imanes.

Atracción repulsión de polos

En términos generales se identificaron cinco grandes subcategorías en el marco de Repulsión

- Atracción polos: *Repulsión de cargas iguales, se complementan, por naturaleza, atracción positivo – positivo, atracción polos opuestos* (ver ilustración 3).

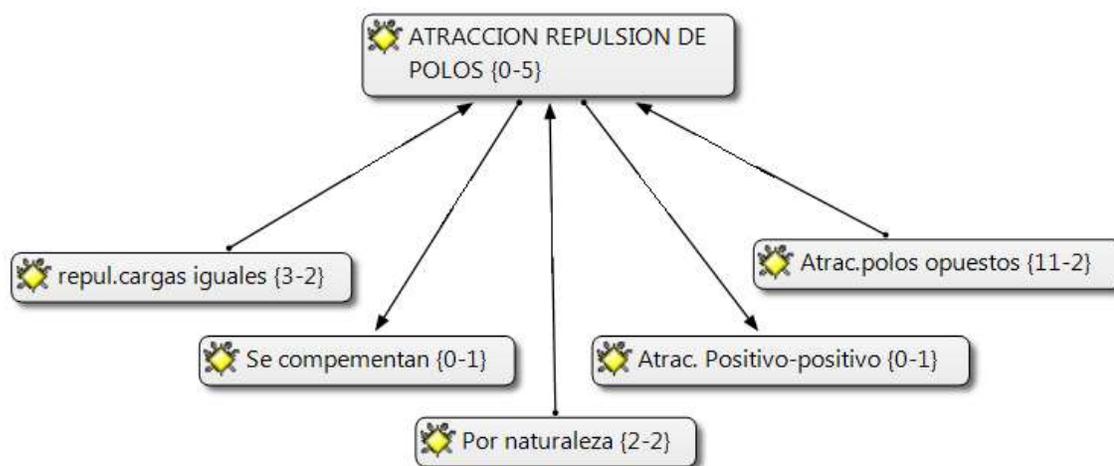


Ilustración 3 Subcategorías de Imanes se atraen y se repelen, en el cuestionario inicial con base en el Atlas ti.

- Tendencia **Repulsión cargas iguales**: Se evidencia que 4 estudiantes que corresponden al 16%, afirman que cuando se ponen en contacto dos polos con cargas iguales, estos se repelen y se anulan.

E1.CI.P1. “Pienso que repelen porque tienen la misma carga”

E5.CI.P1. *“Creo que cuando se pone un lado positivo con otro positivo se anulan”*

- Tendencia **Complementación**: Se evidencia que 6 estudiantes que corresponden al 24%, aseguran que los polos se unen para complementarse.

E12.CI.P2. *“Pienso que entre los dos forman la unidad. Porque lo que le falta al uno le sobra al otro.”*

E24.CI.P2. *“Creo que el imán positivo se complementa con un imán negativo”*

- Tendencia **Por naturaleza**: Se aprecia que 3 que corresponden al 12%, estudiantes afirman que los polos tienen este tipo de comportamiento porque así es la naturaleza.

E15.CI.P2 *“Creo que se comportan así porque así es la naturaleza”*

E20.CI.P2 *“Creo que así es su naturaleza”*

- Tendencia **Atracción polo positivo – positivo**: Se evidencia que 3 estudiantes que corresponden al 12%, afirman que los polos positivos se atraen entre sí.

E9.CI.P2 *“Creo que los imanes positivos se unen con los positivos”.*

E17.CI.P2 *“Creo que el negativo siempre busca lo positivo para completarse”.*

- Tendencia **Atracción polos opuestos**: Se evidencia que 9 que corresponden al 36%, estudiantes manifiestan que los polos opuestos se atraen.

E2.CI.P2 *“Creo que los polos opuestos se atraen”*

E4.CI.P2 *“Pienso que lo negativo con lo positivo siempre se atraen”*

E14.CI.P2 *“Creo que lo positivo siempre busca lo negativo, y lo negativo a lo positivo”*

Estas concepciones manifiestan que los estudiantes presentan un razonamiento artificial de este tema, una minoría de educandos argumentan que la atracción y repulsión entre imanes se basa en la “naturaleza propia”, mientras que otros justificaron este fenómeno de la naturaleza magnética de los imanes se fundamenta a que sus polos poseen cargas de signo opuesto, por otro lado algunos estudiantes afirman lo negativo siempre busca lo positivo para así completarse. Además presentan conceptos equívocos referente a los fenómenos magnéticos, como carga, positivo, negativo.

Aguja

En términos generales se identificaron cuatro grandes tendencias en el marco de imantación aguja: *Se queda quieta, aguja se mueve, Aguja gira, Aguja caliente.* (Ver ilustración 4).

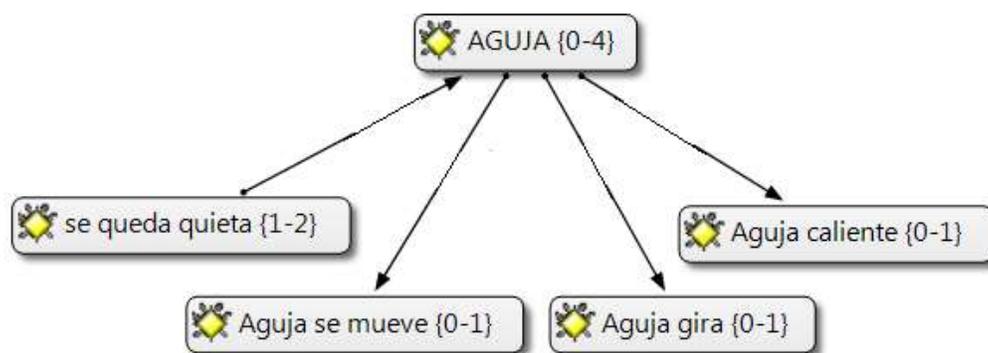


Ilustración 4 Subcategorías de Aguja, en el cuestionario inicial con base en el Atlas ti.

Tendencia **Se queda quieta**: Se evidencia 5 estudiantes que corresponden al 20%, manifiesta que no sabe que pasa al frotar la aguja sobre el cabello y que no pasa nada al dejarla girar sobre su propio eje.

E23.CI.P3 “No sé qué pasa, yo creo que la aguja se quedaba quieta”

- Tendencia **Aguja se mueve**: Se puede evidenciar que 5 estudiantes que corresponden al 20%, afirman que al frotar una aguja sobre la ropa, esta se mueve.

E4.CI.P3 “Creo que la aguja se mueve de un lado a otro”

E25.CI.P3 “La aguja se pone caliente y queda moviéndose”

- Tendencia **Aguja gira**: Se evidencia que 8 estudiantes que corresponden al 32%, afirman que al frotar una aguja sobre el cabello y dejarla girar sobre su propio eje, gira por un tiempo y lo hace en sentido de las manecillas del reloj.

E1.CI.P3 “Creo que la aguja gira en dirección de las manecillas del reloj”

E18.CI.P3 “Creo que la aguja da vueltas”

E21.CI.P3 “Creo que la aguja giraría por un tiempo luego se detendría”

- Tendencia **Aguja caliente**: Se evidencia que 7 estudiantes que corresponden al 28% manifiestan que al frotar la aguja sobre su cabello hay transferencia de calor.

E2.CI.P3 “Supongo que la aguja se pone caliente porque el cabello le transfiere calor”

E3.CI.P3 “Yo creo que el cabello le transfiere calor a la aguja”

Con referencia a las respuestas consignadas por los educandos se logró establecer que los argumentos presentados son muy elementales y bastantes alejados de la realidad, mostrando con esto dificultades conceptuales, esto se debe a que en la asignatura de Física, no se realizan experiencias de laboratorio, para enseñar temas fundamentales como el magnetismo, esta unidad de información muestra una visión reduccionista sobre el papel fundamental del magnetismo sobre ciertos materiales, los educandos presentan un razonamiento artificial.

Navegación antigua

En términos generales se identificaron siete grandes tendencias en el marco de navegación antigua: *Sol Norte – Sur*, *Dios guía*, *Navegaban en la orilla*, *aprovechaban en viento*, *dioses*, *binoculares*, *puesta de Sol* (Ver ilustración 5).

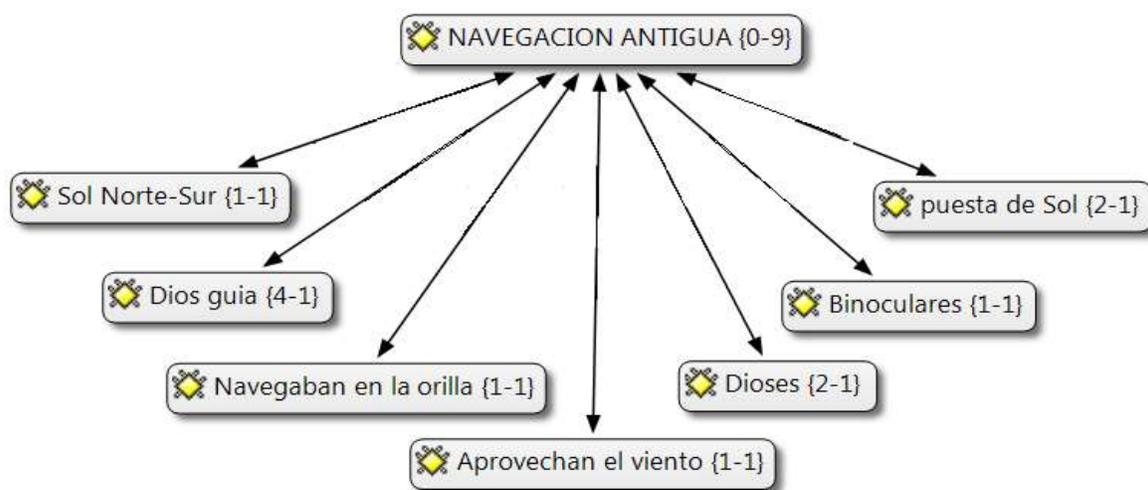


Ilustración 5 Subcategorías de navegación antigua, en el cuestionario inicial con base en el Atlas ti.

Tendencia **Sol Norte – Sur**: Se evidencia que 5 estudiantes que corresponden al 20%, manifiestan que para los antiguos piratas el Sol marcaba el Norte y Sur y de esta manera se ubicaban.

E12.CI.P4 “Creo que los piratas mirando al sol se daban cuenta donde estaba el norte y el sur”

- Tendencia **Dios guía**: Se evidencia que 5 estudiantes que corresponden al 20% de los estudiantes afirman que Dios era quien guiaba a los antiguos piratas.

E1.CI.P4 *“Creo que Dios los guiaba en sus viajes por eso no se perdían.”*

E9.CI.P4 *“Creo que Dios los guiaba y así no se perdían.”*

E14.CI.P4 *“Pienso que Dios los guiaba para que no se fueran a perder”*

- Tendencia **Navegaban en la orilla**: Se evidencia que 3 que corresponde al 12%, manifiesta que antiguamente se navegaba por las orillas del mar.

E22.CI.P4 *“Creo que los piratas no se metían tanto a los adentros del mar, ellos navegan cerca de las orillas”*

- Tendencia **Aprovechan el viento**: Se evidencia que 4 estudiantes que corresponden al 16%, manifiesta que antiguamente los piratas aprovechaban la dirección del viento para orientarse.

E4.CI.P4 *“Creo que ellos sabían dónde quedaba el norte y el sur, por la dirección del viento”*

- Tendencia **Binocular**: Se evidencia que 2 estudiantes que corresponden al 10%, afirman que antiguamente los piratas usaban binoculares.

E2.CI.P4 *“Pienso que los piratas iban mirando por binoculares”*

- Tendencia **Dioses**: Se evidencia que 2 estudiantes que corresponden al 10%, afirman que los dioses eran quienes orientaban antiguamente a los piratas.

E6.CI.P4 *“Creo que ellos le pedían a los dioses que no los dejara perder”*

E25.CI.P4 *“Creo que los Dioses los ayudaban si les obedecían”*

- Tendencia **Puesta de Sol**: Se evidencia que 3 que corresponden al 12%, estudiantes afirman que antiguamente los piratas se ubicaban por la puesta de Sol.

E8.CI.P4 *“Creo que ellos se ubicaban por la puesta del Sol”*

E23.CI.P4 *“Creo que se guiaban por la puesta del Sol”*

Frente a las anteriores respuestas, es válido afirmar que los estudiantes tienen ideas de sentido común respecto a la navegación antigua, algunos argumentan que el Sol demarcaba el Norte y el Sur y que era la fuente más fiable para hacerlo, entre tanto, otros aluden que Dios era la guía en sus travesías, por otro lado, un grupo mínimo de estudiantes aseguró que el viento era forma por la cual se guiaban los piratas, así mismo un número muy pequeño de educandos afirman que para llegar a su destino, los piratas usaban binoculares.

Orientación animal

En términos generales se logró identificar seis grandes tendencias en el marco de navegación antigua: *Dejan huellas*, *recuerdan camino*, *vuelan alto*, *corrientes de aire*, *buenos sentidos*, *inteligentes* (ver ilustración 6).

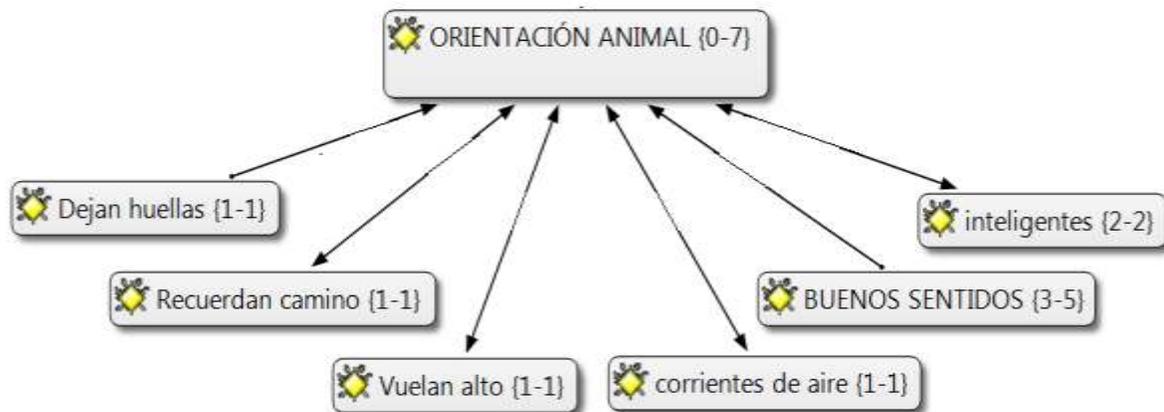


Ilustración 6. Subcategorías de Orientación animal, en el cuestionario inicial con base en el Atlas ti.

- Tendencia **Dejan huellas**: Se evidencia que 4 estudiantes que corresponden al 20%, afirman que los animales dejan huellas durante sus recorridos para orientarse al regresar.

E11.CI.P5 “Creo que los animales van dejando huellas y al regresar olfatean por donde estuvieron y se devuelven”

- Tendencia **Recuerdan el camino**: Se evidencia que 3 estudiantes que corresponden al 12%, afirman que los animales recuerdan el camino que recorren.

E2.CI.P5 “Creo que los animales tienen muy buena memoria y recuerdan el camino”

E5.CI.P5 “Creo que ellos recuerdan el camino”

- Tendencia **Vuelan alto**: Se evidencia que 4 estudiante que corresponde al 16%, afirma que al volar alto los animales pueden ver todo y así ubicarse.

E8.CI.P5 “Creo que ellos pueden volar alto y pueden mirar todo desde arriba”

- Tendencia **Corrientes de aire**: Se evidencia que 4 que corresponde al 16%, estudiante afirma que los animales aprovechan de los vientos para orientarse.

E13.CI.P5 “Creo que las aves aprovechan la dirección de los vientos”

- Tendencia **Buenos sentidos**: Se evidencia que 5 estudiantes que corresponden al 20%, afirman que los animales poseen muy buenos sentidos que les ayudan a no perderse en sus migraciones.

E1.CI.P5 “Creo que los animales tienen un olfato muy desarrollado”

E4.CI.P5 “Pienso que tienen un súper olfato, pueden oler a varios metros de distancia”

E10.CI.P5 “Creo que los animales caminan largas distancias porque tienen sentidos estupendos que le permiten buscar su alimento”

- Tendencia **Inteligente**: Se evidencia que 4 estudiantes que corresponden al 16%, afirman que los animales son muy inteligentes y por eso no se pierden en sus migraciones.

E3.CI.P5 “Creo que los animales son muy inteligentes”

E20.CI.P5 “Creo que los animales no se pierden porque ellos son muy entendidos e inteligentes”.

En la indagación de estas concepciones, se encontró que la mayoría de los estudiantes presentan ideas de “sentido común”, considerando que los animales solo se logran orientar por medio de los sentidos (olfato, visión, oído), una parte importante de los educandos aluden que gracias a la inteligencia que tienen, los animales pueden recorrer largas distancias sin extraviarse, así mismo, algunos atribuyen a que en su recorrido estos amiguitos dejan huella, que a su vez la encuentra de regreso a su hogar, impidiendo su pérdida, en un porcentaje más pequeño identifican como mecanismo de orientación a ciertos factores tales como: recuerdo del camino, vuelo alto, corrientes de aire, es evidente que ninguna de estas respuestas reconocen al campo magnético de la Tierra, como un mecanismo de orientación por parte de los animales.

Formación campo magnético

En términos generales se identificaron cuatro grandes tendencias en el marco generación del campo magnético: *Nunca lo he imaginado, líneas imaginarias, no lo sé, magnetismo*, (ver ilustración 7).

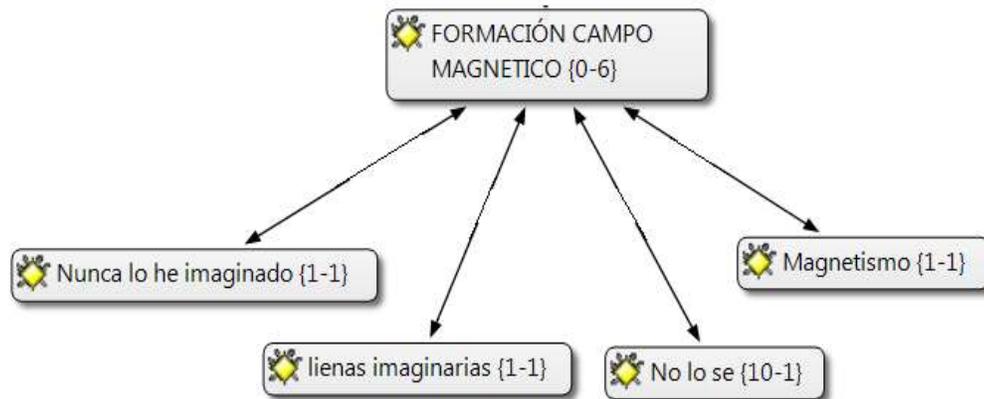


Ilustración 7 Subcategorías de Formación campo magnético, en el cuestionario inicial con base en el Atlas ti.

- Tendencia ***Nunca lo he imaginado***: Se evidencia que 2 estudiantes que corresponden al 8% afirma que los nunca se ha imaginado como se genera el campo magnético y que ni siquiera sabía de su existencia.
E10.CI.P6 “*Nunca me he imaginado como se genera el campo magnético de la Tierra y ni siquiera sabía de su existencia*”.
- Tendencia ***líneas imaginarias***: Aquí 3 estudiante que corresponde al 10%, afirma que el campo magnético de la Tierra es generado por las líneas imaginarias que la rodean.
E23.CI.P6 “*Se crea por las líneas imaginarias que rodean la Tierra.*”
- Tendencia ***No lo sé***: Se evidencia que 16 estudiantes que corresponden al 64%, no tienen ni idea de lo que es el campo magnético y simplemente responden a esta pregunta, no lo sé.
E1.CI.P6 “*No lo sé.*”
E2.CI.P6 “*No lo sé.*”
E4.CI.P6 “*No lo sé.*”
E8.CI.P6 “*No lo sé.*”
- Tendencia ***Magnetismo***: Se evidencia que 7 estudiantes que corresponden al 26%, afirma que no sabe porque se genera el campo magnético pero supone que es por el magnetismo.
E3.C1.P6 “*No sé porque se genera el campo magnético, supongo que por el magnetismo*”.

Con respecto a las anteriores concepciones es válido afirmar que la mayoría de los estudiantes, desconocen la existencia del campo magnético de la Tierra y que éste a su vez no se manifiesta mediante un comportamiento perceptible, así como la fenomenología de esta propiedad (campo magnético) y las implicaciones que éste tiene para la vida. Las ideas que los educandos tienen acerca del tema son erradas y alejadas de la realidad, lo que nos permite identificar que los estudiantes presentan muchos vacíos conceptuales sobre este tema, solo un estudiante logró acercarse un poco a la realidad afirmando que la existencia del campo magnético es debida a que existan líneas de campo.

Las técnicas no deben estar relacionadas solo con conceptos al azar acerca de magnetismo, sino involucrar de manera significativa a los estudiantes en la formulación de preguntas acerca de orientación magnética animal. Los cuestionarios no evidencian los objetivos específicos

7.3 DISEÑO Y APLICACIÓN DE LA UNIDAD DIDÁCTICA

A continuación se presentan los resultados de la estructuración de la unidad didáctica, guías de laboratorio, teniendo en cuenta los contenidos de enseñanza, las finalidades de aprendizaje, las estrategias de enseñanza, la evaluación de los aprendizajes y la secuencia de la misma así como la sistematización de su aplicación, a partir de cada una de las temáticas elaboradas.

Para esto se muestra primero las características de cada temática, luego las principales actividades, estrategias y contenidos de enseñanza y por último las tendencias halladas en cada sesión de clase. Cabe resaltar que antes de aplicar la unidad didáctica, se elaboró la respectiva planificación de clases teniendo en cuenta el formato de práctica pedagógica del Programa de Licenciatura en Ciencias Naturales: Física, Química, Biología (Ver Anexo 3).



Figura 1 Presentación de la Unidad Didáctica a los estudiantes

CONTENIDO



- Historia del campo magnético
- ¿Qué es un imán? ¿Qué es un electroimán?, y su uso.
- Actividad N° 1. Elaboración de un electroimán
- ¿Qué es una brújula, y para que sirve?
- Actividad N° 2. Elaboración de una brújula casera
- Líneas de Campo Magnético
- Actividad N° 3 Visualizar el campo magnético
- Tipos de orientación animal
- Orientación magnética de los animales
- ¿Cuáles son los mecanismos fisiológicos que permiten que los animales detecten el campo magnético?
- Situación problematizadora migración de la mariposa Monarca
- Actividad N° 4 Situación problematizadora migración del Salmón
- Actividad N° 5 Orientación magnética de la Hormiga

Figura 2 Índice temático de la unidad didáctica

Temática 1: Elaboración de un electroimán casero

Los contenidos de enseñanza para esta temática correspondía a un referente histórico de la formación del campo magnético, el concepto de imán, electroimán y sus usos, la finalidad conceptual de esta temática era *“los imanes y su polaridad”*, el objetivo procedimental era *“desarrollar habilidades experimentales en la explicación y demostración de campos magnéticos”* y finalmente el objetivo actitudinal era *“Escuchar activamente a mis compañeros y compañeras, reconocer otros puntos de vista, los comparo con los míos y fomento el debate científico”*.

Anterior a la práctica se aplicó una serie de preguntas previas las cuales eran; ¿Por qué crees que podemos pegar un imán a la puerta de nuestra nevera? ¿Qué crees que es el campo magnético de la Tierra?, Anteriormente no existían, GPS, celulares, ni brújulas ¿cómo crees que los piratas podrían navegar largas distancias en el mar, sin perderse? ¿Crees que los animales que recorren largas distancias en sus migraciones, utilicen algún mecanismo para orientarse en su travesía y no extraviarse?

Esta temática se abordó con un video que trata sobre la formación del campo magnético, y quienes fueron los primeros científicos que descubrieron la existencia del campo magnético de la Tierra, seguido a esto se abarcó el tema de imán, y electroimán en el que al haber un flujo de corriente tiene la capacidad de generar un campo magnético.

Para el desarrollo esta temática, se realizó una actividad procedimental donde los estudiantes elaboraron un electroimán, con materiales facilitados por las profesoras, en donde los estudiantes podían observar cómo se genera un campo magnético a través de un electroimán, seguido a esto los estudiantes debían responder una serie de preguntas, las cuales eran; *¿Qué es un electroimán?, ¿Qué es un campo magnético?, ¿Por qué crees que la limadura de hierro es atraída por la puntilla?, ¿Por qué crees que el alambre debe estar alrededor de la putilla y conectado a la pila?, ¿Bajo qué principio crees que funciona el electroimán?, ¿Qué crees que pasaría si utilizas una pila de*

mayor voltaje? Estas preguntas las resolvieron en grupos de 5 personas, finalizando socializaron sus respuestas con sus compañeros para crear un debate y así generar procesos de socialización y generación de controversia acerca del conocimiento tratado en la clase, para construir concepciones más sólidas. Para esta temática se utilizó una sesión de clase, correspondiente a 2 horas de trabajo presencial (ver figura 20, 21, 22,23, 24, 25, 26,27).

FORMACIÓN DEL CAMPO MAGNÉTICO

- ◉ Video:
- ◉ <https://www.youtube.com/watch?v=wQtOfjwepKo>



Figura 3 Video sobre la formación del campo magnético

MAGNETISMO DE LA TIERRA

El campo magnético terrestre está mayoritariamente producido por las corrientes eléctricas que ocurren en el núcleo externo, de naturaleza líquida, que está compuesto de Hierro fundido altamente conductor.

El campo magnético se genera al formar una línea de corriente una espiral cerrada (Ley de Ampère); un campo magnético variable genera un campo eléctrico (Ley de Faraday); y los campos eléctricos y magnético ejercen una fuerza sobre las cargas que influyen en la corriente (Fuerza de Lorentz).

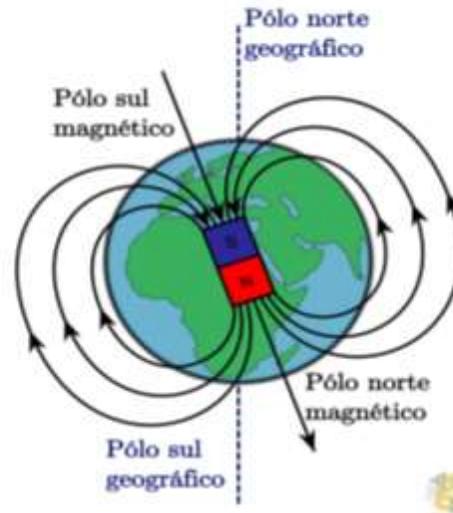
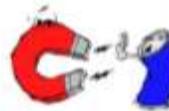


Figura 4 Introducción al tema, Magnetismo de la Tierra.

¿QUÉ ES UN IMÁN?



Un material capaz de producir un campo magnético exterior y atraer el hierro (también puede atraer el cobalto y el níquel), pueden ser naturales, como la magnetita (Fe_3O_4) o artificiales, obtenidos a partir de aleaciones de diferentes metales.

En un imán la capacidad de atracción es mayor en sus extremos o polos. Estos polos se denominan norte y sur, debido a que tienden a orientarse según los polos geográficos de la Tierra, que es un gigantesco imán natural.

La región del espacio donde se pone de manifiesto la acción de un imán se llama campo magnético. Este campo se representa mediante líneas de fuerza, que son unas líneas imaginarias, cerradas, que van del polo norte al polo sur, por fuera del imán.

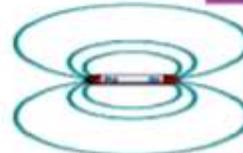
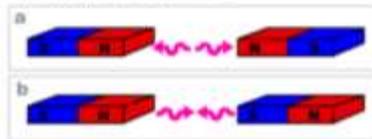
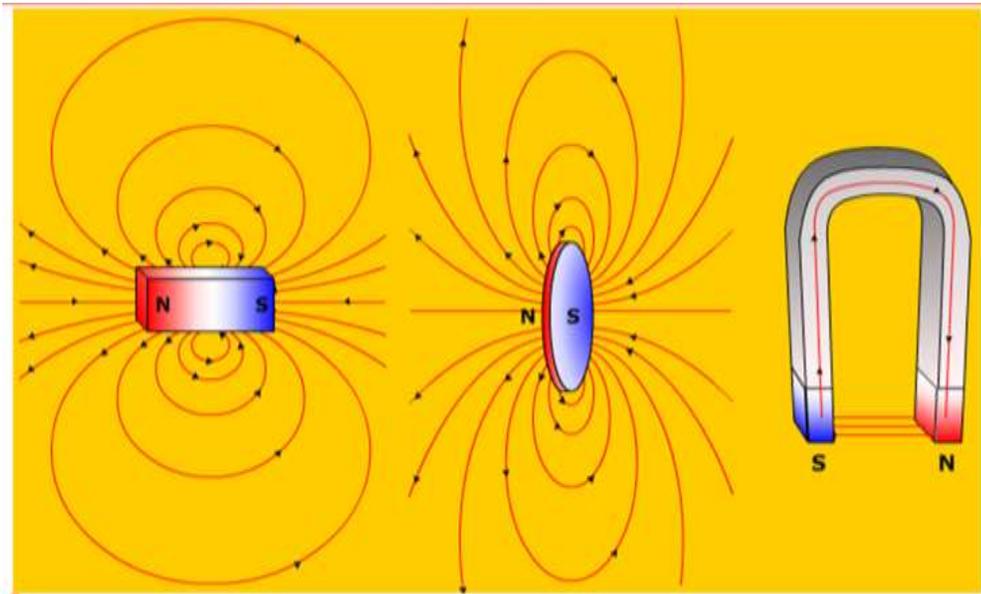
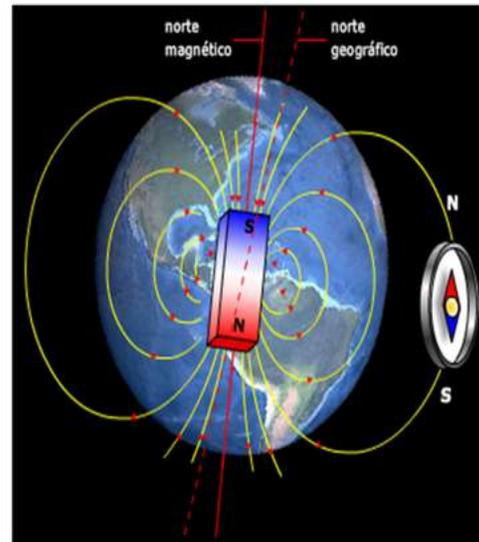
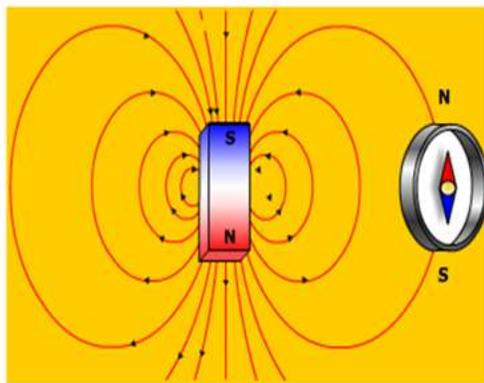


Figura 5 El Imán



Se denomina **campo magnético** a la región del espacio donde se manifiesta la acción del imán. El campo magnético se representa mediante las **líneas de campo**.

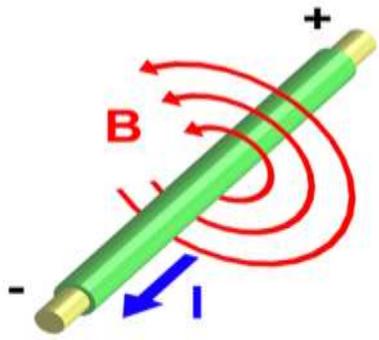
Figura 6 Representación del campo magnético.



Cualquier imán que pueda girar libremente, como la brújula del dibujo, se orientará de modo que un extremo señala hacia el Norte geográfico y el otro hacia el sur. El extremo que señala al norte se denomina **polo norte** del imán mientras que el otro extremo es el **polo sur**.

Figura 7 Similitud campo magnético del imán con el campo magnético de la Tierra.

ELECTROIMÁN



- ◉ Un electroimán es un tipo de imán en el que el campo magnético se produce mediante el flujo de una corriente eléctrica.

Figura 8 Electroimán

ACTIVIDAD N° 1

ELABORACIÓN DE UN ELECTROIMÁN CASERO

Nombres: _____

Componente conceptual

Los imanes y su polaridad.

Componente procedimental

Desarrollar habilidades experimentales en la explicación y demostración de campos magnéticos.

Componente actitudinal

Escuchar activamente a mis compañeros y compañeras, reconocer otros puntos de vista, los comparo con los míos y fomento el debate científico.

MATERIALES

- ⊗ Un clavo de hierro grande (de unas 3 pulgadas o 7 cm)
- ⊗ Un cable o alambre de unos 90 cm
- ⊗ Una pila de 50v
- ⊗ Elementos metálicos pequeños, como clips u otros clavos.



INSTRUCCIONES

1. Enrollar el cable alrededor del clavo en forma de espiral, procurando que no se superponga y dejando unos 2 cm libres en cada extremo del clavo, en cada una de las puntas.

Figura 9 Guía de laboratorio: Elaboración del electroimán casero

2. Quitar aproximadamente 2 cm del recubrimiento plástico del cable en cada extremo y colocar cada uno de éstos en la batería (ten cuidado en este punto, el cable puede calentarse). Listo tu electroimán, ahora puedes atraer materiales ferromagnéticos.

LUEGO DE ELABORAR TU ELECTROIMÁN RESPONDE:

1. ¿Qué es un electroimán?

2. ¿Qué es un campo magnético?

3. ¿Porque crees que los materiales ferromagnéticos son atraídos por la puntilla?

4. ¿Por qué crees que el alambre debe estar alrededor de la puntilla y conectado a la pila?

5. ¿Bajo qué principio crees que funciona el electroimán?

6. ¿Qué crees que pasaría si utilizas una pila de mayor voltaje?

Referencia: <http://educacion.uncoma.com/articulo/como-hacer-un-electro-iman-18979.html>

Figura 10 Guía de laboratorio: Elaboración de electroimán casero.

Temática 2: Elaboración de una brújula casera

Los contenidos de enseñanza para esta temática correspondían la brújula y su funcionamiento basado en el magnetismo terrestre. El objetivo conceptual de esta temática era *“La brújula instrumento para determinar cualquier dirección de la superficie terrestre por medio de una aguja imantada”*, el objetivo procedimental era *“Elaboro mi propia brújula”*, y finalmente el objetivo actitudinal era *“me muestro atento a la adquisición del nuevo conocimiento”*.

Como introducción a la clase se realizó una pequeña reseña histórica de la brújula, explicando cómo al principio los adivinos usaban unas piedras magnetizadas para construir sus tablas adivinatorias y luego de mucho tiempo se dieron hasta cuenta que las piedras apuntaban siempre en la misma dirección, dando lugar a la construcción de las primeras brújulas, esta socialización sirvió como soporte para el desarrollo de la segunda actividad procedimental denominada elaboración de una brújula casera, con esto se pretendía que los estudiantes lograran comprender su funcionamiento, mediante la construcción de su propia brújula, seguido a ello, con base en este trabajo experimental, los estudiante debían responder una serie de preguntas, las cuales eran: ¿Cómo funciona una brújula?, Cuando la brújula apunta hacia el Norte, ¿crees que es hacia el Norte magnético o Norte geográfico? ¿Por qué? Imagina que tu colegio realizó una excursión al desierto de la Tatacoa, y en medio de la caminata te extravías, no tienes ni mapa, ni celular, ni un GPS, ni una brújula. ¿Qué harías para poder orientarte?, luego en mesa redonda crear un debate con las respuestas dadas por cada grupo, de esta forma se genera procesos de socialización acerca del conocimiento científico tratado en clase.

Para llevar a cabo esta temática se utilizaron dos sesiones de clases, correspondiente a 2 horas de trabajo presencial (Ver figura 11, 12, 13,14, 15).



HISTORIA



- ◉ “Cuando Cristóbal Colon cruzó el Atlántico en 1492 en busca de la India, notó que la aguja de la brújula se desviaba ligeramente de la dirección norte indicada por las estrellas y que la desviación cambiaba a medida que se alejaba del continente. Sin embargo no fue hasta alrededor de 100 años después que el médico de la Reina Isabel I de Inglaterra, William Gilbert, logró explicar esta desviación al considerar que la Tierra era un imán gigantesco con sus polos magnético situados a cierta distancia de los polos geográficos (los polos geográficos son los puntos de la superficie terrestre por donde pasa su eje de rotación).
- ◉ De ahí que la brújula apunte siempre directamente al polo magnético, y no al polo geográfico. La diferencia entre la lectura de la brújula y el norte verdadero se llama “declinación magnética”.

Figura 11. Historia de los imanes y surgimiento de la brújula.

LA BRÚJULA



- ◉ Como la Tierra es un imán inmenso, la **brújula** es un instrumento que nos sirve para orientarnos en la Tierra. Indica donde está el norte. Por eso la aguja de una brújula siempre señala el Polo Norte. Haz tu propia brújula y señalará hacia el Norte.

Figura 12 La brújula

ACTIVIDAD N° 2

ELABORACIÓN DE UNA BRÚJULA CASERA

Nombres: _____

Componente conceptual

La brújula instrumento para determinar cualquier dirección de la superficie terrestre por medio de una aguja imantada.

Componente procedimental

Elaboro mi propia brújula

Componente actitudinal

Me muestro atento a la adquisición del nuevo conocimiento.

MATERIALES

1. Un imán de herradura
2. Tres agujas
3. Una pequeña tira de papel
4. Plastilina
5. Cinta adhesiva y tijeras
6. Recipiente de cristal
7. Lápiz



Figura 13 Guía de laboratorio. Elaboración de una Brújula casera.

INSTRUCCIONES

1. Sujetar una aguja por el ojo y frotarla suavemente unas 6 veces con un imán. Luego mueve el imán siempre en la misma dirección.



2. A continuación frota una segunda aguja de la misma forma. Dobra la tira de papel en dos mitades y sujeta las agujas a ella con cinta, como se ve en el dibujo 2. Ambas agujas deben apuntar en la misma dirección.



3. Después empuja una tercera aguja dentro de un pequeño montón de plastilina. Equilibra el papel encima de la aguja para que pueda girar. Marca un extremo del papel con una S y el otro extremo con una N.



4. Lleva la brújula fuera del salón, cuelga el papel con un hilo y ata el hilo a un lápiz y deja que el papel cuelgue dentro de un recipiente de cristal como lo ilustra el dibujo.



DESPUÉS DE ELABORAR TU BRÚJULA RESPONDE:

1. ¿Cómo funciona una brújula?

2. Cuando la brújula apunta hacia el Norte, ¿crees que es hacia el Norte magnético o Norte geográfico? ¿por qué?

Figura 14 Guía de laboratorio: Elaboración de una brújula casera

3. Imagina que tu colegio realizó una excursión al desierto de la Tatacoa, y en medio de la caminata te extravías, no tienes ni mapa, ni celular, ni un GPS, ni una brújula. ¿Qué harías para poder orientarte?

Referencia: <http://comohacer.eu/como-hacer-una-curiosa-brujula>

Figura 15 Guía de laboratorio. Elaboración de una Brújula casera.

Temática 3: Observación de líneas de campo magnético

El contenido de enseñanza para esta temática era visualizar las líneas del campo magnético de la Tierra.

La finalidad conceptual de esta temática era “La Tierra y la formación del campo magnético.”, el objetivo procedimental era *“desarrollar habilidades experimentales en la explicación y demostración de campos magnéticos”* el objetivo actitudinal era *“escuchar activamente a mis compañeros y compañeras, reconocer otros puntos de vista, los comparo con los míos y fomento el debate científicos”*.

Para el desarrollo de esta temática se abordó el tema de las líneas de campo magnético, explicando que estas líneas se extienden a partir de un polo, rodean al imán que es el núcleo de la Tierra y regresan al otro polo, generando el campo magnético, esta temática se desarrolló mediante una actividad procedimental, que consistía en la visualización de las líneas de campo magnético con ayuda de una bola de icopor, limadura de hierro y un imán, los estudiantes fueron los encargados de elaborar este montaje, para empezar partieron el icopor en dos pedazos y en éstas dos mitades le abrieron un orificio allí introducían un imán de un tamaño proporcional a la bola, después de esto unieron las dos mitades de la bola de icopor con el imán adentro, seguido a esto expandían limaduras de Hierro sobre la superficie de la bola de icopor, de esta manera se podía visualizar las líneas de campo. Para finalizar los estudiantes en grupos de trabajo resolvieron una serie de preguntas de acuerdo a lo tratado y hecho en clase, para luego en mesa redonda hacer una retroalimentación docentes – estudiantes del trabajo realizado, esto con el fin de aclarar dudas e inquietudes que surgieron a partir de la experiencia.

Para esta temática se utilizó una sesión de clase, correspondiente a 2 horas de trabajo presencial (ver figura 16, 17, 18. 19).

CÓMO "VER" EL CAMPO MAGNÉTICO

• **Finalidad:**

Representar las líneas de campo magnético generado por distintos imanes.

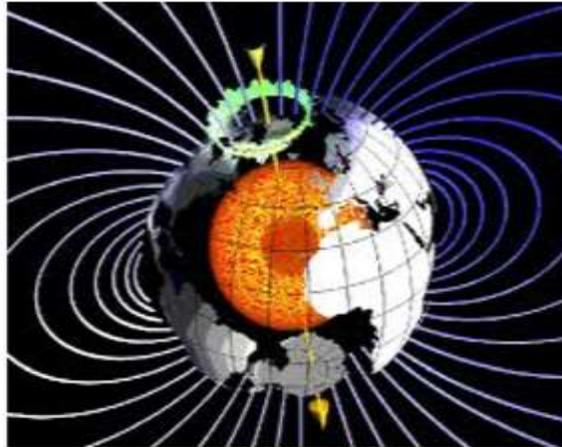


Figura 16 Como ver el campo magnético de la Tierra.

INTRODUCCIÓN

Todos alguna vez hemos experimentado la "misteriosa" fuerza que hace un objeto de metal se atraiga con un objeto elaborado con hierro. Pero, ¿por qué se producen las atracciones y repulsiones?, ¿qué es lo que causa esa misteriosa fuerza?, ¿cómo se produce la interacción? .

Son muchas preguntas que nos hacemos. Sin embargo, existe un modelo sobre los imanes basado en la presencia de un campo magnético que representamos mediante unas líneas que denominamos líneas de fuerza o líneas de campo.

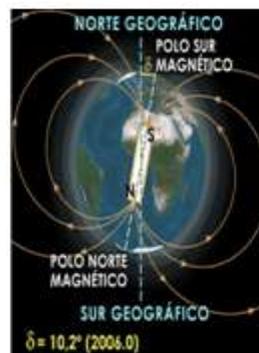


Figura 17 Introducción a la temática 3

Componente conceptual

La Tierra y la formación del campo magnético.

Componente procedimental

Desarrollar habilidades experimentales en la explicación y demostración de campos magnéticos. Elabora

Componente actitudinal

Escuchar activamente a mis compañeros y compañeras, reconocer otros puntos de vista, los comparo con los míos y fomento el debate científicos*.

MATERIALES

1. Limaduras de hierro (o brilladoras de cocina).
2. Imanes
3. Una bola de icopor
4. Un salero para rellenar con las limaduras de Hierro y poder espolvorearlas más fácilmente.
5. Bisturí
6. Tijeras

INSTRUCCIONES

1. Partir la bola de icopor en 2 mitades, abrirle un agujero a cada mitad del tamaño del imán a la bola de icopor con un bisturí.



Figura 18 Guía de laboratorio: Como ver el campo magnético.

2. Incrustar el imán en la bola de Icopor y unir las dos mitades

3. Introducir las limaduras de hierro en el salero

4. Esparcir lentamente las limaduras de hierro sobre la bola de Icopor

5. Observa como las limaduras se van orientando y dibujando las líneas de campo magnético

6. Prueba con distintos tipos de Imanes.



QUE TANTO APRENDISTE...

¿Por qué crees que la limadura se distribuye de esa forma en el Icopor?

¿En qué parte de la bola de Icopor se presenta mayor atracción de limadura? ¿Por qué?

¿Por qué crees que el campo magnético del imán es una representación del campo magnético de la Tierra?

Figura 19 Guía de laboratorio: Como ver el campo magnético.

Temática 4: Mecanismos de orientación animal

Los contenidos de enseñanza de esta unidad temática era el sentido de orientación magnética de algunos animales. El objetivo conceptual era *“El salmón y su migración en el océano a través de miles de kilómetros para encontrar su río de origen, usando el campo magnético de la Tierra.”* El objetivo procedimental era *“Formular preguntas haciendo uso de las habilidades de pensamiento científico sobre la migración del salmón y generar hipótesis sobre las mismas”*. El objetivo actitudinal era *“valorar y apreciar el aprendizaje adquirido dentro del aula y el conocimiento sobre la temática durante el desarrollo de la clase, trabajando en equipo”*.

Como introducción al tema se habló sobre los diferentes mecanismos que usan los animales a la hora de orientarse como por ejemplo: los sentidos quimiosensores, la ecolocación, la brújula solar, la brújula magnética, sentido de ubicación de “mapa” y por último nos centramos en el objeto de estudio de nuestra investigación: la orientación magnética de los animales y cuáles son los mecanismos fisiológicos que permiten que los animales detecten el campo magnético, para entrar en materia se discutió sobre la migración de la mariposa Monarca, quien vuela más de 3 mil kilómetros para migrar y regresar a su lugar de cría, con una precisión sorprendente, volando día y noche, sin importar las condiciones del clima, día nublado, lluvioso, según estudios reciente esta habilidad se le atribuye a su capacidad para poder detectar el campo magnético de la Tierra y así poder orientarse en su travesía.

Seguida de esto, se realizó una actividad, con una situación problematizadora donde los estudiantes observaron un video llamado Naturama, de la serie animada Futurama, el cual trata sobre el sentido de orientación del salmón, a partir de este video, los estudiantes proponían tres preguntas de acuerdo al tema, y generaban hipótesis sobre las mismas. La finalidad de esta temática era que los estudiantes comprendieran que el campo magnético es uno de los mecanismos que usan los animales para orientarse.

Esta actividad se realizó en grupos de 5 estudiantes, donde cada grupo socializaba las preguntas e hipótesis propuesta para esta temática, con el fin de generar una discusión, y así nutrir los conocimientos adquiridos.

Para esta temática se utilizó dos sesiones de clases, correspondiente a dos horas de trabajo presencial (ver figura 20,21.22.23, 24, 25, 26, 27,28).



Figuran 20 Tipos de orientación animal

◉ **Sentidos quimio-sensores**

Los animales han desarrollado unos súper sentidos, que les permiten orientarse como: Sensores infrarrojos, Visión nocturna entre otros.



Foto... desde arriba exactamente?

◉ **Ecolocación:**

Les permite a los animales localizar y discriminar objetos por las ondas acústicas de alta frecuencia de proyección y escuchar ecos, pueden desplazarse por medio de la emisión de sonidos y la interpretación del eco que los objetos a su alrededor producen debido a ellos.

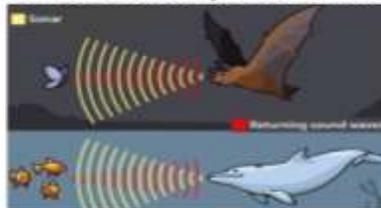


Figura 21 Mecanismo de orientación animal quimio- sensores y Ecolocación.

BRÚJULA SOLAR

- ◉ Numerosos insectos y aves orientan su desplazamiento a partir de la posición del Sol. Dos variables definen la posición del Sol respecto a la Tierra: la altura sobre el horizonte y el azimut. La altura es la componente vertical, nula al amanecer, y máxima al medio día, el azimut la componente horizontal define la posición del Sol proyectada en el horizonte; determina la dirección de la brújula solar.

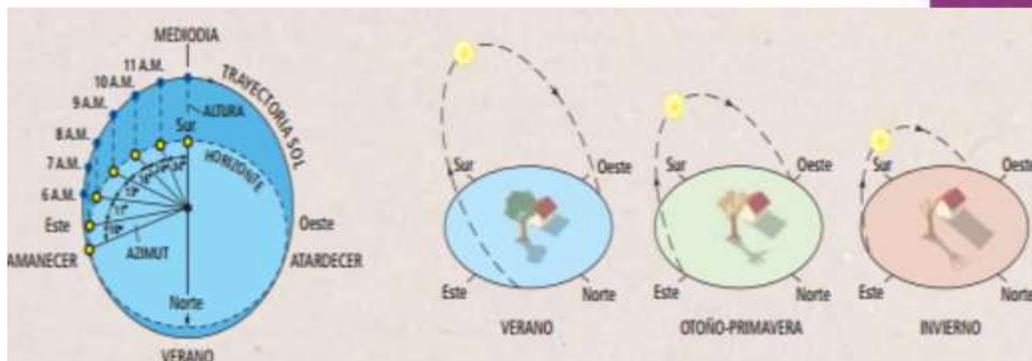


Figura 22 Mecanismo de orientación: Brújula solar

© BRÚJULA MAGNÉTICA



Las aves poseen una brújula magnética que se encuentra en una región del cerebro, denominada 'Clúster N', en el ámbito de los centros visuales. La región de la visión alberga por lo tanto esta brújula, si se desactiva el clúster, las aves no pueden utilizar ya su brújula magnética para orientarse.

© SENTIDO DE UBICACIÓN DE MAPA

Los animales utilizan información cartográfica para orientarse, el animal durante su trayectoria hace una referencia de su posición en su cerebro, lo que es denominado mapa y su sentido de brújula lo orienta en relación con su mapa mental: esto se conoce como navegación con mapa y brújula. En el momento en que el animal hace la construcción del mapa hay diversos factores influyentes como las señales sensitivas, el campo geomagnético y las señales solares.



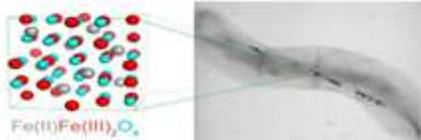
Figura 23 Mecanismo de orientación animal por brújula magnética, Sentido de ubicación Mapa.

¿CUÁLES SON LOS MECANISMOS FISIOLÓGICOS QUE PERMITEN QUE LOS ANIMALES DETECTEN EL CAMPO MAGNÉTICO?

• Se contemplan tres hipótesis:

1. **Reacciones fotoquímicas**, se encuentra en los bastones, que son células de la retina sensibles a la luz, son responsables de la visión macroscópica en presencia de poca luz.

2. **Cristales de magnetita**, (mineral ferromagnético) que están presentes en los animales y actuarían como pequeños imanes que se orientan como la aguja de una brújula. Se comprobó la presencia de estos cristales en bacterias, abejas melíferas, salmones, palomas y otros organismos. Este tipo de “imanes internos” podrían activar neuronas magnetorreceptoras mediante mecanismos aun no esclarecidos.



• 3. **Inducción electromagnética**, que podría ser operativa en los tiburones, jameigos y las rayas, poseen receptores lineales laterales llamados ampollas de Lorenzini, que parecen actuar como electrorreceptores de sensibilidad.

Figura 24 Mecanismos fisiológicos que permiten a los animales detectar el campo magnético.

SITUACIÓN PROBLEMATIZADORA MIGRACIÓN DE LA MARIPOSA MONARCA



La Mariposa monarca es la protagonista de una migración única en el mundo animal, vuelan más de 3 mil kilómetros para migrar y regresar a su lugar de cría y alimentación con una precisión sorprendente, volando día y noche, sin importar las condiciones del clima, día nublado, lluvioso, este proceso migratorio empieza en Agosto con la llegada de la temporada fría en el hemisferio Norte desde Canadá y América del Norte y termina en Noviembre en México, donde pasa el invierno en busca de calor para reproducirse, asegurando su siguiente generación en un clima más cálido y confortable.

Según estudios recientes esta habilidad se le atribuye a su capacidad para poder detectar el campo magnético y así poder orientarse.



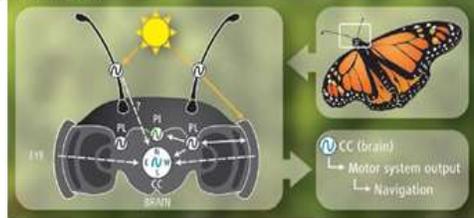
Figura 25 Situación Problematizadora: Migración de la Mariposa Monarca.

Preguntas

1. ¿Cómo logra la mariposa Monarca realizar esta migración sin perderse?
2. ¿Qué estructura de su cuerpo usa para orientarse?

Hipótesis

1. La mariposa monarca posee una especie de reloj interno, así como un 'almanaque' integrado en su cuerpo que le indica la posición del sol en una fecha y hora determinada. Estas mariposas también poseen una brújula, de modo que puede detectar el campo magnético de la Tierra.
2. Tal y como un GPS necesita los satélites, las antenas necesitan la luz solar esto lo podemos comprobar



Las antenas de las mariposas son las que ubican espacialmente a estos animales, pues son las captadoras de las señales olfativas, pueden detectar la dirección del viento, de la luz solar, incluso del sonido. Esto se comprobó en las últimas investigaciones sobre la orientación magnética de la Mariposa Monarca.

Figura 26 Continuación de la situación problematizadora.

SITUACIÓN PROBLEMATIZADORA: ORIENTACIÓN DEL SALMÓN

Nombres: _____

Componente conceptual

El salmón y su migración en el océano a través de miles de kilómetros para encontrar su río de origen, usando el campo magnético de la Tierra.

Componente procedimental

Formular preguntas haciendo uso de las habilidades de pensamiento científico sobre la migración del salmón y generar hipótesis sobre las mismas.

Componente actitudinal

Valorar y apreciar el aprendizaje adquirido dentro del aula y el conocimiento sobre la temática durante el desarrollo de la clase, trabajando en equipo.

• Situación Problematizadora



Luego de ver el video Naturama de Futurajma

<http://naturama.udea.edu.co/p/futurajma-2x13-naturama-especial-cuarentena.html>

Figura 27 Situación Probematizadora: Migración del Salmón.

Temática N° 5 Orientación magnética de la hormiga

Los contenidos de enseñanza para esta unidad temática era el sentido de orientación magnética de la hormiga. El contenido de enseñanza para esta temática correspondía en una actividad procedimental, que consistía en observar como un campo magnético puede influenciar en la orientación de una hormiga. La finalidad conceptual de esta temática era “*El campo magnético y su influencia en la orientación de la hormiga*”, el objetivo procedimental era “desarrollar habilidades experimentales en la explicación y demostración de campos magnéticos” y finalmente el objetivo actitudinal era “*establecer actitudes de interés por el trabajo en equipo*”.

Para el desarrollo de esta temática se tomó como muestra a un grupo de 30 hormigas, se dejaron caminar libremente por una porción suelo delimitada, aproximadamente de dos metros, y en cierto lugar se dejó una porción de azúcar, se observó que las hormigas caminaban en línea recta hacia el alimento. Después de unos minutos se les acercó un imán, logrando con esto perturbar notablemente el sentido de orientación de las hormigas, ya que no caminaban en línea recta, por el contrario mostraron señales de desorientación en el momento de seguir su trayectoria hacia el azúcar, esto deja en evidencia que el campo magnético influye en la orientación de estos animal.

Seguido a esto los estudiantes respondieron una serie de preguntas las cuales eran; ¿Cómo crees que el campo magnético puede interferir en la orientación de un animal? ¿Cuál es el comportamiento de la hormiga cuando acercas el imán? ¿Consideras que el campo magnético del imán afecta de manera significativa la orientación de la hormiga? ¿Por qué?, a partir de esto los estudiantes socializaron las respuestas frente a sus compañeros buscando exponer sus puntos de vista acerca de la importancia de la influencia del campo magnético en la orientación de la hormiga.

Para está temática se utilizó una sesión de clase, correspondiente a dos horas de trabajo presencial (ver figura 29,30).

¿CÓMO EL CAMPO MAGNÉTICO AFECTA LA ORIENTACIÓN DE LA HORMIGA?

Nombres: _____

Componente conceptual

El campo magnético y su influencia en la orientación de la hormiga.

Componente procedimental

Desarrollar habilidades experimentales en la explicación y demostración de campos magnéticos.

Componente actitudinal

Establecer actitudes de interés por el trabajo en equipo.

MATERIALES

12 HORMIGAS

AZÚCAR

IMAN



Figura 29 Guía de salida de campo: ¿Cómo el campo magnético afecta la orientación de la hormiga?

INSTRUCCIONES



1. Toma un poco de azúcar y déjalo sobre el suelo, coloca a un metro de distancia la muestra de las 30 hormigas.
2. Deja caminar a las hormigas libremente por unos minutos en una porción del suelo delimitado.
3. Luego acércale un imán y observa que le sucede a la hormiga y describe lo que sucedió.

DESCRIBE LO QUE OBSERVASTE:

1. ¿Cómo crees que el campo magnético puede interferir en la orientación de un animal?

2. ¿Cuál es el comportamiento de la hormiga cuando acercas el imán?

3. ¿Consideras que el campo magnético del imán afecta de manera significativa la orientación de la hormiga? Porque?

Figura 30 Guía de salida de campo: ¿Cómo el campo magnético afecta la orientación de la hormiga?

7.4 CONCEPCIONES EN EL CUESTIONARIO FINAL

Luego de finalizada la aplicación de la secuencia de clases se volvió a aplicar el cuestionario inicial a los 25 estudiantes, a continuación mostramos los resultados obtenidos a través de éste (Ver Anexo 1).

En términos generales se identificaron seis grandes subcategorías en el marco de la ORIENTACIÓN MAGNÉTICA ANIMAL: *Imán - Nevera*, *Imanes se atraen y se repelen*, *Aguja*, *Navegación antigua*, *Orientación animal*, *Formación campo magnético* (Ver ilustración 8).

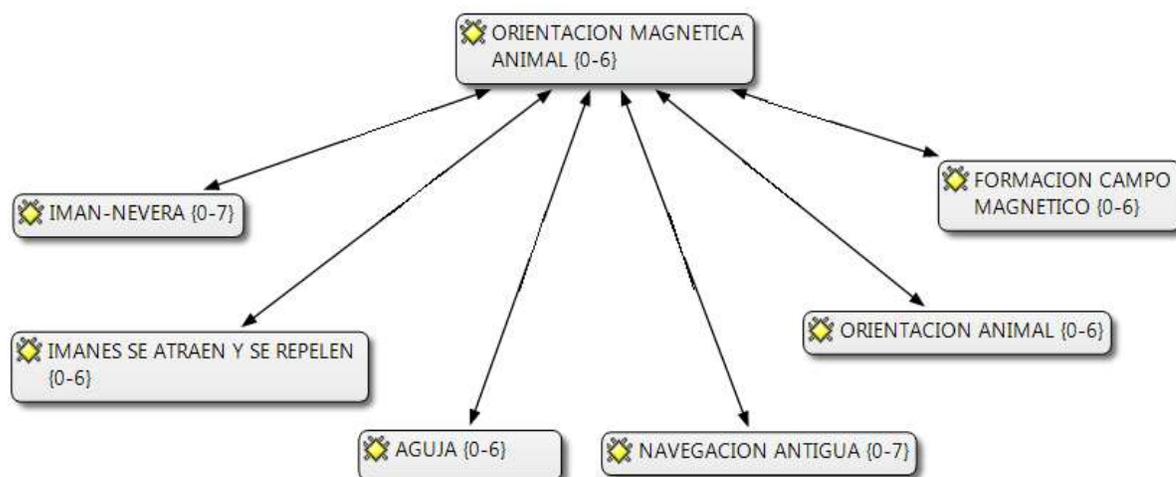


Ilustración 8. Concepciones acerca de las características de la formación del campo magnético y orientación magnética animal en el cuestionario final con base en el Atlas ti.

- Tendencia **Imán – nevera**: Se logró evidenciar 6 grandes tendencias: *Atracción imán – metales*, *Ferromagnético*, *Campo electromagnético*, *campo magnético*, *Hechos de material magnético*, *ley universal* (Ver ilustración 9).

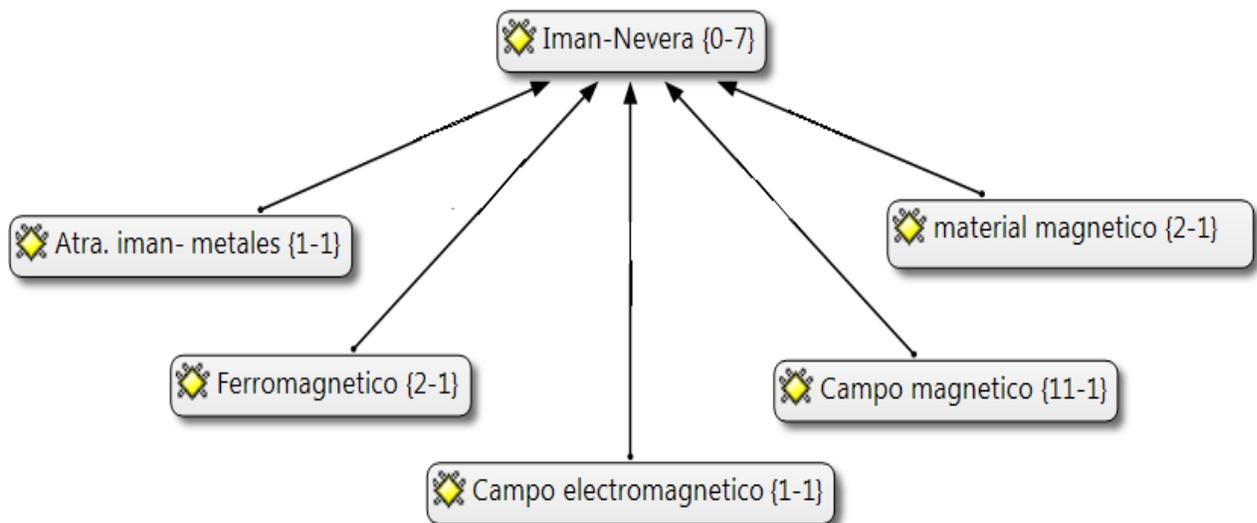


Ilustración 9 Concepciones acerca de porque un imán puede adherirse a una nevera en el cuestionario final con base en el Atlas ti.

- Tendencia **Atracción Imán – Metales**: Aquí 4 estudiantes que corresponden 16%, reconocen que el imán se adhiere a la nevera porque éste se ve atraído por el metal del que está hecha la nevera, aunque no dan una explicación del fenómeno que tiene lugar en esta acción.
CF.P1.E23 “La nevera está hecha de metal y los imanes se pegan al metal.”
CF.P1.E5 “El imán se pega a la nevera porque está hecha de metal”.
- Tendencia **Ferromagnético**: En esta tendencia 2 estudiantes que corresponden al 10%, manifiestan que el imán es un material ferromagnético que atrae metales.
CF.P1.E9 “El imán es un material ferromagnético que atrae metales, por eso se pueden pegar en la nevera”.
CF.P1.E25 “Es un material ferromagnético que tiene la capacidad de atraer metales, por eso se pega a la nevera”
- Tendencia **Campo electromagnético**: Aquí 3 estudiantes que corresponden al 12%, afirman que los imanes crean un campo electromagnético que magnéticamente atractivo al hierro, lo que le da la capacidad de adherirse a la nevera.
CF.P1.E8 “El imán crea un campo electromagnético que es magnéticamente atractivo para el hierro que existe en el metal de la puerta del refrigerador por eso se queda pegado”.

CF.P1.E24 *“Forma un campo electromagnético que atrae el hierro el metal de la puerta de la nevera”*

- Tendencia **Campo magnético**: En esta tendencia 10 estudiantes que corresponden al 40%, manifiestan que en los polos del imán se forman líneas de campo magnético que se pegan al metal.

CF.P1.E2 *“En los polos del imán se forman líneas de campo magnético que se pegan al metal, entonces cuando se pone el imán en la nevera se pega”.*

CF.P1.E3 *“Lo que permite que los imanes se peguen a la nevera es el campo magnético que se genera en el imán que atrae el metal”.*

CF.P1.E17 *“Lo que permite que los imanes se peguen a la nevera es el campo magnético que se genera en el imán que atrae el metal”.*

CF.P1.E18 *“Se puede pegar un imán en la nevera porque el campo magnético que se forma en los polos del imán atrae el metal por eso es que se pega a la nevera”.*

- Tendencia **Hecho de material magnético**: En esta tendencia 3 estudiantes que corresponden al 12%, afirman que el imán está hecho de material magnético lo que le da la cualidad de adherirse a materiales metálicos.

CF.P1.E22 *“Los imanes se pegan a la nevera porque están hechos de materiales magnéticos que se pegan al metal”.*

CF.P1.E13 *“Se pegan a la nevera son materiales magnéticos que atraen los campos magnéticos de los imanes”.*

En cuanto a los hallazgos encontrados consideramos que es positivo, muestran que el conocimiento de los estudiantes mejora con la aplicación de trabajos prácticos y que sus modelos mentales sobre los fenómenos electromagnéticos van evolucionando, siendo cada vez más complejos y acordes con los modelos científicos, están sobrepasando dificultades de aprendizaje de la física que han sido reportada por Guisasola (2003) quien afirma que la mayoría de los estudiantes no presenta un aprendizaje comprensivo de las nociones básicas de la teoría de campo electromagnético.

Según el mismo autor, la investigación sobre las concepciones de los alumnos está centrando su atención en cómo aprende, progresa o cambia el estudiante en dominios específicos de conocimiento. Dicho progreso se evidencia en la incorporación de nuevos conceptos en las explicaciones que ofrecen sobre fenómenos electromagnéticos, esto se vio reflejado en la introducción de nuevos conceptos en su proceso de aprendizaje que al inicio de la aplicación del cuestionario inicial no tomaban en cuenta, para la explicación del comportamiento de un imán, tales como; material ferromagnético, campo magnético, campo electromagnético, entre otros.

Podemos vislumbrar que las estrategias pedagógicas aplicadas para el desarrollo de la secuencia de clase, permitieron evolucionar los modelos de cambio conceptual, procedimental y actitudinal de los estudiantes.

Imanes se atraen y se repelen

En esta subcategoría se logró evidenciar 5 grandes tendencias: Atracción. Líneas de campo magnético: *Repulsión Polos iguales, Ley universal, Repulsión. Líneas de campo, ley atracción y repulsión* (Ver ilustración 10).

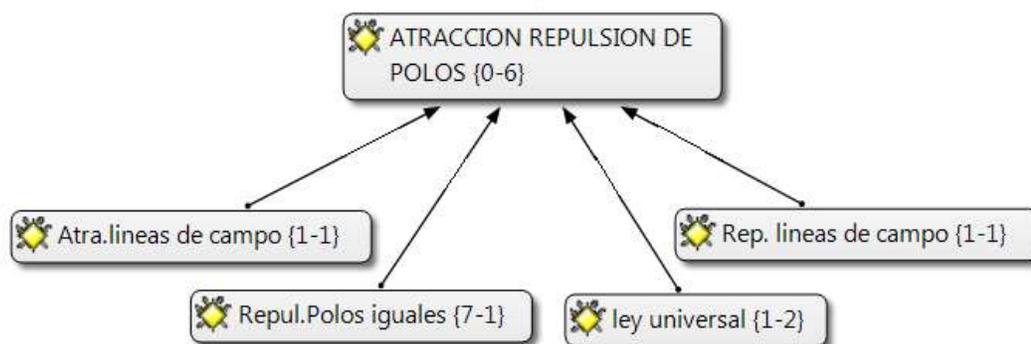


Ilustración 10 Concepciones acerca de porqué los imanes se atraen y se repelen en el cuestionario final con base en el Atlas ti.

- Tendencia ***Atracción Líneas de campo***: Aquí 8 estudiantes que corresponden al 30%, afirman que las líneas de campo magnético de los imanes se atraen cuando tienen polaridades distintas y se repelen cuando tienen polaridades iguales.

CF.P2E19 “Las líneas del campo magnético de dos imanes de polos iguales se repelen y las líneas de campo magnético de dos imanes con polaridad opuesta se atraen.”

CF.P2.E2 “Las líneas del campo magnético de dos imanes de polos iguales se repelen y las líneas de campo magnético de dos imanes con polaridad opuesta se atraen.”

- Tendencia **Repulsión. Polos iguales**: 7 estudiantes que corresponden al 28%, reconocen que los polos iguales se repelen.

CF.P2.E1 “Cuando se acercan dos imanes por los extremos que tienen la misma polaridad es decir norte-norte los campos magnéticos se empujan y no se unen.”

CF.P2 E4 “Cuando se ponen enfrentados dos imanes con la misma polaridad, las dos fuerzas idénticas tienden a repelerse.”

- Tendencia **Ley Universal**: 6 estudiantes que corresponden al 26%, identifican la ley universal de atracción y repulsión explicando que la atracción existe cuando las cargas eléctricas tienen signos o polaridad contraria por ejemplo una carga negativa y otra positiva y repulsión cuando hay signos o polaridad iguales.

CF.P2.E8 “Hay una Ley Universal que dice: Los polos opuestos, se atraen; los polos iguales, se repelen. Un imán SIEMPRE tiene dos polos: uno positivo y otro negativo de allí que, de acuerdo a su colocación, se atraerán o se repelerán.”

CF.P2.E24 “La ley Universal dice que los polos opuestos, se atraen; los polos iguales, se repelen.”

- Tendencia **Repulsión Líneas de campo**: En esta tendencia 4 estudiantes que corresponden al 16%, relaciona la polaridad de las líneas de campo magnético con la atracción entre los imanes.

CF.P2.E19 “Las líneas del campo magnético de dos imanes de polos iguales se repelen y las líneas de campo magnético de dos imanes con polaridad opuesta se atraen.”

Es significativo el resultado arrojado ya que se evidencia que los estudiantes conciben diferentes formas de explicar la atracción y repulsión de los imanes, como lo es la atracción y la repulsión de líneas de campo, repulsión de polos iguales y por la ley universal de atracción y repulsión de cargas, este nuevo cambio conceptual fue posible gracias a los trabajos prácticos aplicados durante la secuencia de clase. Según Rojo (1990) la enseñanza de la física debe ser, hasta donde ello sea posible, activo y experimental. La observación de un fenómeno y su explicación convincente, a partir de

principios o leyes físicas aceptadas, es de mayor valor que rellenar una pizarra con fórmulas, o la cabeza con nombres y frases que poco significan.

Aguja

En esta subcategoría pudimos evidenciar 3 grandes tendencias: *Atraída por el campo*, *Aguja se imanta* y *Alinea al campo magnético*. (Ver ilustración 11)

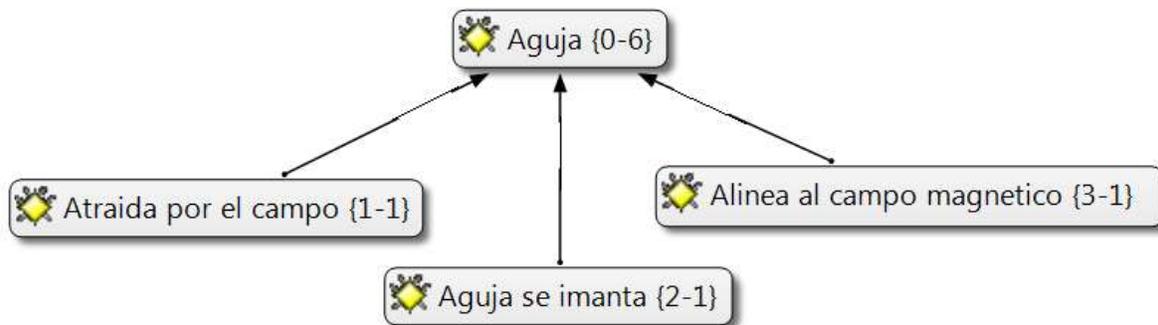


Ilustración 11 Concepciones acerca Aguja en el cuestionario final con base en el Atlas ti.

- **Tendencia Aguja atraída por el campo:** Aquí 6 estudiantes que corresponden al 25%, afirman que la aguja al ser frotada en el cabello es atraída por el campo magnético.
CF.P2.E20 “La aguja se carga de la energía de nuestro cuerpo y si se deja rotar libremente se alinea con el campo magnético de la Tierra.”
CF.P2.E4 “Al dejarla girar libremente esta va a apuntar al campo magnético de la Tierra.”
CF.P2.E7 “Se deja girar libremente va a apuntar al campo magnético de la Tierra.”
- **Tendencia *Aguja se imanta*:** 6 estudiantes que corresponden al 25%, aseguran que la aguja se imanta al ser frotada en el cabello.
CF.P2.E2 “Al frotar la aguja sobre la ropa la aguja se imanta, adquiere la capacidad de atraer metales, y adquiere polaridad.”
CF.P3.E3 “Lo que sucede con la aguja es que se imanta.”
- **Tendencia *Alinea el campo magnético*:** En este 13 estudiante que corresponde al 50%, afirma que la aguja después de ser frotada en el cabello y dejarla rotar libremente se alinea al campo magnético de la Tierra.

CF.P3.E8 “Cuando frotamos una aguja sobre la ropa esta se carga y cuando se deja rotar en su eje la aguja se alinea con el campo magnético de la Tierra.”

CF.P3.E22 “La aguja se carga eléctricamente, cuando se carga entonces puedes ser atraída por los polos magnéticos de la Tierra.”

Es muy favorable encontrar que los estudiantes atribuyan a fenómenos físicos explicaciones aterrizadas y acercadas a la realidad, como se logró evidenciar en las respuestas atribuidas a la pregunta de lo que sucedería al frotar una aguja sobre la cabeza, reconociendo que cuando ésta se deja sobre su propio eje es *atraída por el campo magnético, alinea al campo magnético, la aguja se imanta*. Estas respuestas abren nuevas perspectivas en el entendimiento de los fenómenos que observamos en nuestro diario vivir. Según Rojo (1990) Adquirir un cierto sabor del mundo físico que nos rodea después de todo es lo que queda cuando, por el paso del tiempo se han olvidado fórmulas, diagramas, enunciados etc.

Navegación antigua

En esta subcategoría se evidenciaron 3 grandes tendencias: Dirección del viento, Sol y estrellas, corrientes marinas, dejaban marcas (Ver ilustración 17).

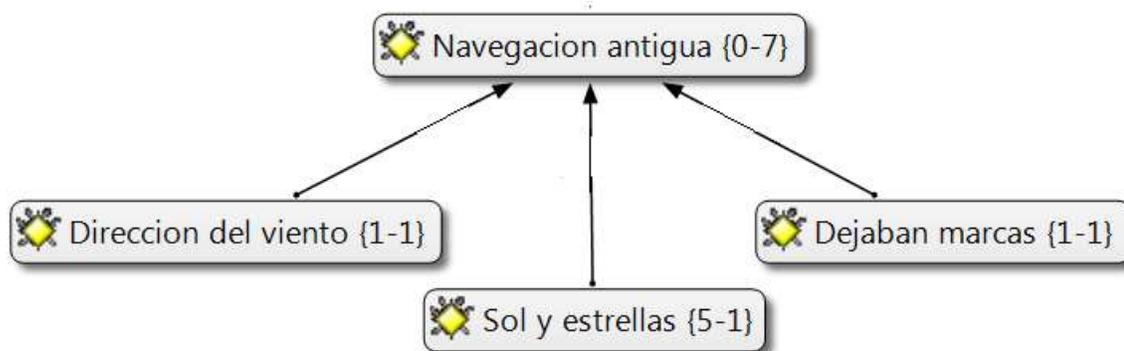


Ilustración 12 Concepciones acerca de Navegación antigua en el cuestionario final con base en el Atlas ti.

- Tendencia ***Dirección del viento***: 4estudiante que corresponde al 16%, afirma que los marinos antiguos tomaban en cuenta la dirección del viento para orientarse al navegar.

CF.P4.E6 “Para poder guiarse tomaban en cuanta la dirección del viento así sabían hacia dónde ir.”

- Tendencia **Sol y estrellas**: 11 estudiantes que corresponden al 44%, afirman que antiguamente los piratas utilizaban el Sol y las estrellas para orientarse.

CF.P4.E1 “*Los antiguos piratas se guiaban por el Sol en el día y por las estrellas en la noche.*”

CF.P4.E3 “*Se orientaban principalmente por el Sol en el día y por las estrellas en la noche principalmente la Estrella.*”

- Tendencia **Dejaban marcas**: 10 estudiantes que corresponden al 40%, afirman que los antiguos navegantes dejaban marcas por donde pasaban para poder regresar por el mismo camino.

CF.P4.E5 “*Las técnicas de navegación marítimas que en ese entonces tenían como lo era el memorizar rutas o tener puntos guía en los recorridos realizados.*”

CF.P4.E10 “*Los marinos antiguos utilizaban mecanismos de orientación basados en las marcaciones de sitios específicos y recordar el recorrido para devolverse por el mismo camino.*”

Estas concepciones nos permite reafirmar que el conocimiento de los estudiantes mejoró con la instrucción y las estrategias pedagógicas puestas en marcha, ya que reforzó las nociones que ellos tenían sobre la navegación antigua, destacando como métodos para lograrlo, el Sol, la Luna, las estrellas, la dirección de los vientos, todas estas fuentes fiables, para que el hombre antiguamente se pudiera orientar y no perder su rumbo, sin ayuda de mapas, brújulas, GPS entre otros, y que al día de hoy pueden ser muy útiles para conocer nuestra ubicación.

Orientación animal

En esta subcategoría se evidenciaron 5 grandes tendencias: *Sol, luna, Orientación brújula, Orientación olfato, Orientación mapa, Órgano de magnetita* (Ver ilustración 13).

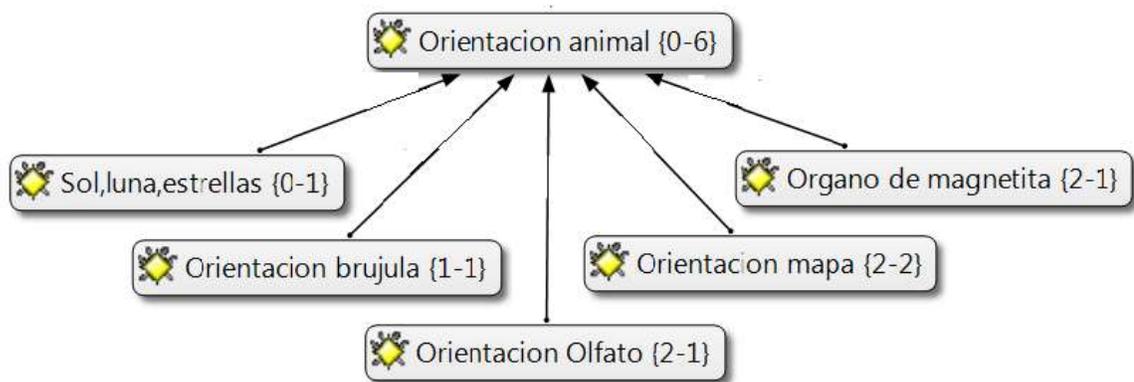


Ilustración 13 Concepciones acerca de Orientación animal en el cuestionario final con base en el Atlas ti.

- Tendencia **Sol, luna, estrellas**: 4 estudiantes que corresponden al 16%, afirman que los animales se orientan utilizando el Sol, la luna y las estrellas.
CF.P5.E4 *“Los animales utilizan las estrellas y el Sol para orientarse.”*
CF.P5.E7 *“Los animales utilizan muchos mecanismos para lograr sus migraciones, como guiarse por el Sol, la luna o las estrellas.”*
- Tendencia **Orientación brújula**: 2 estudiantes que corresponden al 8%, aseguran que los animales poseen un sentido de orientación llamado brújula.
CF.P5.E3 *“Los animales utilizan muchos mecanismos para no perderse en sus migraciones como orientación de brújula”*
CF.P5.E9 *“Utilizan la especie de brújula que tienen para detectar el campo magnético y de esta manera no perderse.”*
- Tendencia **Orientación Olfato**: 4 estudiantes que corresponde al 14%, reconoce que los animales utilizan el olfato para orientarse.
CF.P5.E22 *“Hay animales como el Salmón que orientan utilizando su olfato”*
- Tendencia **Orientación mapa**: 5 estudiantes que corresponden al 20%, afirma que los animales tienen la capacidad de construir mapas mentales para orientarse y no perder su rumbo.
CF.P5.E5 *“Los animales como las palomas utilizan un método de orientación que se llama orientación de mapa”*

- Tendencia **Órgano de magnetita**: 11 estudiantes que corresponden al 42%, afirman que los animales poseen un órgano constituido de magnetita que le permite identificar el campo magnético de la Tierra para orientarse.

CF.P5.E1 *“Tienen un órgano de magnetita que le sirve como brújula y así orientarse usando el campo magnético de la Tierra.”*

CF.P5.E18 *“Aparte de eso tienen un órgano de magnetita que le sirve como brújula y así orientarse usando el campo magnético de la Tierra.”*

Los hallazgos encontrados mostraron un análisis más profundo de los estudiantes acerca de los diferentes mecanismos de orientación por parte de los animales, un ejemplo de ello, es que reconocen que estos seres presentan un órgano constituido de magnetita, lo cual es muy acertado teniendo en cuenta que en palomas, el salmón, entre otros, se ha comprobado la presencia de dichas partículas, así mismo otros enuncian la orientación llamada brújula, y otra llamada mapa, entre tanto algunos coinciden que lo hacen gracias a la ayuda del Sol, la Luna, las estrellas. Esto nos conduce a deducir que los estudiantes ya no solo aceptan la orientación por medio de sus sentidos, sino que existe una gama más amplia de mecanismos de orientación y que varios de los que ellos citaron, es posible gracias a la existencia de campo magnético de la Tierra. Para concluir, teniendo en cuenta lo que afirma Marton (1981) citado por Guisasola (2003), existen diferentes formas en las que las personas perciben y entienden la realidad y cómo cada una de esas estructuras (conceptos y formas de razonamiento asociadas) se pueden considerar categorías de descripción de la realidad.

Formación campo magnético

En esta subcategoría se evidenciaron 5 grandes tendencias: Núcleo de hierro, metales pesados, Tierra imán, movimiento núcleo. (Ver ilustración 14).

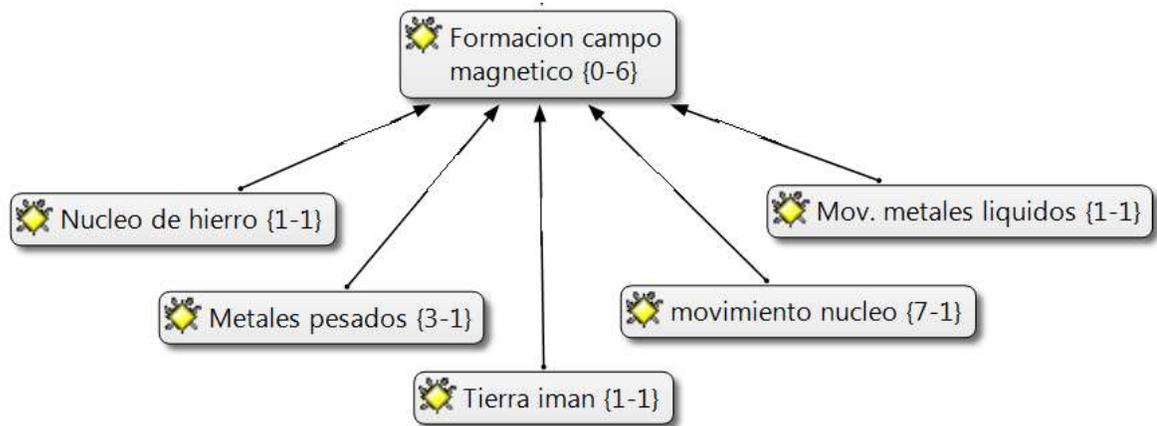


Ilustración 14 Concepciones acerca de formación del campo magnético en el cuestionario final con base en el Atlas ti.

- Tendencia **Núcleo de Hierro**: 5 estudiantes que corresponden al 20%, afirman que el campo magnético de la Tierra se genera en los profundo de la misma en un núcleo compuesto de Hierro.

CF.P6.E6 “Un núcleo de hierro moviéndose bien en lo profundo del planeta es el responsable de inducir el gran campo magnético.”

CF.P6.E21 “El campo magnético de la Tierra se forma cundo la Tierra al girar hace que el núcleo se mueva y como está hecho de hierro se crean las líneas de campo magnético.”

- Tendencia **Tierra imán**: 2 estudiantes que corresponden al 8%, afirma que la Tierra es un imán gigante en el que se generan líneas de campo magnético.

CF.P6.E14 “Tierra se comporta como un imán, lo que hace que se formen líneas de campo magnéticas.”

- Tendencia **Metales pesados**: 7 estudiantes que corresponden al 28%, afirman que el campo magnético de la Tierra se genera por el movimiento de metales pesados que conforman el núcleo.

CF.P6.E15 “El campo magnético se genera desde el núcleo, por la roce de los metales pesados que conforman el núcleo por el movimiento de la Tierra.”

CF.P6.E23 “El núcleo de la Tierra está conformado por metales pesados, el campo magnético se crea por la fricción que la Tierra hace sobre el núcleo con su movimiento normal de rotación.”

- Tendencia **Movimiento núcleo**: 8 estudiantes que corresponden al 32%, afirman que el campo magnético se genera por el por el movimiento del núcleo.

CF.P6.E2 “*El campo magnético de la Tierra se genera por el movimiento de su núcleo.*”

CF.P6.E8 “*Cuando la Tierra hace su movimiento de rotación hace que el núcleo se mueva también y se creen las líneas de campo magnético.*”

CF.P6.E16 “*El campo magnético de la Tierra se forma cuando la Tierra al girar hace que el núcleo se mueva y como está hecho de hierro se crean las líneas de campo magnético.*”

- Tendencia **Movimiento metales líquidos**: 3 estudiantes que corresponden al 12%, aseguran que el campo magnético de la Tierra se genera por el movimiento de metales en estado líquido que conforman el núcleo.

CF.P6.E3 “*El campo magnético terrestre se originó con los movimientos de metales líquidos en el núcleo del planeta.*”

CF.P6.E5 “*El campo magnético es generado por los movimientos de metales líquidos en el núcleo del planeta.*”

Teniendo en cuenta las respuestas de los estudiantes es válido afirmar que identifican variedad de nociones sobre el campo magnético y sus fuentes, de manera general se reconoce que las concepciones de algunos estudiantes se mantuvieron en el proceso formativo, para la gran mayoría hubo un cambio conceptual con algunas modificaciones las cuales están relacionadas con las actividades formativas que se desarrollaron a través de la planificación y desarrollo de la secuencia de clase.

Según Guisasola (2003) es importante que el estudiante tenga una clara concepción de conceptos básicos como campo o fuentes del campo magnético y el modelo unificador de los imanes como fuentes de este, es esencial si se quiere iniciar a los estudiantes en una visión científica de los fenómenos electromagnéticos, para este caso en particular los educandos atribuyen la formación del campo magnético a varios factores como son: el núcleo de la Tierra formado de Hierro, movimiento de metales pesados, la Tierra es un imán, entre otros, esto nos muestra que los estudiantes tienen diferentes formas de ver y representar la misma realidad.

7.5 DESARROLLO DE TEMÁTICAS

A continuación presentamos los hallazgos en la aplicación de los cuestionarios de las actividades del proceso formativo referente a la práctica de elaboración de un electroimán casero (Ver figura 9.10). En primer lugar mostramos las tendencias y posteriormente agregamos algunas evidencias y realizamos un análisis desde la perspectiva de la Didáctica de las Ciencias y sus implicaciones en la enseñanza de conceptos relacionados con el magnetismo y, en concreto, del concepto de campo magnético.

Actividad 1 Electroimán

En términos generales pudimos identificar dos grandes subcategorías en el marco de CAMPO MAGNÉTICO: Formación del campo, leyes y principios (ver ilustración 15).

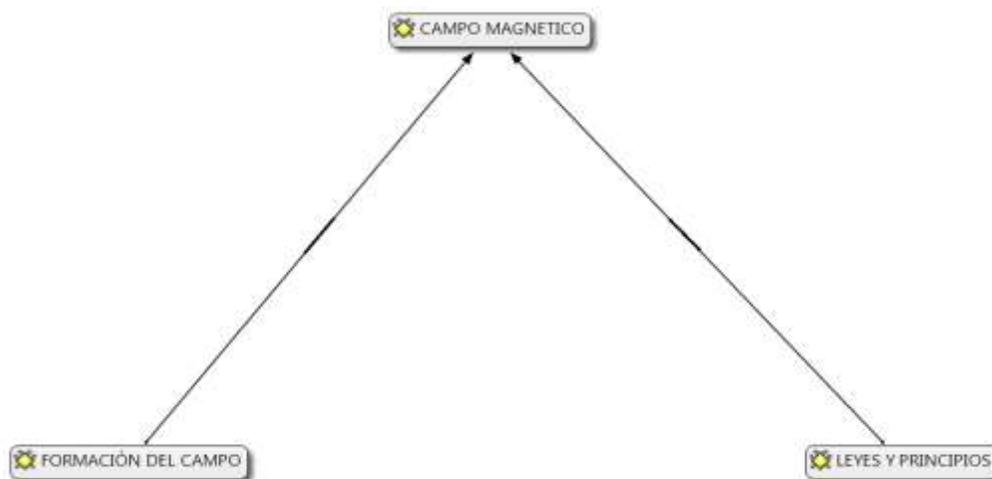


Ilustración 15 Subcategorías del CAMPO MAGNÉTICO en el cuestionario inicial con base en el Atlas ti.

Formación del campo

En esta subcategoría pudimos evidenciar 6 grandes tendencias: *Imantación, intensidad de corriente, líneas imaginarias, magnetización, flujo de corriente, electroimán* (Ver ilustración 16).

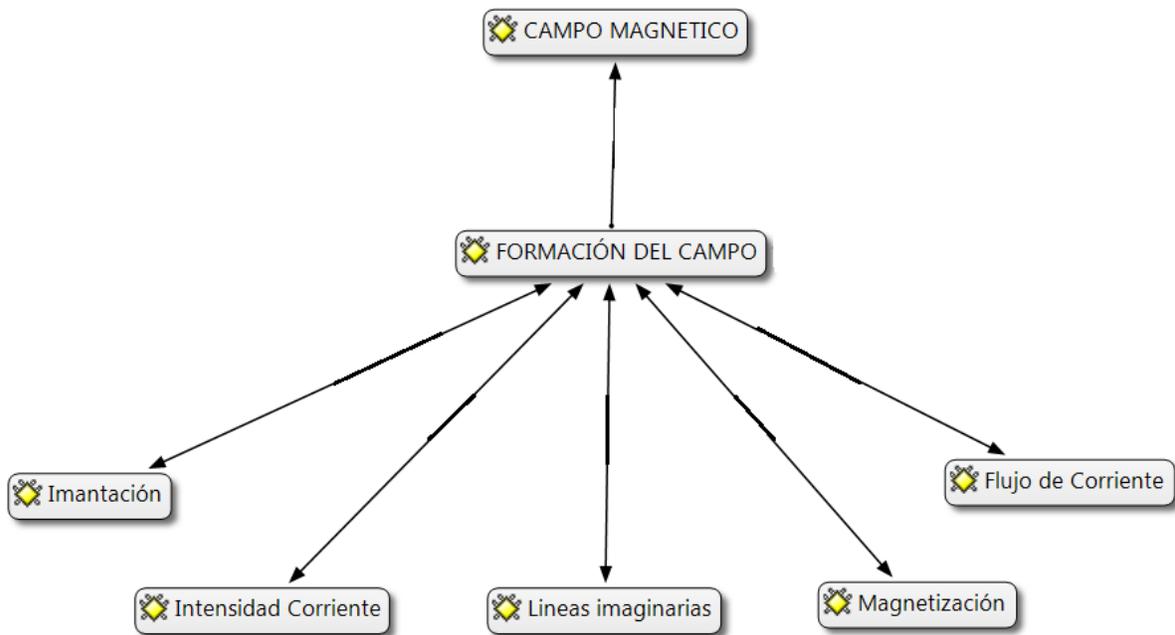


Ilustración 16 Concepciones acerca de características de la formación del campo magnético en el cuestionario inicial con base en el Atlas ti.

- Tendencia **Imantación**: Inicialmente se evidencia que 15 estudiantes (60%) consideran que para que se forme el campo magnético el medio en el que se genera debe estar imantado, pues afirman que se genera solo en objetos que puedan ser magnetizados de los contrario no habría campo magnético.

Algunas de las respuestas obtenidas fueron:

G3.T1.5. *“Para que haya campo magnético se tiene que usar algo que sea de metal, como una puntilla o algo así, no se pueden usar cosas plásticas ni de papel porque no se imantan”.*

G2.T1.8 *“El campo magnético son líneas imaginarias que se forman alrededor de la puntilla imantada”*

G4.T1.5 *“Cuando de pasa corriente por un objeto de metal se imanta y se crea el campo magnético”*



Figura 31 Electroimán construido por los estudiantes

- Tendencia ***Intensidad de corriente***: Inicialmente se evidencia que 10 estudiantes (40%) afirman que dependiendo de la intensidad de la corriente se genera el campo magnético, ya que si la intensidad de la corriente es baja el campo magnético será débil y si la intensidad es alta el campo magnético será fuerte.

Algunas de respuestas obtenidas fueron:

G5.T1.10 *“Si se usa una pila de mayor voltaje, la capacidad de atracción del electroimán sería mayor”.*

G1.T1.20 *“El imán atraería más limadura porque sería más potente ya que pasaría más corriente al cable”.*



Figura 32 Estudiante haciendo uso del electroimán

- Tendencia **líneas imaginarias**: Se evidencia que 5 estudiantes (20%) dicen que son las líneas que le dan la propiedad de magnetismo a los materiales.

G5.T1.12 “Son un conjunto de líneas que se generan alrededor de la puntilla que generan el campo magnético”

G3.T1.15 “Se generan cuando se pasa corriente por un material metálico, para que la puntilla pueda atraer la limadura”

G1.T1.13 “Estas líneas describen el campo magnético que se forma en la puntilla para que la limadura se le pegue”

- Tendencia **Magnetización**: Todos los estudiantes (100%) identifican que la magnetización es una propiedad de los materiales.

G2.T1.25 “Es una propiedad de los materiales metálicos”

G3.T1.18 “la magnetización aparece en los materiales cuando se aplica un campo magnético”

G4.T1.20 “Es una propiedad de los materiales que son conductores o ferromagnéticos”.

- Tendencia **Flujo de corriente**: 15 estudiantes (60%) establecen que flujo eléctrico es una medida del campo magnético y lo relacionan con el experimento hecho por Michael Faraday del campo eléctrico.

G1.T1.3 “El flujo de corriente es cuando pasa corriente por una puntilla, el primero en ver eso fue Faraday para descubrir el campo magnético”

G2.T1.6 “Es una medida del campo magnético”.

Leyes y principios

En esta subcategoría se pueden evidenciar 2 grandes tendencias: *Ley de Faraday* y *regla de la mano derecha* (Ver ilustración 17).

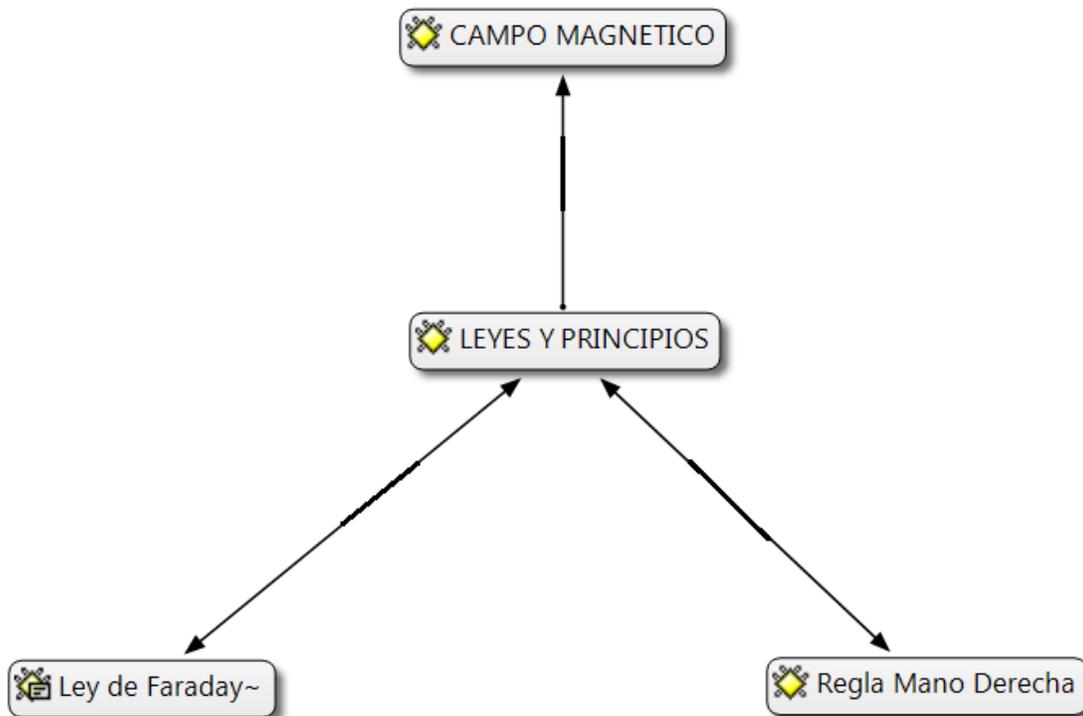


Ilustración 17 Concepciones acerca de las leyes y principios que rigen la formación del campo magnético en el cuestionario inicial con base en el Atlas ti.

- Tendencia **Regla de la mano derecha:** Inicialmente se evidencia que 10 estudiantes (40%) consideran que la formación del campo se funciona por la regla de la mano derecha.

G3.T1.11 “Funciona por el principio de la mano derecha que dice que el campo magnético se crea alrededor de la corriente”

G4.T1.16 “Por la regla de la mano derecha porque las líneas giran alrededor de la corriente y ese es el campo magnético”

- Tendencia **Ley Faraday:** Inicialmente se evidencia que 16 estudiantes (64%) afirman que la formación del campo magnético se explica mediante la Ley de Faraday.

G5.T1.21 “Funciona bajo la Ley de Faraday, que dice que cuando hay corriente se forma un campo magnético”

G1.T1.6 “La ley de Faraday explica cómo funciona el campo magnético que dice que cuando se pasa corriente por un material que sea conductor se forma campo magnético”.

El desarrollo de esta temática permitió que el estudiante se convirtiera en un agente protagonista de su propio aprendizaje, ya que ellos mismos elaboraron su propio electroimán, con esta actividad se fomentó el trabajo en equipo y colaborativo, con el fin de que el estudiante sienta el aprendizaje como algo provechoso, útil y beneficioso a nivel personal y académico.

Esta clase de actividades según Amortegui & Correa (2012) potencia el aprendizaje significativo de los estudiantes, aumenta la capacidad de autonomía y responsabilidad sobre la construcción de su propio conocimiento y posteriormente puede permitir el desarrollo de habilidades de pensamiento científico, lo cual se pudo evidenciar cuando expusieron las propiedades de los electroimanes, permitiendo reconocer que existen leyes y reglas que permiten explicar el funcionamiento de un electroimán, como lo es la ley de Faraday y la regla de la mano derecha, esta última fue más interesante a los estudiantes, por lo que todos hicieron el ejercicio de extender su mano derecha sobre el conductor en forma de que los dedos estirados siguieran la dirección de la corriente, colocando el pulgar en ángulo recto con los demás dedos indicando el sentido de desplazamiento del polo norte de una aguja imantada, esto facilitó el entendimiento de una manera didáctica de dicha regla.

Cabe destacar que cuando los estudiantes conocen las aplicaciones que tienen ciertos objetos en la vida cotidiana, en este caso en particular del electroimán, el aprendizaje es más duradero. Esto abre nuevas perspectivas en el entendimiento de los fenómenos o cosas que observamos a diario, es decir, adquirir un cierto sabor al mundo físico que después de todo lo es lo que queda cuando, por el paso del tiempo, se han olvidado fórmulas diagramas etc., Rojo (1990).

Estas nociones manifiestan que los estudiantes tienen claridad en la concepción de la formación del campo magnético y los principios que explican su funcionamiento. Lo que evidencia que las prácticas experimentales se articulan de manera satisfactoria con la enseñanza teórica, ya que esto consolida de manera significativa los saberes, desde la experiencia personal en función de la observación de la dificultad existente entre los

alumnos, de poder aplicar conceptos teóricos a problemas y ejercicios prácticos desarrollados durante la asignatura de física que una de las que más dificultad evidencia entre la población estudiantil.

Actividad 2 Brújula

Orientación magnética

En esta subcategoría se logró evidenciar 4 grandes tendencias: *Alineación e inversión de polos, dirección Norte, Sur, Núcleo de hierro, Norte magnético*, (Ver ilustración 18).

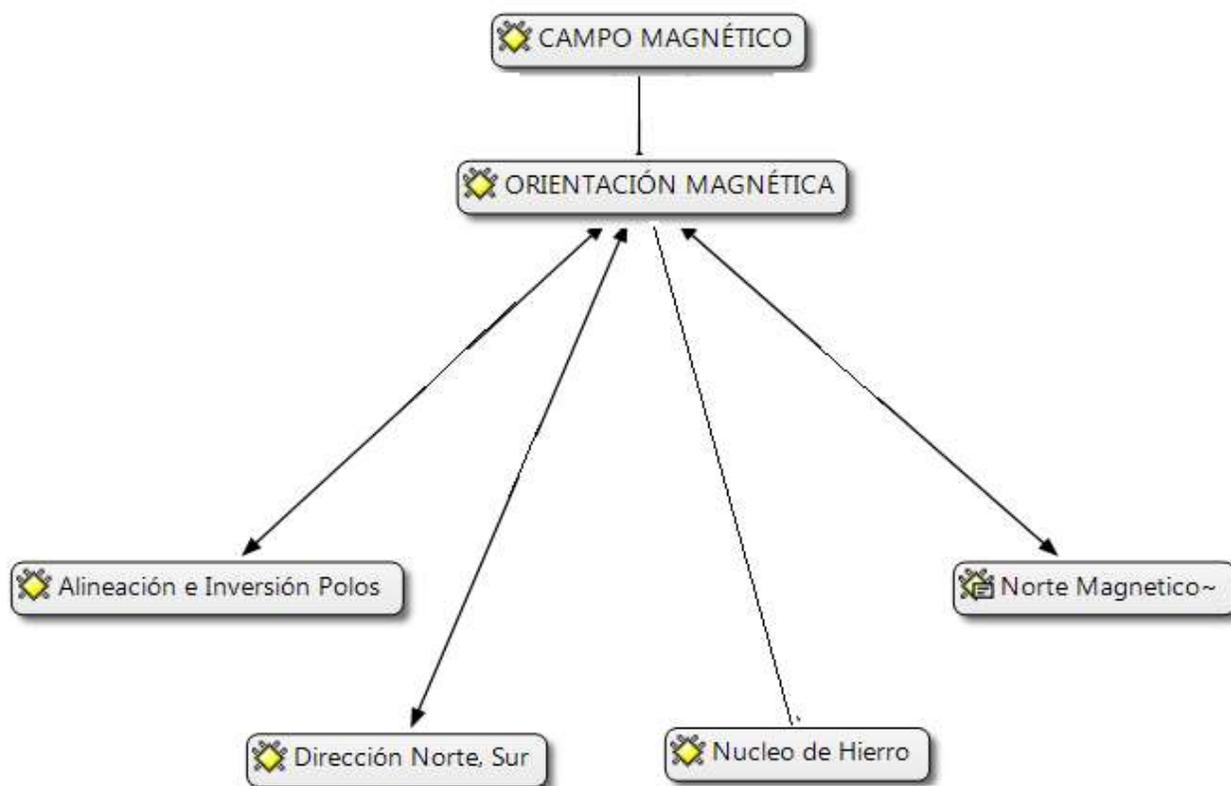


Ilustración 18 Concepciones acerca de la orientación magnética en el cuestionario inicial con base en el Atlas ti.

- Tendencia ***Alineación e inversión de polos***: Inicialmente se evidencia que 5 estudiantes (20%) relacionan la orientación magnética con la alineación de los polos magnéticos y su inversión.

G2.T2.7 *“El Norte magnético de la Tierra está alineado con los polos terrestres y siempre se mueve ligeramente”*

- Tendencia **Dirección Norte Sur**: Se evidencia que 20 estudiantes (80%) de los estudiantes, relacionan la orientación de la brújula con el campo magnético de la Tierra.

G3.T2.14 *“La aguja imantada indica la dirección del campo magnético terrestre, apuntando hacia los polos Norte y Sur”*

G4.T2.17 *“La aguja de la brújula señala el Norte magnético que es ligeramente diferente para cada zona del planeta, y distinto del Norte geográfico”.*

- Tendencia **Núcleo de Hierro**: 15 estudiantes (60%) relacionan la composición del núcleo terrestre con la formación del campo magnético de la Tierra.

G4.T2.23 *“Nuestro planeta tiene un núcleo de hierro que es parte líquido y parte cristal sólido por su presión gravitacional”*

G5.T2.22 *“La rotación de la Tierra hace que el Núcleo se mueva y se forme el campo magnético”*

- Tendencia **Norte magnético**: Los resultados muestran todos los estudiantes (100%) afirman que la brújula siempre se direcciona al Norte magnético.

G1.T2.3 *“La brújula siempre apunta al Norte magnético de la Tierra”*

G2.T2.8 *“Existe un imán gigante dentro de la Tierra que va desde el Polo Norte al Polo Sur. Si la aguja apunta hacia el Polo Norte es porque el imán gigante dentro de la Tierra (magnetismo) tiene su extremo sur (contrario al del imán de la brújula) en el Polo Norte, girando siempre en dirección Norte magnético”.*

G3.T2.15 *“La brújula apunta hacia el norte magnético, ángulos en el terreno con respecto al norte magnético”*

Tipos de orientación

En términos general se identificaron 4 grandes subcategorías en el marco de los diferentes tipos de orientación: puesta de Sol, Constelación de Orión, Orientación por estrellas, Orientación Lunar (ver ilustración 19).

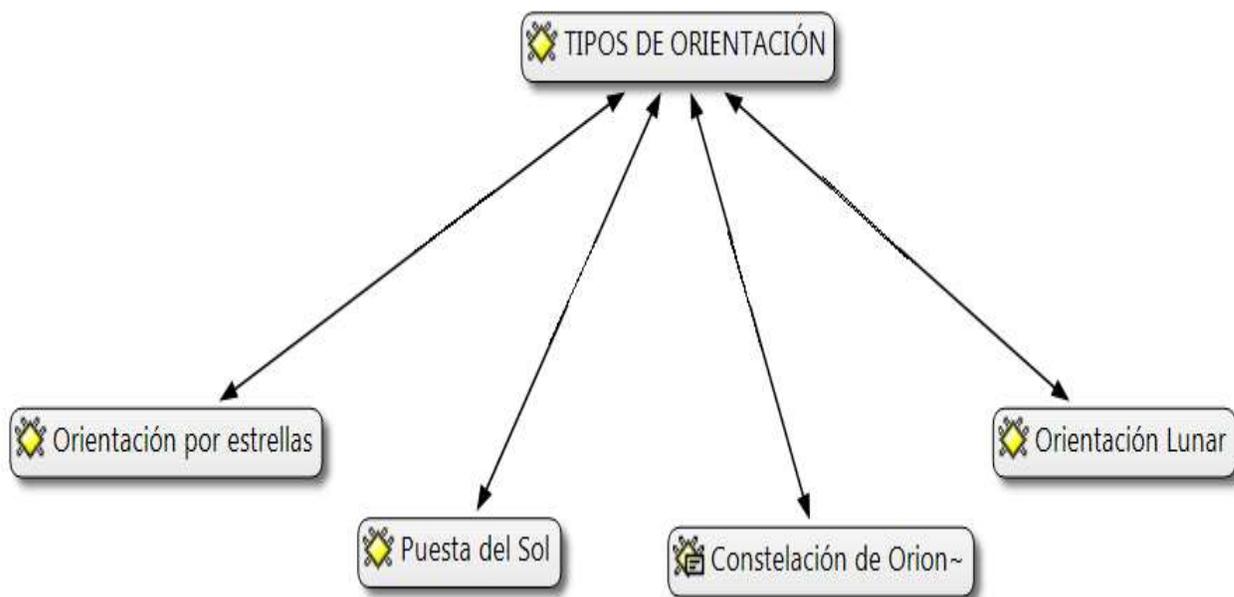


Ilustración 19 Nociones acerca de los diferentes tipos de orientación con base en el Atlas ti.

- Tendencia **Puesta del Sol**: Se evidencia que 5 estudiantes (20%) reconocen que el Sol es utilizado como referente de orientación.
G5.T2.24 *“La salida y la puesta de Sol son una referencia. A todos nos han enseñado que el Sol sale por el este y se pone por el oeste”*
- Tendencia **Constelación de Orión**: Se evidencia que 5 estudiantes (20%) registran que la constelación de Orión es utilizada como referente de orientación.
G3.T2.12 *“Se puede conocer la dirección Norte-Sur ayudándose de la constelación Orión, más concretamente, se puede encontrar el Sur siempre que sea visible completamente esta constelación”.*
- Tendencia **Orientación por estrellas**: Se evidencia que 5 estudiantes (20%) registran que la constelación de Orión es utilizada como referente de orientación.
G2.T2.9 *“Por las estrellas en la noche, si está despejado, guiarse por las estrellas es eficaz y sencillo”.*
- Tendencia **Orientación lunar**: Se evidencia que 5 estudiantes (20%) registran que la constelación de Orión es utilizada como referente de orientación.

G4.T2.19 *“La Luna puede proporcionarnos también una aproximación de los puntos cardinales. Cuando está en creciente, las puntas señalan siempre hacia el este y cuando está en menguante, hacia el oeste”.*

Con respecto a esta temática es válido afirmar que el interés mostrado por los estudiantes el desarrollo de esta temática fue elevado, ya que nuevamente como se logró evidenciar en la temática anterior, el estudiante fue el constructor de su propio conocimiento. La elaboración de trabajos prácticos en esta oportunidad de la brújula, despertó en el estudiante la creatividad, imaginación, e interés de conocer la causa que hace que la aguja de la brújula gire, estas experiencias estimulan parte del cerebro que no es posible hacerlo con la memorización, transcripción, entre otros.

En cuanto a la historia y a la epistemología es importante destacar que esta temática permitió en algunos estudiantes reconocer que los chinos fueron los que inventaron este útil instrumento en el siglo I y luego llevado a Europa por los árabes en el siglo XII creada para orientar a los navegantes que atravesaban el mar.

Se encontró que un grupo minoritario de estudiantes una serie de dificultades con respecto a la dirección que apunta la brújula, ya que ellos aseguran que esta apunta hacia el norte geográfico, y no hacia el norte magnético, ya presentan confusión entre estos dos conceptos, por otro lado para la gran mayoría de los estudiantes lograron relacionar diferentes conceptos con esta temática como por ejemplo enunciando “Las brújulas funcionan detectando los campos magnéticos naturales de la Tierra” o “Los polos magnéticos diferentes se atraen, el N magnético de la brújula es atraído hacia el polo S magnético de La Tierra”. Lo cual según Rojo (1990) al enseñar física no debe perderse de vista que el aprendizaje se estructura, por lo regular en tres niveles o fases: conocimiento y adquisición de los conceptos; análisis de los conceptos y establecimiento de las relaciones de estos conceptos entre sí y con otros no muy distantes; para terminar aplicándolos a situaciones reales. Esta estructuración corresponde a la secuencia clásica del aprendizaje: Conocer, entender y saber.

Actividad 3 Observación líneas de campo Magnético de la Tierra

A continuación se presentan los hallazgos en la aplicación del cuestionario posterior a la actividad **Observación de las líneas de campo Magnético de la Tierra** (Ver figura 18,19). En primer lugar mostramos las tendencias y posteriormente agregamos algunas evidencias y realizamos un análisis desde la perspectiva de la Didáctica de las Ciencias y sus implicaciones en la observación y evidencia del campo magnético de la Tierra.

En términos generales se logró identificar tres grandes subcategorías en el marco de líneas de campo magnético: *Adherencia de polos*, *Representación de líneas de campo*, *Similitud campo Tierra - imán* (ver ilustración 20).

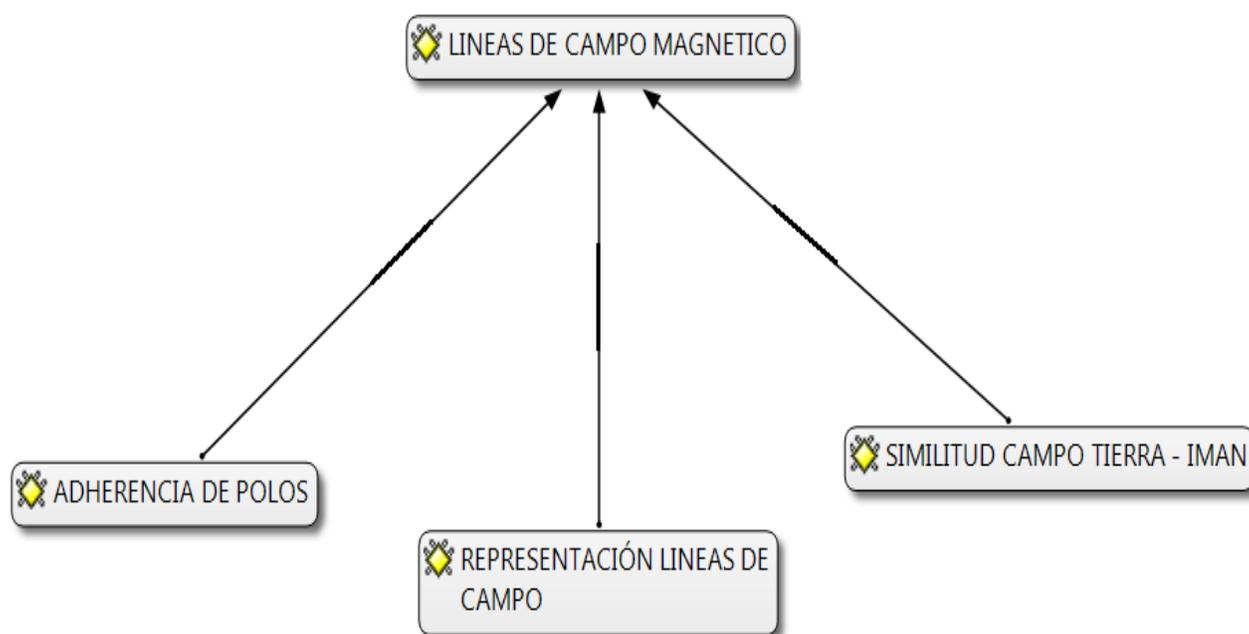


Ilustración 20. Subcategorías de líneas de campo magnético en el cuestionario posterior a la actividad con base en el Atlas ti.

Adherencia de polos

En esta subcategoría pudimos evidenciar 2 tendencias: *Atracción de polos*, *Atracción imán* (Ver ilustración 21).

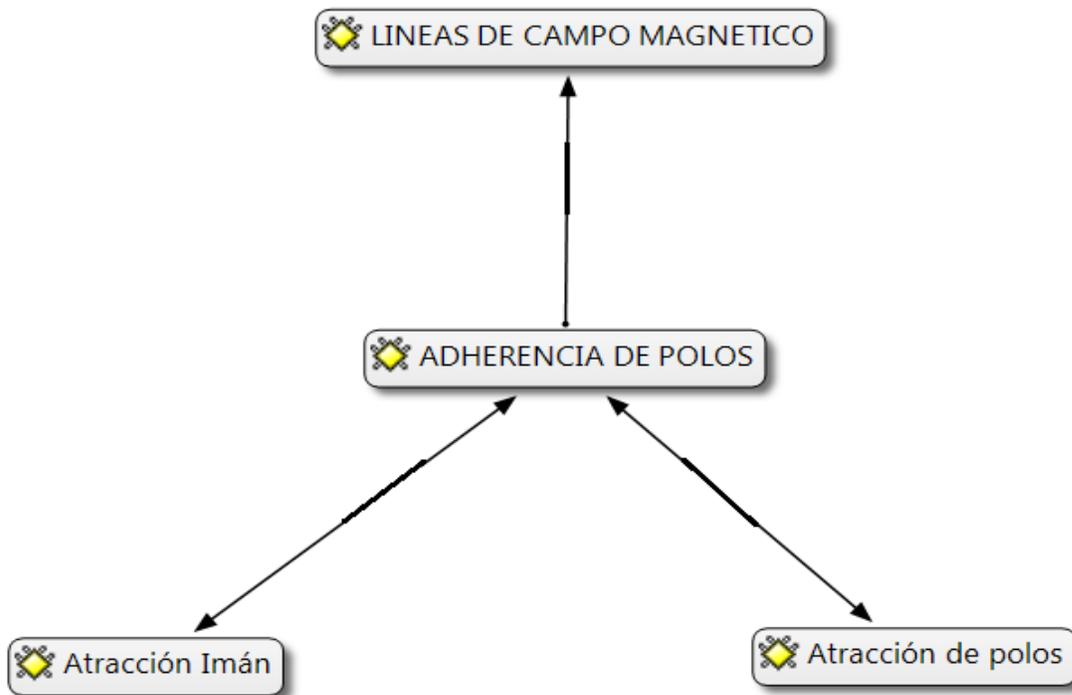


Ilustración 21 Concepciones acerca de las características de líneas de campo magnético en el cuestionario posterior a la practica con base en el Atlas ti.

- Tendencia **Atracción de polos**: Inicialmente se evidencia que 15 estudiantes (60%) relacionan la fuerza de adherencia de los polos con la atracción entre ellos, ya que esto es lo que provoca la formación de las líneas de campo.

G1.T3.5 “Las líneas de campo magnético se generan en los polos por lo que allí se presenta mayor atracción de limadura”.

G2.T3.7 “La mayor atracción se presenta en los polos del imán, por lo la atracción de limadura está en los extremos de la bola de icopor”

G3.T3.13 “las líneas se generan en los polos y es ahí donde hay más atracción de limadura”.

- Tendencia **Atracción del imán**: Inicialmente se evidencia que 10 estudiantes relacionan la adherencia de los polos con Atracción que se genera en los polos del imán.

G4.T3.15 “La limadura se pega más en los extremos de la bola de icopor, porque es donde están los polos del imán por tanto donde hay más atracción”.

G5.T3.24 “El campo magnético generado por un imán, es muy similar al campo magnético de la tierra, pues en los dos casos hay polos y de estos se originan líneas de campo magnético”.



Figura 33 Elaboración de montaje para visualización de líneas de campo

Representación de líneas de campo magnético

En esta subcategoría se pueden evidenciar tres grandes tendencias: Evidencia campo magnético, Formación líneas, líneas campo magnético (ver ilustración 22).

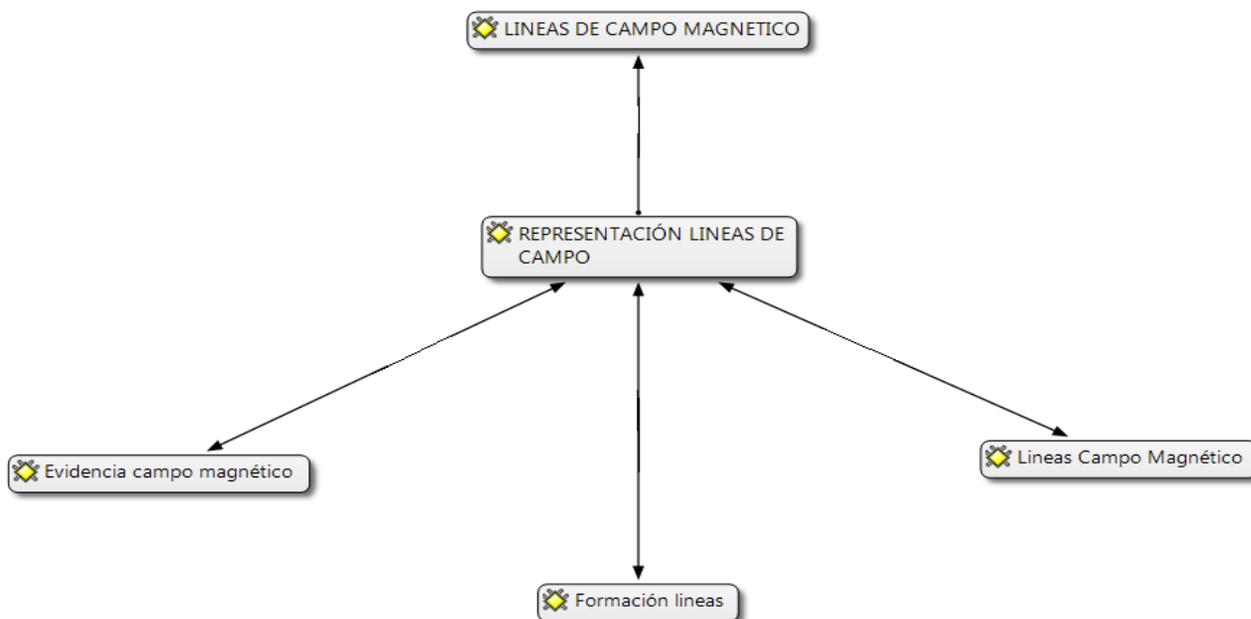


Ilustración 22. Concepciones acerca de las representación de las líneas de campo magnético en el cuestionario posterior a la practica con base en el Atlas ti.

- Tendencia **Evidencia campo magnético**: Inicialmente se evidencia que 5 estudiantes (20%) afirman que las líneas de campo magnético evidencian la formación de un campo magnético.

G1.T3.17 “El imán que esta por dentro de la bola de icopor tiene campo magnético que es donde se pega la limadura que se hace evidente sobre la superficie de la esfera”.

- Tendencia **Formación de líneas**: Inicialmente se evidencia que 15 estudiantes la representación de las líneas de campo con la manera en que se forman.

G2.T3.7 “Limaduras se orientan siguiendo las líneas de fuerza del campo magnético que salen del polo norte del imán y entran por el polo sur”.

G3.T3.17 “La limadura se orientan siguiendo las líneas de fuerza del campo magnético”.



Figura 34 Visualización líneas de campo magnético del imán

- Tendencia **líneas de campo magnético**: 5 estudiantes (20%) afirman que las líneas de campo magnético se forman por la polaridad de los polos del imán.

G4.T3.18 “La limadura se pega por donde pasan las líneas del campo magnético del imán que esta por dentro”.

Respecto a esta temática es importante resaltar que mediante la elaboración de trabajos experimentales, los estudiantes lograron visualizar las líneas de campo magnético, simuladas por un imán introducido en una bola de icopor. La experimentación en el aula permite aumentar el interés de los estudiantes, el conocimiento de conceptos y procedimientos científicos, así como la adquisición de

nuevas competencias que les permitirán alcanzar nuevas concepciones. En este sentido, la experimentación debe ser entendida como una herramienta metodológica que permite mejorar el aprendizaje científico en el aula de clase mediante la observación se logra a poner al estudiante en contacto directo con los objetos y fenómenos naturales, con la finalidad de examinarlos detenidamente, originando en ellos curiosidad para comprender su entorno; y la capacidad de pensar de manera diferente, permite ser capaz de discernir entre los diversos acontecimientos de cada día, lo cual es realmente significativo.

Según Guisanola (2003) No se puede esperar que los estudiantes puedan asimilar todos los contenidos conceptuales si no se tienen en cuenta aspectos procedimentales y ontológicos tales como:

- a- Es ineludible que los estudiantes perciban que los conceptos no se introducen de una manera arbitraria sino que son “invenciones” que se hacen con carácter tentativo y con el propósito de resolver situaciones problemáticas de interés.
- b- No presentar los conocimientos en su estado de elaboración final sino, más bien, realizar un proceso que lleve a construirlo, (como se vino trabajando con los estudiantes en la realización de los trabajos prácticos, donde ellos mismos debían elaborar los montajes para las experiencias).

Elaborar una serie de actividades de manera que los estudiantes tengan la ocasión de utilizar las estrategias del trabajo científico como son: analizar la situación problemática que se presente, concebir hipótesis, diseñar y realizar experimentos. Todas estas estrategias permiten que el estudiante tenga un aprendizaje significativo.

Similitud Tierra – Imán

En esta subcategoría se pueden evidenciar dos grandes tendencias: *Propiedades magnéticas, Tierra - imán* (ver ilustración 23).

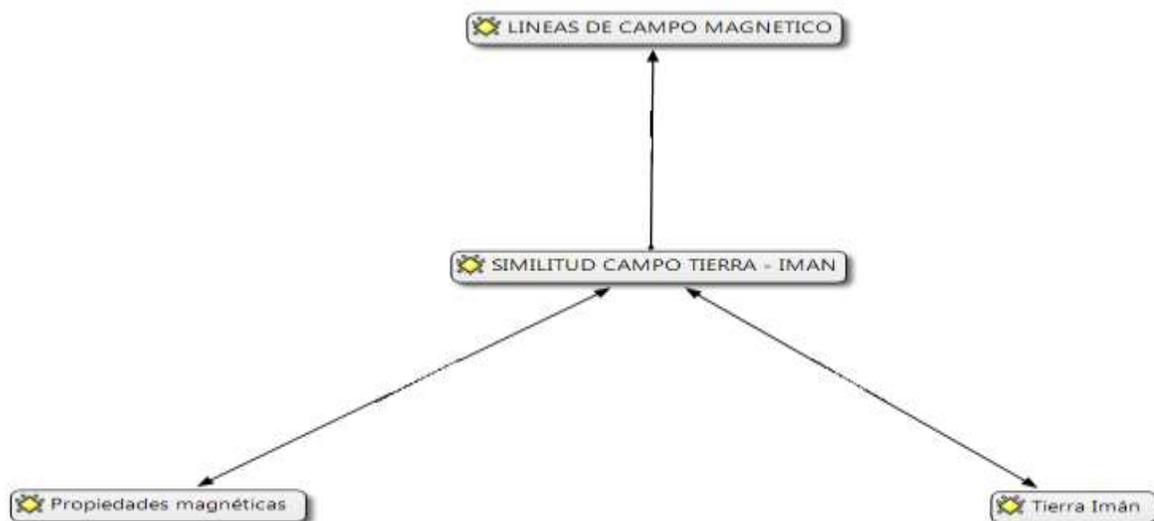


Ilustración 23 Concepciones acerca de las similitudes del campo magnético de la tierra y un campo magnético terrestre con base en el Atlas ti.

Tendencia **Propiedades magnéticas**: Se registra que 10 estudiantes (40%) relacionan las propiedades magnéticas del campo magnético de la Tierra con el campo magnético que se forma en un imán.

G2.T4.16 “El campo magnético generado por un imán, es muy similar al campo magnético de la Terra, pues en los dos casos hay polos y de estos se originan líneas de campo magnético”.

G3.T4.10 “las propiedades magnéticas de un imán son las misma que las de la tierra”.

- Tendencia **Tierra – imán**: Se registra que 10 estudiantes (40%) afirman que la Tierra es un imán gigante.

G5.T4.20 “El campo magnético que es generado por un imán, es el mismo que el que existe en la tierra, generando también sus líneas de campo magnético en los polos”.

G3.T4.22 “El campo magnético generado por un imán, es muy similar al campo magnético de la tierra”.

En el momento que los estudiantes tuvieron que aplicar sus conocimientos para explicar porque el campo magnético formado por el imán es una representación del campo magnético de la Tierra, se obtuvieron una diversos argumentos que coinciden en considerar que esta sí es una representación muy clara porque la Tierra es un imán

gigante, por lo tanto su campo magnético es muy parecido al que se forma en un imán o “Las propiedades magnéticas de un imán son las mismas que las de la Tierra”. Lo cual nos demuestra que la Teoría asociada con la práctica hace que el aprendizaje se torne más comprensible y más interesante para el educando.

Actividad 4 Situación problematizadora futurama

A continuación se presentan los hallazgos en la aplicación del cuestionario de la situación problematizadora titulada *Futurama* (Ver figura 27,28). En primer lugar se muestran las tendencias y posteriormente agregando algunas evidencias y realizamos un análisis desde la perspectiva de la Didáctica de las Ciencias y sus implicaciones en la observación y evidencia del campo magnético de la Tierra.

En términos generales pudimos identificar dos grandes subcategorías en el marco de la orientación animal: *Orientación del Salmón*, *Tipos de orientación* (ver ilustración 24).

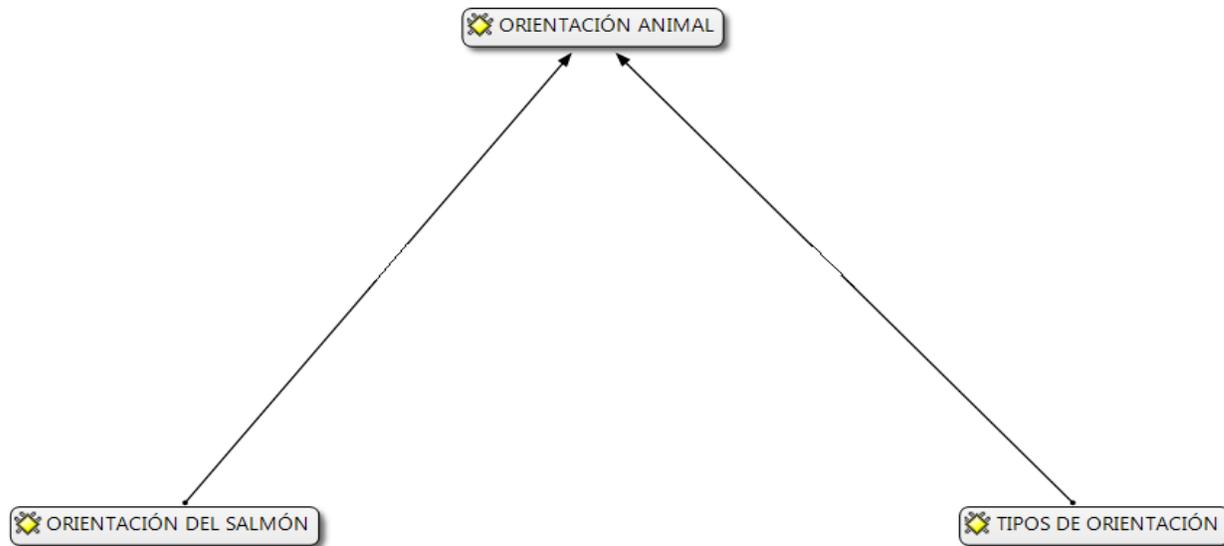


Ilustración 24 concepciones acerca de la orientación animal con base en el Atlas ti.

Orientación animal

En esta subcategoría pudimos evidenciar 5 grandes tendencias: Memoria Salmón, Teoría brújula Salmón, Migración Salmon, Coordinación química magnética, Ciclo biológico (Ver ilustración 25).

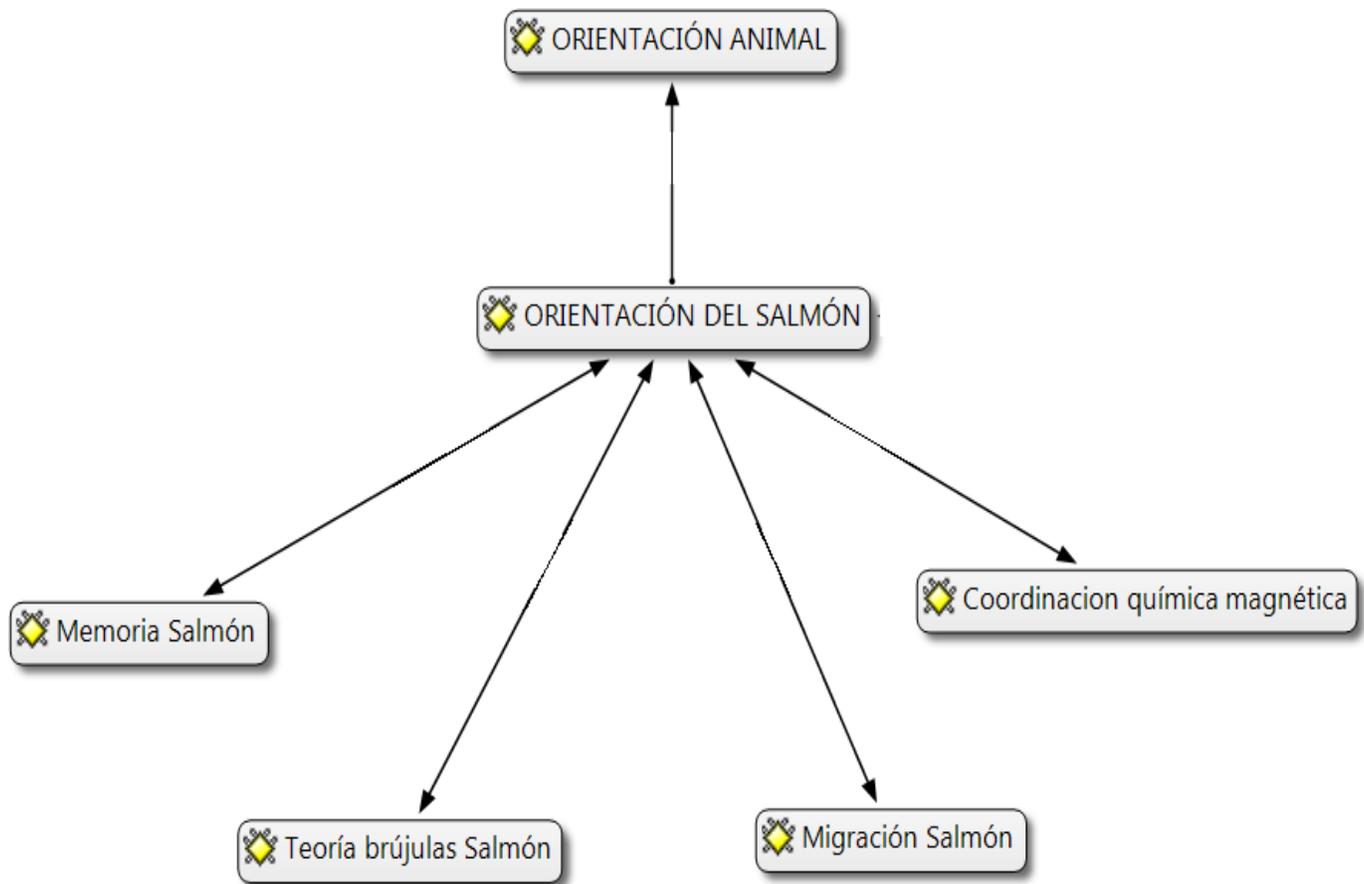


Ilustración 25 Concepciones acerca de los diferentes tipos de orientación del Salmón con base en el Atlas ti.

- Tendencia **Memoria del Salmón**: Se registró que 10 estudiantes (40%) relacionan la capacidad de memoria del Salmón con su sentido de orientación.
G1.T5.1 *“Los salmones son capaces de leer el campo magnético de su área natal y guardar un recuerdo indeleble del mismo”.*
G2.T5.7 *“Cuando son jóvenes, los salmones aprenden y recuerdan el sello magnético de su río natal”.*
- Tendencia **Teoría brújula Salmón**: Se registró que 5 estudiantes (20%) afirman que el Salmón se puede orientar por una especie de “brújula” que funciona siguiendo la orientación del campo magnético de la Tierra.
G2.T5.22 *“Haciendo girar un campo magnético mayor alrededor de los tejidos hacia que sólo las células magnéticas girasen sincrónicamente”.*
- Tendencia **Migración del Salmón**: Se evidencia que 20 estudiantes (80%) describen la migración del Salmón y la relacionan con el campo magnético de la Tierra.:

G1.T5.3 *“Cuando tienen que volver para desovar, buscan ese mismo sello. El campo magnético de la Tierra es su guía”.*

G2.T5.8 *“Los salmones son anádromos migran al océano y vuelven a las aguas dulces para procrear”.*

G3.T5.13 *“Nacen en aguas dulces, migran al océano y vuelven al agua dulce para procrear”.*

G4.T5.21 *“remontando las aguas hasta las zonas de puesta, para desovar, y entonces las crías emigran de las corrientes de agua dulce al mar una vez que alcanzan la madurez”.*

- Tendencia **Coordinación química:** Inicialmente se registra que 5 estudiantes relacionan la información química que recolecta un animal con su orientación magnética y demás mecanismos para orientarse de la mejor manera.

G3.T5.14 *“El pez coordina la información química, magnética y de otra naturaleza, lo que hace que el pez pueda navegar con éxito a su destino”.*

Tipos de orientación

En esta subcategoría se encuentran 6 tendencias: Ubicación brújula, Orientación olfato, Sentido magnético, brújula interna, orientación estrellas, campo magnético y mapa magnético (ver ilustración 26).

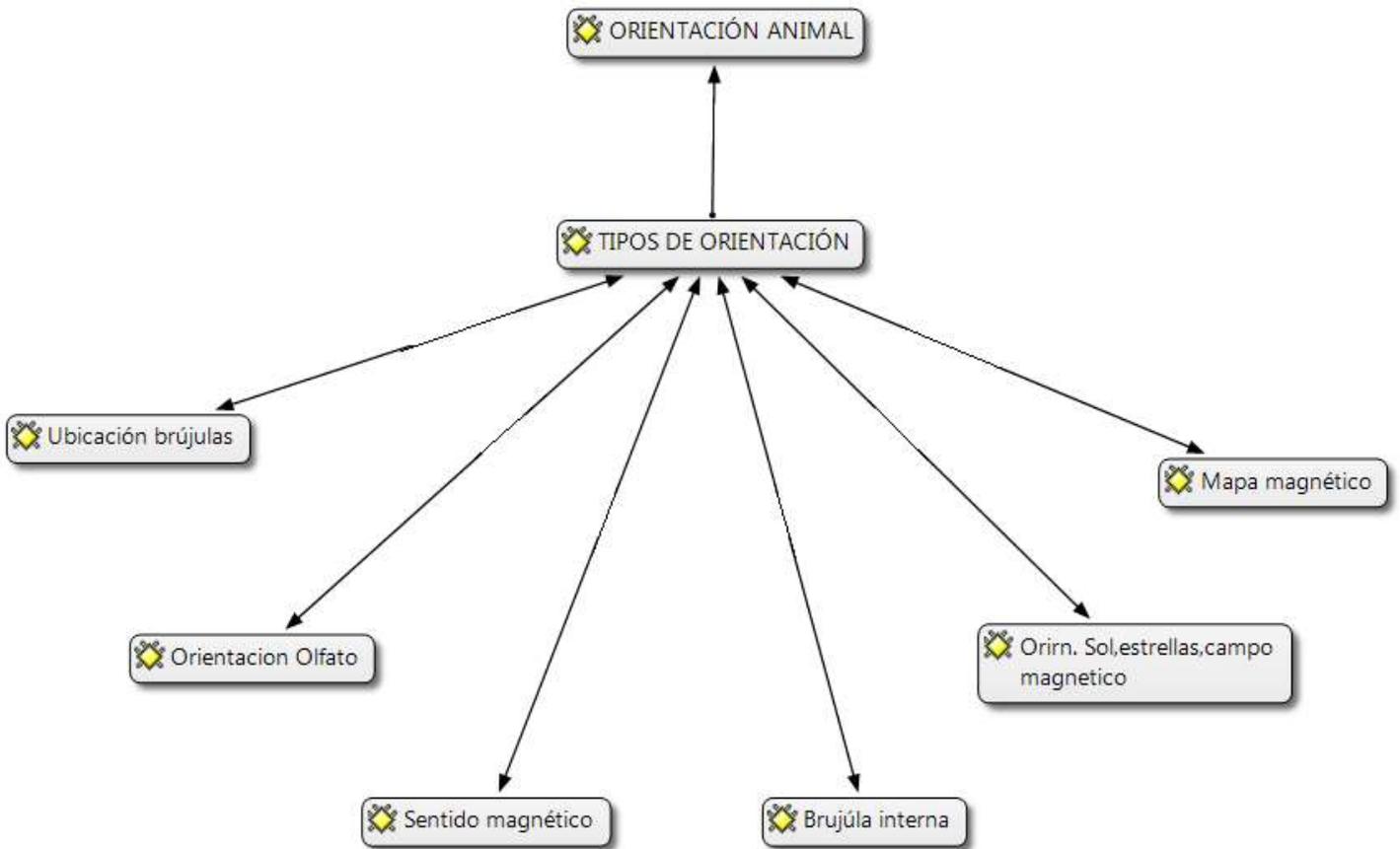


Ilustración 26 Concepciones acerca de los diferentes tipos de orientación animal con base en el Atlas ti.

- Tendencia **Ubicación brújula**: 5 estudiantes (20%) identifican las estructuras internas que permiten que el Salmón se ubique magnéticamente.
G2.T5.20 “El Salmón tiene células del tejido de la nariz del salmón y las observaron bajo el microscopio”.
- Tendencia **Orientación Olfato**: Se registra que 5 estudiantes afirman que el Salmón posee una especie de “memoria olfativa”
G5.T5.22 “El salmón también utiliza el olfato, que ayudaría a recordar el olor de su río de origen”.
- Tendencia **Sentido magnético**: Se registra que 5 estudiantes (20%) afirman que el sentido magnético es una habilidad con la que nacen estos animales.

G4.T5.17 “los científicos piensan que los peces nacen con este sentido magnético en lugar de ser una habilidad que se aprende”.

- Tendencia **brújula interna**: 5 estudiantes (20%) afirman que los animales tienen integrada una especie de brújula que les permite orientarse.

G3.T5.18 “El salmón y otros animales usan también de algún modo una brújula interna, que les permita detectar el campo de la Tierra”.



Figura 35 Visualización del video Naturama de la serie animada Futurama.

- Tendencia **Orientación Son, estrellas, campo magnético**: 5 estudiantes (20%) reconocen que hay diferentes tipos de orientación que pueden afectar la ubicación de los animales.

G2.T5.11 “Otros estudios indican que puede haber influencia de las estrellas y el sol, aparte del campo magnético de la Tierra”.

- Tendencia **Mapa magnético**: 5 estudiantes (20%) afirman que los peces tienen la capacidad de formar un mapa mental que los guía a su lugar de desove.

G1.T5.25 “Forma de desovar río arriba”.

En primera medida destacar que los cuestionamientos y las preguntas así como las respuestas que formularon los mismos estudiantes mediante la situación problematizadora, permitió evidenciar el carácter científico de las mismas, una de estas son: *¿La habilidad del salmón para detectar el campo magnético de la Tierra, es innata*

o la desarrollan en el transcurso de su vida? Dando como respuesta: Los científicos piensan que los peces nacen con este sentido magnético. No es algo que se aprenda o por ejemplo *¿El salmón puede utilizar otro tipo de orientación, aparte del campo Magnético de la Tierra?* Y como respuesta argumentaron: *No se ha comprobado si el salmón también utiliza el olfato, que ayudaría a recordar el olor de su río de origen, aparte del campo magnético de la Tierra.*

Según Tort (2005) La formulación de preguntas ha jugado un papel muy importante en el proceso de construcción de las teorías y modelos científicos, ya que son estas las que concretan el objetivo de la investigación, es por esto que al estudiante se le debe estimular la capacidad de formular cuestionamientos y a su vez a través de estas generen hipótesis que le permiten tener un espectro más amplio de conocimiento, permitiéndole tener un aprendizaje de ensayo y error.

Las situaciones problematizadoras son estrategias didácticas que los profesores poco usan a la hora de abordar un tema, en el momento de aplicar pudimos observar el gran potencial intelectual que se puede despertar mediante el uso de estas estrategias. Según Guisasola (2003) Un buen conocimiento supone la capacidad de utilizarlo en la resolución de todo tipo de problemas, en la interpretación de situaciones diversas, etc. En particular, la atención a situaciones problemáticas ha de ser un aspecto esencial en este y en cualquier campo científico, que permita salir al paso de incorrectas visiones descontextualizadas de la ciencia

Actividad N °5 *¿Cómo el campo magnético afecta la orientación animal?*

A continuación se presentan los hallazgos en la aplicación de la practica experimental *¿Cómo el campo magnético afecta la orientación animal?* (Ver Figura 46,47). En primer lugar se muestran las tendencias, se realiza un análisis desde la perspectiva de la Didáctica de las Ciencias y sus implicaciones en la observación y evidencia de como el campo magnético de la tierra afecta la orientación de un animal.



Ilustración 27 Concepciones acerca de la orientación de la hormiga con base en el Atlas ti.

Estructuras magnéticas:

En esta subcategoría se encuentran 3 tendencias: *Mecanismos de orientación*, *Magnetita*, *Migración animal* (ver ilustración 28).

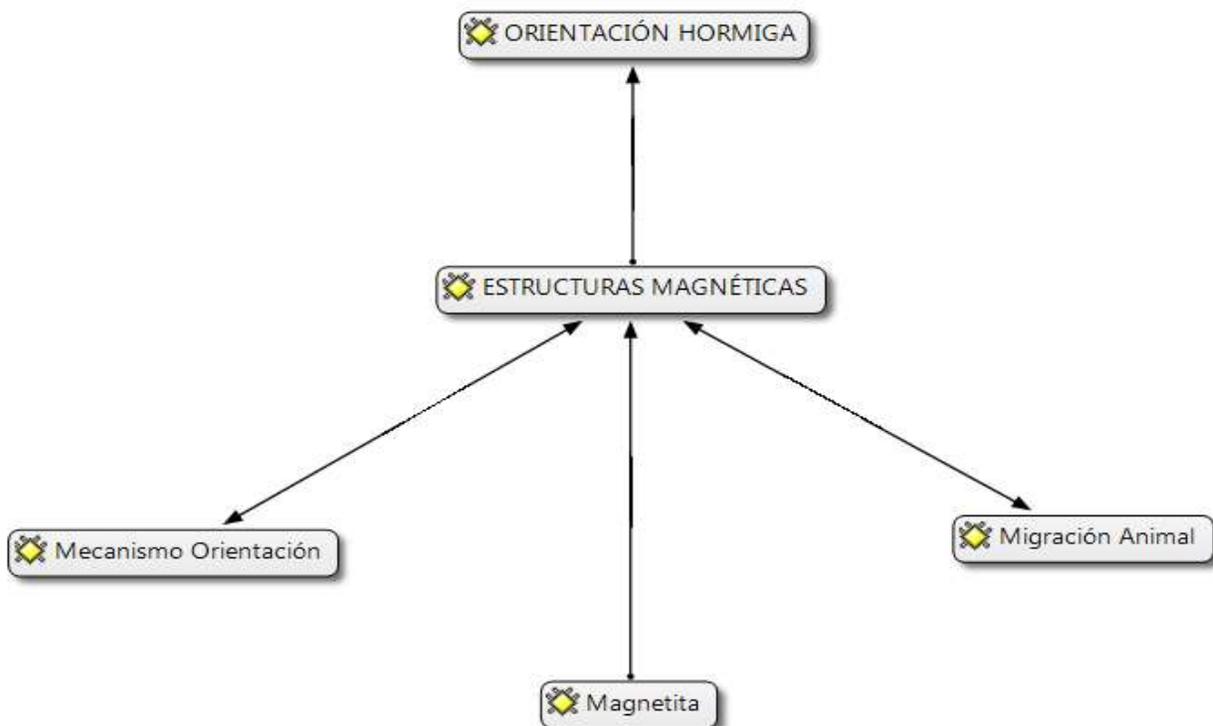


Ilustración 28 Concepciones acerca de las estructuras que permiten la orientación magnética de la hormiga con base en el Atlas ti.

Tendencia **Mecanismo orientación**: Se evidencia que 5 (20%) estudiantes afirman que el campo magnético sirve como mecanismo de orientación para los animales.

G2.T5.23 *“El campo magnético sirve como mecanismo de orientación para los animales por ellos lo pueden sentir, es así como ellos pueden viajar grandes distancias sin perderse”.*

Frente al desarrollo de esta temática es de destacar que hubo un aprendizaje fuertemente marcado, con relación a la orientación de un grupo de hormiga cuando su marcha era perturbada al acercárseles un imán, esta actividad logró que el estudiante se acercara al trabajo científico, la observación, la toma de datos, con esta estrategia didáctica se logró que el estudiante fuera el artífice de su propio conocimiento, donde los estudiantes tuvieron la oportunidad de apreciar como el campo magnético (en esta ocasión el generado por un imán) influye en una manera sorprendente a la hora de que estos animalitos se orientaran.

Las salidas de campo en el proceso de enseñanza de la física constituye un elemento generador de aprendizaje significativo en el estudiante, según Silva (1988) permite alcanzar la finalidad de las ciencias naturales: comprender el mundo real. Es una estrategia íntimamente relacionada con el proceso de construcción de conocimiento científico, desde la cual se produce y se reproduce el conocimiento. Otro de los alcances de la salida de campo es la relación tan estrecha que tiene con la educación ambiental, puesto que se ha comprobado como la mejor metodología para lograr la comprensión de lo real y obtener cambios de actitud en favor de la naturaleza, el ambiente generado por una salida de campo permite cambiar el trabajo cotidiano desplegado en el aula de clase.

Seguido a esto los estudiantes, en mesa redonda se realizó una retroalimentación del fenómeno observado, departiendo las ideas y cuestionamientos que cada estudiante tenía, acerca de este suceso, socializando con sus compañeros para crear un debate con las respuestas dadas, a las preguntas propuestas y así generar procesos de socialización y generación de controversia acerca del conocimiento científico tratado en

la clase, en aras de construir concepciones mucho más robustas y nutridas sobre la influencia del campo magnético en los animales

7.6 COMPARACIÓN DE LAS CONCEPCIONES

A continuación presentamos los resultados de las comparaciones entre las concepciones de los estudiantes obtenidos tanto en el cuestionario inicial como del cuestionario final, el cual fue aplicado en los dos respectivos momentos.

CATEGORÍA: Orientación magnética Animal

Subcategoría: imán nevera

Tendencia	Cuestionario inicial	Cuestionario final
Atrac. Imán-metal	(4 estudiantes) E1,E10,E13,E24	(0 estudiantes)
Atrac. Imán-nevera	(2 estudiantes) E2,E11	(0 estudiantes)
Nevera de metal	(2 estudiantes) E5, E23	(2 estudiantes) E7,E23
Fuerza de atracción	(5 estudiantes) E8,E14,E15,E17,E22	(1 estudiante) E5
Adhesivo	(1 estudiante) E3	(0 estudiantes)

Imanes se atraen	(5 estudiantes) E4,E6,E7,E19,E25	(0 estudiantes)
Atrac. Imán - hierro	(4 estudiantes) E12,E16,E18,E20	(0 estudiantes)
Ferromagnético	(0 estudiantes)	(2 estudiantes) E9,E25
Campo electromagnético	(0 estudiantes)	(3 estudiantes) E4,E8,E24
Campo magnético	(0 estudiantes)	(10 estudiantes) E1,E2,E3,E11,E12,E21,E13,E14,E15,E16
Metal magnético	(0 estudiantes)	(3 estudiantes) E6,E10,E22

Tabla 2. Comparación de las tendencias halladas en el cuestionario inicial y final frente a la subcategoría Campo magnético del imán.

En el momento inicial del proceso formativo se encontraron siete tendencias para la subcategoría de *imán-nevera*, las cuales corresponden a *Atracción imán-metal* 20%, *atracción imán-nevera* 16%, *nevera-meta* 20%, *fuerza de atracción* 4%, *adhesivo* 16%, *imanes se atraen* 16%, *atracción imán-hierro* 8%. (Ver Tabla 1).

Luego en el momento final del proceso, se tuvieron cinco tendencias nuevas para la subcategoría de *Imán-nevera* las cuales corresponden a *atracción imán-hierro* 16%, *ferromagnético* 10%, *campo electromagnético* 12%, *campo magnético* 40% , *metal magnético* 12%. (Ver tabla 1).

Como se observa, en el cuestionario final hubo una disminución de tendencias y esto se debe a que durante el trabajo práctico y las explicaciones de los conceptos estudiados durante el desarrollo de las clases, en donde los estudiantes comprenden la existencia de campos electromagnéticos, y otorgan explicaciones desde un conocimiento más científico que parte desde el conocimiento popular y cotidiano, por lo tanto construyeron un conocimiento escolar (García, 1998); Es decir, ya no solo conciben el mundo como “un conjunto de sucesos que pasan porque sí”, sino que se tienen en cuenta los fenómenos que ocurren y que no podemos observar a simple vista, pero que fueron posibles comprender gracias a las prácticas realizadas durante la secuencia de clases.

Durante la secuencia de clases se indagó sobre las ideas previas de los estudiantes, con base en ellas se desarrollaron estrategias para suministrar una mejor comprensión sobre la orientación magnética de los animales, y así saber cómo aprende, progresa o cambia el estudiante en el dominio específico de estos conceptos.

Durante el transcurso de las clases se mostraron las distintas características, importancias, conceptos, historia y epistemología, relacionados con la orientación magnética animal, que a través del desarrollo de actividades como, cuestionarios, trabajos prácticos, situaciones problematizadoras, entre otras.

Los estudiantes interactuaban activamente a lo largo de cada sesión con lo que es el magnetismo y todo lo que esto implica, además de intervenciones sobre las características mismas de este campo de estudio y de esta forma comprender en que consiste la Orientación magnética animal.

Cabe destacar que al comienzo del proceso formativo, la tendencia imanes se atraen era la mayoritaria (5 estudiantes 20%) sin embargo, al finalizar el proceso formativo esta tendencia desapareció y los estudiantes pertenecientes a ella se movilaron hacia campo magnético la cual al finalizar el proceso formativo fue la concepción mayoritaria (10 estudiantes 40%), se destaca la evidente progresión de las concepciones de algunos estudiantes. Ya que, para la tendencia atracción imán-nevera las descripciones realizadas en el cuestionario inicial eran en mayor medida ambiguas y centradas hacia lo macro y en el cuestionario final esta tendencia desaparece, lo cual indica que los estudiantes comprenden las implicaciones micro que están inmersas en este suceso, que se lograron contextualizar durante el trabajo práctico en el desarrollo de la secuencia de clase.

E5.CI.P1 [Haciendo referencia a la pregunta: Porque crees “¿podemos pegar un imán a la puerta de nuestra nevera?”], *“Porque la puerta de la nevera está hecha de metal y al poner el imán ahí se queda pegado”*

E5.CF.P1 [Haciendo referencia a la pregunta: Porque crees “¿podemos pegar un imán a la puerta de nuestra nevera?”] *“El imán es sostenido en su lugar porque la fuerza de la atracción magnética, más la fuerza de la fricción entre el imán y la puerta del refrigerador, se combinan para vencer la fuerza de gravedad.”*

Cabe resaltar que este cambio en las concepciones probablemente es debido a las estrategias didácticas que acompañaron la propuesta de la secuencia de clase que consistieron en partir de sus conocimientos previos y el contexto de los estudiantes, para después, ellos mismos tomaran el papel de pequeños científicos y propusieran preguntas, realizaran prácticas y finalmente concluyeran una reflexión y evaluación de la práctica sobre Campo magnético del imán, ya que según el modelo de Posner (Posner et al. 1982), el aprendizaje en ciencias es un proceso de cambio conceptual, donde una estructura conceptual es cambiada por otra incompatible con la anterior.

Subcategoría: Atracción repulsión de polos

Tendencia	Cuestionario inicial	Cuestionario final
Repulsión cargas iguales	(4 estudiantes) E1,E5,E18,E23	(4 estudiantes) E1,E7,E9,E23
Se complementan	(6 estudiantes) E11,E12,E13,E17,E24,25	(0 estudiantes)
Por naturaleza	(2 estudiantes) E15,E20	(0 estudiantes)
Atracción positivo-positivo	(1 estudiante) E11	(0 estudiantes)
Atracción polos opuestos	(9 estudiantes) E2,E4,E6,E8,E9,E14,E16,E19,E21	(5 estudiantes) E12,E15,E16,E18,E20
Atracción líneas de campo	(0 estudiantes)	(5 estudiantes) E6,E10,E13,E21,E25
Ley universal	(0 estudiantes)	(5 estudiantes) E3,E8,E17,E22,E24
Repulsión líneas de campo	(0 estudiantes)	(4 estudiantes) E5,E6,E13,E19

Tabla 3. Comparación de las tendencias halladas en el cuestionario inicial y final frente a la subcategoría Atracción - Repulsión de polos.

En el momento inicial del proceso formativo se encontraron cinco tendencias para la subcategoría de atracción-repulsión de polos, las cuales corresponden a *repulsión*

cargas iguales 16%, se complementan 24%, por naturaleza 12%, atracción positivo – positivo 12%, atracción polos opuestos 36%. (Ver Tabla 2). Luego en el momento final del proceso, se tuvieron cuatro tendencias nuevas para la subcategoría de atracción repulsión de polos las cuales corresponden a Atracción líneas de campo 30%, repulsión cargas iguales 28%, ley universal 26% , repulsión líneas de campo 16%. (Ver tabla 2).

Como se observa, en el cuestionario final hubo una disminución de tendencias y esto se debe a que durante el trabajo práctico y las explicaciones de los conceptos estudiados durante el desarrollo de las clases, en donde los estudiantes comprenden la existencia de campos electromagnéticos, y otorgan explicaciones desde un conocimiento más científico que parte desde el conocimiento popular y cotidiano de los estudiantes, por lo tanto construyeron un conocimiento escolar (García, 1998); Es decir, ya no solo conciben el mundo como “un conjunto de sucesos que pasan porque sí”, sino que se tienen en cuenta los fenómenos que ocurren y que no podemos observar a simple vista, pero que fueron posibles comprender gracias a las prácticas realizadas durante la secuencia de clases.

Durante la secuencia de clases se indagó sobre las ideas previas de los estudiantes, con base en ellas se desarrollaron estrategias para suministrar una mejor comprensión sobre la orientación magnética de los animales, y así saber cómo aprende, progresa o cambia el estudiante en el dominio específico de estos conceptos.

Durante el transcurso de las clases se mostraron las distintas características, importancias, conceptos, historia y epistemología relacionados con la orientación magnética animal, que a través del desarrollo de actividades como, cuestionarios, trabajos prácticos, situaciones problematizadoras, entre otras, los estudiantes interactuaban activamente a lo largo de cada sesión con lo que es el magnetismo y todo lo que esto implica, además de intervenciones sobre las características mismas de este campo de estudio y de esta forma comprender en que consiste la Orientación magnética animal.

Cabe destacar que al comienzo del proceso formativo, la tendencia atracción polos opuestos era la mayoritaria (9 estudiantes 36%), sin embargo, al finalizar el proceso

formativo aunque el número de estudiantes disminuye esta tendencia no desaparece y alguno de los estudiantes pertenecientes a ella se movilizaron hacia *atracción líneas de campo, repulsión polos iguales, ley universal y repulsión líneas de campo*, las cuales al finalizar el proceso formativo fueron las concepción más parejas dentro de la clasificación (5,7,5,4 estudiantes 84%), se destaca la evidente progresión de las concepciones de algunos estudiantes. Ya que, para estas tendencias las descripciones realizadas en el cuestionario inicial eran centradas hacia lo macro y aunque en el cuestionario final esta tendencia no desaparece, los estudiantes comprenden las implicaciones micro que están inmersas en este suceso, ya que indican que dentro de este fenómeno intervienen las líneas de campo que se lograron contextualizar durante el trabajo práctico en el desarrollo de la secuencia de clase.

E2.CI.P2 [Haciendo referencia a la pregunta: Según la imagen explica “¿Por qué los imanes se atraen por los polos opuestos y se repelen por los polos iguales?”], “*Los polos opuestos se atraen*”.

E2.CF.P2 [Haciendo referencia a la pregunta: Según la imagen explica “¿Por qué los imanes se atraen por los polos opuestos y se repelen por los polos iguales?”] “*Las líneas del campo magnético de dos imanes de polos iguales se repelen y las líneas de campo magnético de dos imanes con polaridad opuesta se atraen*”.

Cabe resaltar que este cambio en las concepciones probablemente es debido a las estrategias didácticas que acompañaron la propuesta de la secuencia de clase que consistieron en partir de sus conocimientos previos y el contexto de los estudiantes, para después, ellos mismos tomaran el papel de pequeños científicos y propusieran preguntas, realizaran prácticas y finalmente concluyeran una reflexión y evaluación de la práctica sobre Campo magnético del imán, ya que según el modelo de Posner (Posner et al. 1982), el aprendizaje en ciencias es un proceso de cambio conceptual, donde una estructura conceptual es cambiada por otra incompatible con la anterior.

Subcategoría: Aguja

Tendencia	Cuestionario inicial	Cuestionario final
-----------	----------------------	--------------------

Se queda quieta	(2 estudiantes) E12,E23	(0 estudiantes)
La aguja se mueve	(4 estudiantes) E4,E7,E9,E16	(0 estudiantes)
Aguja gira	(8 estudiantes) E1,E6,E10,E13,E18,E21,E22,E24	(0 estudiantes)
Aguja caliente	(5 estudiantes) E2,E3,E5,E8,E25	(0 estudiantes)
Atraída por el campo magnético	(1 estudiante) E17	(9 estudiantes) E2,E6,E9,E12,E15,E18,E19,E22,E24
Se imanta	(1 estudiante) E20	(12 estudiantes) E1,E3,E5,E8,E9,E10,E11,E12,E14,E15, ,E21,E25
Alinea al campo magnético	(0 estudiantes)	(10 estudiantes) E1,E3,E4,E5,E7,E8,E13,E17,E20,E23

Tabla 4. Comparación de las tendencias halladas en el cuestionario inicial y final frente a la subcategoría Aguja.

En el momento inicial del proceso formativo se encontraron cuatro tendencias para la subcategoría de *Aguja*, las cuales corresponden a *Se queda quieta 20%*, *Aguja se mueve 20%*, *Aguja gira 32%*, *Aguja caliente 28%*. (Ver Tabla 3). Luego en el momento final del proceso, se tuvieron tres tendencias nuevas para la subcategoría de *Aguja* las cuales corresponden a *Atraída por el campo magnético 25%*, *aguja se imanta 25%*, *alinea al campo magnético 50%* (Ver tabla 3). Como se observa, en el cuestionario final hubo una disminución de tendencias y esto se debe a que durante el trabajo práctico y las explicaciones de los conceptos educandos durante el desarrollo de las clases, en donde comprenden la existencia de campos electromagnéticos, y otorgan explicaciones desde un conocimiento más científico que parte desde el conocimiento popular y cotidiano de los estudiantes, por lo tanto construyeron un conocimiento escolar (García, 1998); Es decir, ya no solo conciben el mundo como “un conjunto de sucesos que pasan porque sí”, sino que se tienen en cuenta los fenómenos que ocurren y que no podemos observar a simple vista, pero que fueron posibles comprender gracias a las prácticas realizadas durante la secuencia de clases.

Cabe destacar que al comienzo del proceso formativo, la tendencia *Aguja gira* era la mayoritaria (8 estudiantes 32%), sin embargo, al finalizar el proceso formativo esta tendencia desapareció y los estudiantes pertenecientes a ella se movilizaron hacia *se imanta*, la cual al finalizar el proceso formativo fue la concepción mayoritaria (12 estudiantes 48%), se destaca la evidente progresión de las concepciones de algunos estudiantes ya que hay una mayoría de respuestas que razonan en base a la «naturaleza propia» del material. Estas explicaciones indican que la aguja interactúa con la ropa al frotarla y debido a su composición se imanta.

E15.CI.P3 [Haciendo referencia a la pregunta: Si frota una aguja contra tu ropa y después la dejas girar libremente. ¿Qué sucede?], “*La aguja queda girando después de un rato*”

E15.CF.P3 [Haciendo referencia a la pregunta: Si frota una aguja contra tu ropa y después la dejas girar libremente. ¿Qué sucede?], “*Si se frota una aguja sobre la ropa, la aguja se carga magnéticamente y se convierte en un objeto capaz de atraer*”

materiales metálicos, entonces si se deja girar libremente, el campo magnético de la Tierra la atrae y se alinea en esa dirección.”

Cabe resaltar que este cambio en las concepciones probablemente es debido a las estrategias didácticas que acompañaron la propuesta de la secuencia de clase que consistieron en partir de sus conocimientos previos y el contexto de los estudiantes, para después, ellos mismos tomaran el papel de pequeños científicos y propusieran preguntas, realizaran prácticas y finalmente concluyeran una reflexión y evaluación de la práctica sobre que le ocurre a una aguja al ser frotada contra la ropa, ya que según (Günter, 2008) El aprendizaje activo se enmarca en el enfoque constructivista por lo tanto las herramientas utilizadas deben buscar construcción de regularidades, planteamiento de explicaciones, predicciones e interpretaciones a comportamientos observados.

Subcategoría: navegación Antigua

Tendencia	Cuestionario inicial	Cuestionario final
Sol Norte – Sur	(3 estudiantes) E3,E4,E12	(0 estudiantes)
Dios guía	(4 estudiantes) E1,E9,E14,E20	(0 estudiantes)
Navegaban en la orilla	(3 estudiantes) E11,E15,E22	(0 estudiantes)
Aprovechan el viento	(1 estudiante) E19	(0 estudiantes)
Dioses	(2 estudiantes) E6,E25	(0 estudiantes)

Binoculares	(1 estudiante) E2	(0 estudiantes)
Puesta de Sol	(2 estudiantes) E8,E23	(0 estudiantes)
Dirección del viento	(4 estudiantes) E4,E7,E13,E21	(4 estudiantes) E6,E12,E13,E22
Sol y estrellas	(4 estudiantes) E16,E17,E18,E24	(15 estudiantes) E1,E2,E3,E4,E8,E9,E11,E12,E14,E16,E17,E18, E19,E21,E24
Dejaban marcas	(0 estudiantes)	(10 estudiantes) E5,E7,E9,E10,E13,E15,E20,E22,E23,E25

Tabla 5. Comparación de las tendencias halladas en el cuestionario inicial y final frente a la subcategoría Navegación antigua.

En el momento inicial del proceso se encontraron siete tendencias para la subcategoría Navegación antigua, las cuales corresponden a *Sol Norte-Sur* 20%, *Dios guía* 20%, *Navegaban en la orilla* 12%, *Aprovechan el viento* 16%, *dioses* 10%, *Binoculares* 10%, *Puesta de Sol* 12% (Ver tabla 4).

Luego en el momento final del proceso, resultaron tres tendencias las cuales corresponden a *Dirección del viento* 16%, *Sol estrellas* 44%, *Dejaban marcas* 40%. Como se observa, el hecho de que en el cuestionario final haya una reducción de tendencias⁰, puede deberse a las explicaciones de los distintos fenómenos estudiados durante las clases, los cuales se acercan más a un conocimiento no exclusivamente

científico, sino una construcción desde el conocimiento popular y cotidiano de los estudiantes.

Cabe destacar que al comienzo del proceso educativo, evidenciamos que en el cuestionario inicial hubo diversas posturas frente a los tipos de Navegación antigua que los estudiantes consideraban que existían en tiempos pasados, los cuales correspondieron a las tendencias Sol Norte-Sur, Dios guía, Navegaban en la orilla, respectivamente; las cuales se reestructuraron al final del proceso y la mayoría de estos estudiantes presentaron un desplazamiento hacia las tendencias *Sol y estrellas* y la tendencia *Dejaban marcas*, demostrando así un avance frente a las concepciones de tipos de Navegación antigua. Del mismo modo destacamos a un estudiante en el que se evidencia la progresión de sus concepciones.

E20.CI.P5 [Respondiendo a la pregunta: Antiguamente no existían brújulas ni celulares, ni mucho menos GPS, ¿cómo crees que los piratas podían navegar largas distancias en el mar, sin perderse?] *“A los piratas los guiaba Dios es sus largas travesías”.*

E20.CF.5 [Respondiendo a la pregunta: Antiguamente no existían brújulas ni celulares, ni mucho menos GPS, ¿cómo crees que los piratas podían navegar largas distancias en el mar, sin perderse?] *“Las técnicas de navegación marítimas que en ese entonces tenían como lo era el memorizar rutas o tener puntos guía en los recorridos realizados.”* Para que los estudiantes lograran adquirir estos conocimientos, habilidades, destrezas y tomaran conciencia de la utilidad, aplicabilidad de los conceptos para suministrar una mejor comprensión sobre métodos de navegación, tuvieron que desarrollar un trabajo práctico basado en la elaboración y aplicación de guías, con los cuales se logró observar, describir e investigar por medio de socializaciones en clase.

Éstos resultados fueron posibles gracias al proceso en el cual indagamos las ideas previas y en base en ellas, utilizamos nuevas estrategias para la enseñanza de los diferentes mecanismos de orientación por medio del trabajo en clase desarrollado durante las seis temáticas, donde se mostraron las distintas características, importancia, historia y epistemología relacionada con la Navegación antigua, los estudiantes interactuaron activamente a lo largo de cada sesión.

Se evidencio un gran avance en las concepciones de los estudiantes acerca de los mecanismos de navegación antigua ya que en el cuestionario final, se refleja que identifican con claridad cuáles son los mecanismos más antiguos utilizados para navegar y se descartan tendencias como las de fuerzas “sobrenaturales”.

Subcategoría: Orientación animal

Tendencia	Cuestionario final	Cuestionario inicia
Dejan huellas	(1 estudiante) E11	(0 estudiantes)
Recuerdan camino	(3 estudiantes) E2,E5,E21	(0 estudiantes)
Vuelan alto	(3 estudiantes) E8,E9,E15	(0 estudiantes)
Corrientes de aire	(1 estudiante) E13	(1 estudiante) E9
Buenos sentidos	(5 estudiantes) E10,E12,E14,E18,E22	(4 estudiantes) E1,E11,E12,E16
Inteligentes	(2 estudiantes) E3,E20	(0 estudiantes)

Sol, Luna, estrellas	(0 estudiantes)	(4 estudiantes) E4,E7,E14,E23
Orientación brújula	(0 estudiantes)	(2 estudiantes) E3,E17
Orientación olfato	(7 estudiantes) E1,E4,E6,E7,E19,E24,E25	(4 estudiantes) E6,E13,E20,E22
Orientación mapa	(0 estudiantes)	(5 estudiantes) E3,E5,E17,E20,E25
Órgano de magnetita	(1 estudiante) E23	(16 estudiantes) E1,E2,E4,E6,E7,E8,E10,E11,E13,E15,E16,E18,E19,E21,E23,E24

Tabla 6. Comparación de las tendencias halladas en el cuestionario inicial y final frente a la subcategoría Orientación animal.

En el momento inicial del proceso se encontraron seis tendencias para la subcategoría de *Orientación animal*, las cuales corresponden a *Dejan huellas* 20%, *Recuerdan camino* 12%, *Vuelan alto* 16%, *Corrientes de aire* 16%, *Buenos sentidos* 20%, *Inteligentes* 16% (Ver tabla 5).

Luego en el momento final del proceso, resultaron cinco tendencias las cuales corresponden a *Sol, luna, estrellas* 16%, *Orientación brújula* 8%, *Orientación olfato* 14%, *Orientación mapa* 20%, *Órgano de magnetita* 42% (ver tabla 5).

Como se observa, el hecho de que en el cuestionario final haya una reducción de tendencias, puede deberse a las explicaciones de los distintos fenómenos estudiados durante las clases, los cuales se acercan más a un conocimiento no exclusivamente

científico, sino una construcción desde el conocimiento popular y cotidiano de los estudiantes.

Cabe destacar que al comienzo del proceso educativo, evidenciamos que en el cuestionario inicial hubo diversas posturas frente a los mecanismos que utilizan los animales para orientarse que los estudiantes conocían, los cuales correspondieron a las tendencias *Dejan huellas, Recuerdan camino, Vuelan alto, Corrientes de aire, Buenos sentidos, inteligentes* 60%, y finalmente estas se reestructuraron al final del proceso y la mayoría de estos estudiantes presentaron un desplazamiento hacia las tendencias Sol, luna, estrellas, Orientación brújula, Orientación Olfato, Orientación mapa, y órgano de magnetita respectivamente, las cuales contemplo un 84%, demostrando así un avance frente a las concepciones de tipos de orientación animal. Del mismo modo destacamos a un estudiante en el que se evidencia la progresión de sus concepciones, que se puede apreciar en la respuesta de este estudiante que en el cuestionario final identifica que la mariposa monarca utiliza sus antenas para detectar el campo magnético terrestre.

E10.C1.7 [Respondiendo a la pregunta ¿Crees que los animales que recorren largas distancias en sus migraciones, utilicen algún mecanismo para orientarse en su travesía y no extraviarse?] *“Los animales caminan largas distancias porque tienen sentidos estupendos que le permiten buscar su alimento”.*

E10.C1.7 [Respondiendo a la pregunta ¿Crees que los animales que recorren largas distancias en sus migraciones, utilicen algún mecanismo para orientarse en su travesía y no extraviarse?] *“Las mariposas monarcas tienen en sus antenas órganos con magnetita lo que les permite utilizarlos para recibir las señales del campo magnético de Tierra.”*

Para que los estudiantes logaran adquirir estos conocimientos, habilidades, destrezas y tomaran conciencia de la utilidad, y aplicabilidad de los conceptos para suministrar una mejor comprensión de la naturaleza como mecanismo de orientación animal y sus implicancias, tuvieron que desarrollar un trabajo basado en el desarrollo de prácticas de

laboratorio, situaciones problematizadoras, y salidas de campo, con las cuales se logró evidenciar, describir e investigar por medio de la observación y práctica acerca de la interferencia de diferentes mecanismos ambientales y principalmente el importante papel que tiene el campo magnético terrestre en la orientación animal evidenciado en una práctica de campo en la orientación de un grupo de hormigas que se tomaron como muestra.

Éstos resultados fueron posibles gracias al proceso en el cual indagamos las ideas previas y con base en ellas, utilizamos nuevas estrategias para la enseñanza de la orientación magnética animal por medio del Trabajo práctico desarrollado durante las seis temáticas, donde se mostraron las distintas características, importancia, conceptos, diversidad, historia y epistemología relacionada con el de la orientación magnética animal, que por medio de la intervención de la práctica, los estudiantes interactuaron activamente a lo largo de cada sesión con la orientación magnética y sus implicaciones además de intervenciones sobre las características mismas de este campo de estudio y de esta forma comprender que es y de que se trata la Orientación magnética animal.

El modelo constructivista, como enfoque en la enseñanza – aprendizaje en este proceso educativo, toma un papel importante, ya que con base a éste se permite el desarrollo de habilidades tales como, la toma de datos, la descripción de situaciones y seguimiento de protocolos, además de la disposición para resolver problemas acercando a los estudiantes al trabajo científico, y en este caso particularmente al trabajo deductivo para dar explicación a este fenómeno, donde los estudiantes se acercan a algunas características de la metodología científica y comienzan a aplicarla en la búsqueda de soluciones a determinados problemas el cual también propicia el debate entre los estudiantes (Amórtegui & Correa 2012).

Un suceso importante consistió en que los estudiantes reflexionaran sobre, cómo puede un simple imán interferir en la orientación de una hormiga, como se afirma tendencia *órgano de magnetita* con un 64%, y también sobre otros mecanismos como se puede observar en las tendencias , orientación brújula, orientación olfato, orientación mapa

40%, dando un paso importante en el aprendizaje, debido a que ya no solo conciben las condiciones ambientales, y los sentidos de los animales como mecanismos de orientación, ahora conciben que también poseen otras herramientas que les permiten desplazarse muy largas distancias sin perder su rumbo.

A la hora de identificar las concepciones de los estudiantes en magnetostática y teniendo en cuenta lo indicado en la introducción, encontramos razonable suponer que los estudiantes de último curso de secundaria hayan alcanzado un aprendizaje comprensivo de la naturaleza del campo magnético, así como de las interpretaciones científicas sobre fenómenos magnetostáticos básicos.

Por otra parte, es de resaltar el hecho de que describieran sus observaciones por medio de términos enfocados en su gran mayoría a lo científico, y retomando las socializaciones de clase y para complementar con la evaluación que no se limitó al salón de clase sino que fue más libre y permitió al estudiante desarrollar habilidades investigativas. Consideramos que de acuerdo con Gagliardi (1986) se supera una dificultad de aprendizaje relacionada con la imposibilidad de los estudiantes para dar cuenta de elementos que no se pueden percibir a simple vista.

Subcategoría: Formación del campo magnético de la Tierra

Tendencia	Cuestionario inicia	Cuestionario final
Nunca lo he imaginado	(2 estudiantes) E10,E18	(0 estudiantes)
Líneas imaginarias	(1 estudiante) E23	(2 estudiantes) E10,E11
No lo se	(16 estudiantes) E1,E2,E4,E5,E6,E8,E9,E11,E12,E15 ,E17E19,E21,E22,E24,E25	(0 estudiantes)
Magnetismo	(6 estudiantes) E3,E13,E16,E14,E16,E20	(0 estudiantes)

Núcleo de hierro	(0 estudiantes)	(5 estudiantes) E1,E6,E13,E18,E22
Metales pesados	(0 estudiantes)	(7 estudiantes) E3,E7,E9,E12,E15,E23,E25
Tierra imán	(0 estudiantes)	(2 estudiantes) E4,E14
Movimiento núcleo	(1 estudiante) E7	(8 estudiantes) E2,E7,E8,E11,E16,E19,E21,E24
Movimiento metales líquidos	(0 estudiantes)	(3 estudiantes) E5,E17,E20

Tabla 7. Comparación de las tendencias halladas en el cuestionario inicial y final frente a la subcategoría Formación campo magnético de la Tierra.

En el momento inicial del proceso se encontraron cuatro tendencias, las cuales correspondieron a *Nunca me lo he imaginado* 8%, *líneas imaginarias* 10%, *no lo sé* 64%, *magnetismo* 26% (Ver tabla 6).

Luego en el momento final del proceso, se tuvieron cuatro tendencias las cuales fueron *Núcleo de hierro* 20%, *Metales pesados* 28%, *Tierra imán* 8%, *movimiento núcleo* 32%, *Movimiento metales líquidos* 12% (ver tabla 6).

Como se evidencia, el hecho de que en el cuestionario final observemos un aumento de tendencias, pudo deberse a que el trabajo práctico se acercó a un conocimiento más estructurado, partiendo desde del conocimiento popular y cotidiano de los estudiantes. Lograron comprender que la Tierra posee campo magnético, como se genera, y cuál es su importancia para la vida misma, pero en especial para la orientación animal, el cual fue un tema desarrollado de modo transversal a lo largo del proceso de la ejecución de prácticas de laboratorio, desarrollo de guías, de su socialización y de la generación de debate en clase, lo que generó una retroalimentación y reestructuración de conocimiento entre los educandos.

Cabe destacar que al comienzo del proceso educativo, evidenciamos que en el cuestionario inicial hubo mucho desconocimiento acerca de cómo se genera el campo magnético de la Tierra, los cuales generaron tendencias como *No lo sé, y nunca lo he imaginado* 72%, a excepción de unos pocos, los cuales generaron tendencias como, *magnetismo y líneas imaginarias* 28%.

Pero al final del proceso estas tendencias fueron reestructuradas y la mayoría de estos estudiantes, que afirmaron no conocer ni imaginar, cómo se genera el campo magnético, presentaron un desplazamiento hacia las tendencias, *Núcleo de hierro, metales pesados, y movimiento núcleo, que fueron las tendencias mayoritarias* con un 80%.

El progreso fue evidente como se puede apreciar:

E22.CI.P6 [Respondiendo a la pregunta ¿Cómo crees que se genera el campo magnético de la Tierra?] *“No conozco la causa”*.

E22.CF.P6 [Respondiendo a la pregunta ¿Cómo crees que se genera el campo magnético de la Tierra?] *“Un núcleo de hierro moviéndose bien en lo profundo del planeta es el responsable de inducir el gran campo magnético”*.

El desarrollo del trabajo práctico basado en el desarrollo de prácticas de laboratorio, permitió que los estudiantes adquirieran conocimientos, habilidades, destrezas y tomaran conciencia de la utilidad, aplicabilidad de los conceptos de magnetismo para suministrar una mejor comprensión de la generación del campo magnético terrestre y sus implicancias en la vida diaria de todo ser viviente, especialmente en la orientación animal.

Éstos resultados fueron posibles gracias al proceso en el cual indagamos las ideas previas y con base en ellas, utilizamos nuevas estrategias para la enseñanza de la formación del campo magnético por medio del trabajo práctico desarrollado durante las seis temáticas, donde se mostraron las distintas características, importancia, conceptos, diversidad, historia y epistemología relacionada con la formación del campo magnético,

que por medio de la intervención de la práctica, los estudiantes interactuaron activamente a lo largo de cada sesión con la formación del campo magnético y sus implicaciones además de intervenciones sobre las características mismas de este campo de estudio y de esta forma comprender que es y de que se trata la Formación del campo magnético de la Tierra.

Por medio del modelo constructivista, utilizado como enfoque en el proceso de enseñanza – aprendizaje, logramos que con base a éste se permitiera el desarrollo de habilidades tales como el, la toma de datos, la descripción de situaciones y seguimiento de protocolos, además de la disposición para resolver problemas acercando a los estudiantes al trabajo científico, los estudiantes se acercan a algunas características de la metodología científica y comienzan a aplicarla en la búsqueda de soluciones a determinados problemas el cual también propicia el debate entre los estudiantes.

Un suceso importante consistió en que los estudiantes reflexionaran sobre las características de la formación del campo magnético de la Tierra como se afirma en la tendencia *movimiento de núcleo* donde un 32% consideraron que la formación del campo magnético terrestre se genera por el movimiento del núcleo, el cual está compuesto de líneas imaginarias que rodean el planeta.

CONCLUSIONES

La aplicación del cuestionario inicial fue importante para indagar preconceptos de los estudiantes para el diseño y la aplicación de las estrategias pedagógicas. La implementación de estas estrategias tales como: situaciones problematizadoras, trabajos prácticos, y salidas de campo, permitieron en el estudiante la formulación de preguntas y construcción de hipótesis, así como también la transformación de la estructura cognitiva y la apropiación de los conceptos de campo magnético y orientación magnética de la Mariposa Monarca y del Salmón de manera más significativa, logrando a través de la elaboración de los montajes experimentales mejorar la actitud frente al aprendizaje de la Física, potenciando de esta manera la construcción de conocimiento científico, así como también crear conexión entre los conocimientos previos de los estudiantes y la nueva información que se requiere aprender, al tiempo que se crean nuevos espacios de aprendizaje donde el estudiante es protagonista del mismo, mientras el docente es un guía u orientador en el proceso de enseñanza- aprendizaje.

Los estudiantes se muestran más interesados, cuando están involucrados, con el nuevo aprendizaje, es decir, es más significativo, para un estudiante crear, observar, descubrir, contrastar, tomar datos, analizar esto se torna más significativo para el estudiante que estar en un salón de clase memorizando y copiando del tablero.

En cuanto a los hallazgos encontrados que se puntualizaron en los resultados consideramos que es positivo porque se acercan al conocimiento científico sobre el campo magnético ya que los estudiantes están sobrepasando dificultades de aprendizajes de la física, la mayoría de los estudiantes no presenta un aprendizaje comprensivo de las nociones básicas de la teoría de campo electromagnético.

La aplicación de la secuencia de clase muestra la importancia que los estudiantes trabajen en equipo en aras de tener un aprendizaje más cooperativo, generando

procesos de socialización y generación de controversia acerca del conocimiento científico, en aras de construir concepciones mucho más robustas y nutridas sobre el magnetismo y la influencia del campo magnético en la orientación de los animales.

La mayoría de estudiantes pudo comprender el concepto campo magnético, porque el elemento práctico es fundamental en la enseñanza de ciencia ya que permite colocar al estudiante en una posición mucho más cercana al objeto de estudio, permitiendo también el aprendizaje por el ensayo y el error.

Se hace necesario promover desde la enseñanza de la Física, nuevas oportunidades y desafíos científicos e intelectuales en los estudiantes, que les permita progresar en su proceso de aprendizaje de conceptos científicos, logrando modificar la estructura cognitiva existente.

Esta experiencia pedagógica, buscó a través de trabajos prácticos y actividades didácticas guiadas por las docentes, incentivar la participación activa en el proceso de formación, permitiendo al estudiante explorar y cuestionarse sobre algunos de los fenómenos de la naturaleza que aunque no los podamos percibir con nuestros sentidos, desempeñan un papel fundamental en la existencia de la vida.

Es de suma importancia Implementar actividades experimentales teniendo en cuenta el contexto que permita a los estudiantes su participación y motivación en el proceso de aprendizaje, que favorezca el aprendizaje significativo de la física.

Es posible que la dificultad y desinterés por parte de los estudiantes hacia la asignatura de física sea porque el aprendizaje no se apoya en prácticas experimentales, sino solo en clases magistrales que conlleva a que el estudiante sienta apatía frente a la adquisición de nuevas concepciones, dificultando en ellos el aprendizaje significativo.

AGRADECIMIENTOS

Infinitas gracias a todos y cada una de las personas que pusieron su granito de arena para que esta investigación pudiera llevarse a cabo de la mejor manera, entre ellos:

Dr. DANIEL ACOSTA AVALOS. Quien nos orientó toda nuestra investigación disciplinar.

P.h JOSE MIGUEL CRISTANCHO. Nuestro asesor de investigación.

Mg. ELÍAS FRANCISCO AMORTEGUÍ. Quien fue de mucha colaboración en la elaboración de la secuencia de clase, y la sistematización de información.

Mg. MARITZA VIVAS NARVAÉZ. Nuestra jurado quien realizó las correcciones para el mejoramiento de la investigación

A la INSTITUCIÓN EDUCATIVA RODRIGO LARA BONILLA.

A los estudiantes de 10° grado de de I.E RODRIGO LARA BONILLA.

REFERENCIAS

Guisasola Aranzabal, J., Almudí García, J. M., & Zubimendi Herranz, J. L. (2003). Dificultades de aprendizaje de los estudiantes universitarios en la teoría del campo magnético y elección de los objetivos de enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 079-94.

Campanario, Miguel. "El desarrollo de la metacognición en el aprendizaje de las ciencias: estrategias para el profesor y actividades orientadas al alumno." Colección Digital Eudoxus 8 (2009).

Valbuena, E. (2007). El Conocimiento Didáctico del Contenido Biológico. Estudio de las concepciones disciplinares y didácticas de futuros docentes de la Universidad Pedagógica Nacional (Colombia). Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.

González, Hernando, Gonzalo Marín, and Fernanda Ortíz. "Enseñanza y aprendizaje del concepto de corriente eléctrica basado en analogías y metáforas." *Revista Entornos* 1, no. 27 (2015): 125-130.

Pro A. (2003), La enseñanza y el aprendizaje de la Física. En: Jiménez M., Caamaño A., Oñorbe A., Oñorbe A., Pedrinaci E. y Pro A. (2000) Enseñar ciencias; editorial Graó. p. 175 – 202.

Winberg, T.M. y Berg, C.A.R. (2007). Students' cognitive focus during a chemistry laboratory exercise: Effects of a computer-simulated prelab. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(8), 1108-1133.

Moreno Gómez, E., & López Sancho, J. M. (2011). Una propuesta para sentir el campo magnético producido por un imán.

Correa, M. (2012). Estado del arte sobre los trabajos prácticos en la enseñanza de la biología (2004-2008): un aporte a la formación docente. Tesis de Maestría. Departamento de Postgrados. Universidad Pedagógica Nacional. Pp 412.

Amórtegui, E (2011). Concepciones sobre prácticas de campo y su relación con el conocimiento profesional del profesor, de futuros docentes de Biología de la Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá D.C. Colombia. 354 pp.

Flick, U. (2004). Introducción a la investigación cualitativa. Madrid: Ediciones Morata.

Rojo, O. (1990). Sobre la enseñanza de la Física. *Aula abierta*, (55), 37-44.

Guisasola Aranzabal, J., Almudí García, J. M., & Zubimendi Herranz, J. L. (2003). Dificultades de aprendizaje de los estudiantes universitarios en la teoría del campo magnético y elección de los objetivos de enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 079-94.

Campanario, Miguel. "El desarrollo de la metacognición en el aprendizaje de las ciencias: estrategias para el profesor y actividades orientadas al alumno." *Colección Digital Eudoxus* 8 (2009).

Valbuena, E. (2007). El Conocimiento Didáctico del Contenido Biológico. Estudio de las concepciones disciplinares y didácticas de futuros docentes de la Universidad Pedagógica Nacional (Colombia). Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.

González, Hernando, Gonzalo Marín, and Fernanda Ortíz. "Enseñanza y aprendizaje del concepto de corriente eléctrica basado en analogías y metáforas." *Revista Entornos* 1, no. 27 (2015): 125-130.

Pro A. (2003), La enseñanza y el aprendizaje de la Física. En: Jiménez M., Caamaño A., Oñorbe A., Oñorbe A., Pedrinaci E. y Pro A.(2000) Enseñar ciencias; editorial Graó. p. 175 – 202.

Winberg, T.M. y Berg, C.A.R. (2007). Students' cognitive focus during a chemistry laboratory exercise: Effects of a computer-simulated prelab. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(8), 1108-1133.

Moreno Gómez, E., & López Sancho, J. M. (2011). Una propuesta para sentir el campo magnético producido por un imán.

Correa, M. (2012). Estado del arte sobre los trabajos prácticos en la enseñanza de la biología (2004-2008): un aporte a la formación docente. Tesis de Maestría. Departamento de Postgrados. Universidad Pedagógica Nacional. Pp 412

Amórtegui, E (2011). Concepciones sobre prácticas de campo y su relación con el conocimiento profesional del profesor, de futuros docentes de Biología de la Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá D.C. Colombia. 354 pp

Flick, U. (2004). *Introducción a la investigación cualitativa*. Madrid: Ediciones Morata

Rojo, O. (1990). Sobre la enseñanza de la Física. *Aula abierta*, (55), 37-44.

García, J. E. (1998). *Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares*. Díada.

Jördens, R., Strohmaier, N., Günter, K., Moritz, H., & Esslinger, T. (2008). A Mott insulator of fermionic atoms in an optical lattice. *Nature*, 455(7210), 204-207.

Gagliardi, R. (1986). Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), 030-35.

Díaz M. 2007, Campo Magnético Terrestre, Fq experimentos caseros de Física y Química, tomado de: <http://fq-experimentos.blogspot.com.co/2013/03/257-campo-magnetico-terrestre.html>

Romero, C. 2009. Cómo hacer una brújula casera. Como hacer.eu, ¿Inventamos juntos?, tomado de: <http://comohacer.eu/como-hacer-una-curiosa-brujula/>

ANEXOS

Anexo 1 Cuestionario sobre las concepciones de los estudiantes



Universidad Surcolombiana



CUESTIONARIO DE IDEAS PREVIAS

A continuación encontrarás una serie de preguntas abiertas, responde con la mayor sinceridad:

1. ¿Por qué crees que podemos pegar un imán a la puerta de nuestra nevera? _____

2. Según la imagen explica porque que los imanes se atraen por los polos opuestos y se repelen por los polos iguales.

se repelen se atraen se repelen



3. Si frotas una aguja contra tu ropa y después la dejas girar libremente sobre un eje. ¿Qué sucede?

4. Antiguamente no existían brújulas ni celulares, ni mucho menos GPS. ¿cómo crees que los piratas podían navegar largas distancias en el mar, sin perderse?



5. ¿Crees que los animales que recorren largas distancias en sus migraciones, utilicen algún mecanismo para orientarse en su travesía y no extraviarse?

6. ¿Cómo crees que se genera el campo magnético de la Tierra?

7. Dibuja como te imaginas el campo magnético de la Tierra y explícalo.

Anexo 2 Caracterización de grupo



FACULTAD DE EDUCACION
LICENCIATURA EN CIENCIAS NATURALES: FÍSICA, QUÍMICA Y BIOLOGÍA
CARACTERIZACIÓN DE GRUPO

1. Nombre de la Institución: _____ 2. Grado: _____

3. Nombre del estudiante: _____ 4. Edad: _____

5. ¿Tienes alguna limitación que dificulte tu aprendizaje? Auditiva Visual Otra:
No se: _____

6. ¿Además de estudiar qué otra actividad realizas? _____

7. Tienes buena relación con tus compañeros de salón: SI NO ¿Por qué?

8. ¿Qué profesión te gustaría desempeñar en el futuro? _____

9. Nombra TRES ASIGNATURAS FAVORITAS TUYAS y escribe por qué son tus favoritas

ASIGNATURAS FAVORITAS	ES FAVORITA PORQUE

10. Nombra las TRES ASIGNATURAS QUE MAS SE TE DIFICULTAN y escribe ¿por qué se te dificultan?

ASIGNATURAS QUE MAS SE TE DIFICULTAN	SE TE DIFICULTA PORQUE

11. ¿Cuál o cuáles de las siguientes estrategias de enseñanza te gustaría que se utilizaran más en la enseñanza de las ciencias naturales? Teoría Lúdica Talleres Práctica

12. La metodología utilizada por tu profesor de Ciencias Naturales para motivar el aprendizaje de nuevos conocimientos la consideras: EXCELENTE BUENA REGULAR
 DEFICIENTE ¿Por qué? _____

13. Te sientes mejor trabajando GRUPAL INDIVIDUALMENTE ¿Por qué?

14. ¿Qué esperas de tu profesor durante las clases de Ciencias Naturales?

15. ¿Qué pregunta relevante quisieras que se te resolviera en la clase de Ciencias Naturales?

Anexo: 3

Anexo 3 Planificación práctica pedagógica (plan de clase)

Nombres de las practicantes: Rubiela cárdenas - María de los Ángeles Mora

Códigos: 2010297166 – 2010192534

Centro de Práctica: Colegio Rodrigo Lara Bonilla

Jornada: Mañana

Grado: 10.02 JM

Nombre del asesor:

Nombre del cooperador: Vladimir Téllez

Criterio N° S.	Contenido de enseñanza	Modelo didáctico (situación y preguntas problema)	Finalidades de enseñanza (competencia)	Secuencia de cada clase (Introducción, desarrollo y cierre)	Actividades y tiempos	Rol docente y estudiantes	Recursos y bibliografía	Evaluación
2 y 3	AMBIENTACIÓN (INCLUYE OBSERVACIÓN)							
4	IMAN Campo electromagnético.	Constructivista, Resolución de problemas Preguntas ¿Sabes que es un imán? ¿Han	Conceptuales: Reconoce la importancia de la existencia de los imanes.	Clase 1: Inicio Saludo a los estudiantes,	Clase 1: Inicio (15 minutos) Saludo a los estudiantes por parte de las practicantes, se inicia preguntando a los	Rol del docente -Facilitador del proceso de enseñanza - orientador - Diseñador	Bibliografía Soto, A. S. (2009). Electromagnetismo. Universidad	-Participación en clase -trabajo en equipo

		<p>visto alguna vez un imán? ¿En dónde? ¿Son todos iguales? ¿En sus casas hay? ¿Para qué lo usan? ¿A qué cosas se adhiere el imán?</p>	<p>Reconocer el funcionamiento, utilidad e importancia de los imanes.</p> <p>Procedimentales:</p> <p>Explicar situaciones cotidianas desde el concepto de campo electromagnético.</p> <p>Desarrollar habilidades experimentales en la explicación, demostración de campos magnéticos.</p> <p>Actitudinales:</p>	<p>la clase se iniciara planteando la pregunta problema, luego con una breve descripción de los temas a tratar.</p> <p>Desarrollo</p> <p>Posteriormente las practicantes tomaran la palabra para explicar la actividad y entrar en discusión con las ideas de los estudiantes</p>	<p>estudiantes si saben, que es un imán, para que se usan, como crearlos?</p> <p>Desarrollo</p> <p>Actividad 1 (30 minutos)</p> <p>Imán casero</p> <p>Un imán temporal simple puede hacerse con un pequeño pedazo de metal, como un clip y un imán de refrigerador. Reúne estos objetos así como una pieza de metal más pequeña, como la rosca de un arete o un clavo pequeño, que puedas usar para probar las propiedades magnéticas del clip.</p> <p>Junta objetos pequeños de diferentes metales y tamaños para ver cuales se pegan al clip.</p> <p>Frota el imán con el clip. Muévelo en la misma dirección, en lugar de hacia adelante y atrás. Usa el mismo movimiento que usarías para prender un fósforo. Continúa frotando el clip con el imán 50 veces lo más rápido que puedas. al finalizar el experimento, socializamos las ideas de los estudiantes, se resuelven</p>	<p>- Investigador -Facilitador de contenidos. - Tecnológico</p> <p>Rol del estudiante</p> <p>-esforzarse por aprender, no por aprobar un curso solamente por pasar el año, sino por adquirir los conocimientos, habilidades y destrezas necesarias para el desarrollo profesional.</p>	<p>de Antioquia.</p> <p>Molina, M. J. T. (1990). El Método Científico Global. Molwick.</p> <p>Recursos:</p> <p>-Video beam</p> <p>- Diapositivas</p> <p>- Videos el campo magnético de la tierra y formación de las líneas del campo magnético</p> <p>- Marcadores</p>	
--	--	--	---	--	--	---	---	--

Electro	<p>IMAN Campo electromagnético.</p>	<p>¿Qué es un electroimán? ¿Cuál es su</p>	<p>Escucho activamente a mis compañeros y compañeras, reconozco otros puntos de vista, los comparo con los míos. Fomentar el debate científicos.</p> <p>Conceptual Reconocer la importancia de la polaridad de los imanes.</p> <p>Procedimental Desarrollar</p>	<p>Cierre La profesora aclarara dudas y resolverá preguntas.</p>	<p>dudas y armamos nuestras conclusiones</p> <p>Cierre (15 minutos)</p> <p>Resolver preguntas y aclarar dudas de la actividad realizada.</p> <p>Clase 2:</p> <p>Inicio (15 minutos)</p>	<p>El rol del maestro es de orientador comprometido con el saber hacer en donde se brinden las</p>	<p>-Video beam - Diapositivas</p>	<p>Participación en clase Cumplimiento en la entrega de material. Cumplimiento en la entrega por escrito de las conclusiones</p>
---------	--	---	--	--	--	--	--	--

<p>- imán</p>		<p>manera de funcionar? ¿Para qué sirve?</p>	<p>habilidades experimentales en la explicación y demostración de campos magnéticos.</p> <p>actitudinal Escuchar activamente a mis compañeros y compañeras, reconocer otros puntos de vista, los comparo con los míos y fomento el debate científico.</p>	<p>Clase 2:</p> <p>inicio</p> <p>La clase se iniciara retomando lo visto en la clase anterior y explicando la actividad a realizar.</p> <p>Desarrollo:</p> <p>Posteriormente las practicantes tomaran la palabra para explicar la actividad a realizar y</p>	<p>Saludo a los estudiantes, se dará inicio a la clase partiendo de las ideas previas de los estudiantes sobre que es un electroimán, como funciona y para qué sirve.</p> <p style="text-align: center;">Actividad 2</p> <p style="text-align: center;">(50 minutos)</p> <p style="text-align: center;">Fabricación de un electroimán</p> <p>Usa los siguientes materiales Un clavo grande 90 cm de alambre de cobre esmaltado Una batería D o una pila de 50 V Objetos magnéticos pequeños, como clips. Pelacables Cinta adhesiva Pela las puntas de los cables. Usa el pelacables para pelar algunos centímetros de las puntas de los cables. Los extremos pelados de los cables irán enrollados alrededor de los extremos de la batería. Envuelve el clavo. Empezando aproximadamente como 20 cm del extremo del cable, envuelve el clavo</p>	<p>herramientas necesarias al estudiante para que asuma una posición activa y participativa hacia el desarrollo de diferentes actividades propuestas siendo un estos críticos y propositos.</p>	<p>- Videos sobre la evolución del hombre</p> <p>- Marcadores</p>	<p>al finalizar la clase.</p> <p>Participación en clase</p> <p>Cumplimento en la entrega de material.</p>
---------------	--	--	--	---	---	---	---	---

			<p>Clase 3</p> <p>Conceptuales:</p> <p>Reconoce e funcionamiento utilidad e importancia de las líneas de campo magnético.</p>	<p>entrar en discusión con las ideas de los estudiantes.</p> <p>Cierre</p> <p>Las profesoras aclarara dudas y resolverá preguntas.</p>	<p>firmemente. Cada vuelta del cable debe tocar la anterior, pero que no se empalmen. Continúa envolviendo hasta que el clavo este cubierto totalmente. Asegúrate de envolver el clavo en la misma dirección. Para crear un campo magnético, la electricidad tiene que fluir en la misma dirección.</p> <p>Conecta la batería. Envuelve un extremo pelado del cable alrededor del lado positivo de la batería y el otro extremo al lado negativo. Usa un pedazo pequeño de cinta adhesiva para asegurar el cable en los 2 lugares.</p> <p>El clavo se va a magnetizar de cualquier forma; la única diferencia es que la polaridad va a cambiar. Un lado del imán es el polo norte y el otro lado es el polo sur. Invertir los cables también invertirá los polos.</p> <p>Una vez que la batería esté conectada, los cables se van a calentar mientras la electricidad pasa por ellos, ten cuidado de no quemarte.</p> <p>Coloca el clavo cerca de un clip u otra pieza pequeña de metal. Como el clavo esta magnetizado, el metal se va a pegar al clavo. Experimenta con diferentes tamaños y pesos para ver qué tan</p>			<p>Cumplimiento en la entrega por escrito de las conclusiones al finalizar la clase.</p> <p>Se sacarán</p>
--	--	--	--	---	---	--	--	--

<p>Líneas de campo magnético</p>	<p>Visualizar la formación de las líneas de campo magnético.</p>	<p>¿Qué crees que son las líneas de campo magnético? ¿Por qué crees que se generan? ¿Qué función crees que cumplen las líneas de campo magnético?</p>	<p>Procedimentales: Explicar desde situaciones cotidianas como se generan las líneas de campo magnético mediante el flujo de una corriente eléctrica.</p> <p>Desarrollar habilidades experimentales en la explicación, demostración de campos magnéticos.</p> <p>Actitudinales: Escucho activamente a mis compañeros y compañeras, reconozco otros puntos de vista,</p>	<p>Clase 3:</p> <p>Inicio</p> <p>Las profesoras indagaran sobre las</p>	<p>potente es tu imán.</p> <p>Cierre (15 minutos)</p> <p>Resolver preguntas y aclarar dudas de la actividad realizada.</p> <p>Clase 3:</p> <p>Inicio (30 minutos)</p> <p>Saludo a los estudiantes, se dará inicio a la clase partiendo de las ideas previas de los estudiantes sobre que son las líneas de campo magnético haciendo una recopilación sobre las actividades que se han realizado en las clases anteriores.</p> <p>Desarrollo (40 minutos)</p>		<p>Infografía: http://salaamarilla2009.blogspot.com/2011/07/experiencias-con-iman.html</p> <p>Recursos: -Video beam</p> <p>- Diapositivas - Videos el campo magnético de la tierra y formación de las líneas del campo magnético</p> <p>- Marcadores</p> <p>Infografía: http://salaamarilla2009.blogspot.com/</p>	<p>conclusiones para evaluar si hubo una aprehensión sobre la formación de las líneas de campo magnético</p>
---	---	---	---	---	--	--	---	--

<p>Brújula</p>	<p>Imagina que tu colegio realizó una excursión al desierto de la Tatacoa, y en medio de la caminata te extravías, no tienes ni mapa, ni celular, ni un GPS, ni una brújula. ¿Qué harías para poder orientarte?</p>	<p>Cuando la brújula apunta hacia el Norte, ¿crees que es hacia el Norte magnético o Norte</p>	<p>los comparo con los míos. Fomentar el debate científicos.</p> <p>conceptual Reconocer la importancia de la polaridad de los imanes.</p>	<p>ideas previas que tienen los estudiantes acerca del campo magnético de la tierra.</p> <p>Desarrollo</p> <p>Posteriormente tomaran la palabra para explicar las propiedades y características del campo magnético terrestre, posteriormente se mostrara un video, para hacer la introducción al tema y</p>	<p>Observación de la líneas de campo magnético</p> <p>Limaduras de hierro se pueden obtener de minúsculos hilos de hierro cortando con unas Tijeras una esponjilla de las que se utilizan en la cocina para lavar la losa.</p> <p>Imanes Un papel Un salero para rellenar con las limaduras de hierro y poder espolvorearlas más fácilmente</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.Cubrimos un imán con una hoja de papel 2 esparcir lentamente las limaduras sobre el papel. 3. Observa como las limaduras se van orientando y dibujando las líneas de campo. <p>Cierre</p> <p>Al finalizar los estudiantes deberán exponer ante la clase lo que observaron al llevar acabo la experiencia y responderán una serie de preguntas.</p>		<p>gspot.com/2011/07/experiencias-con-iman.html</p> <p>Recursos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Video beam - Diapositivas - Videos el campo magnético de la tierra y formación de las líneas del campo magnético - Marcadores <p>Infografía:</p> <p>http://salaamarilla2009.blogspot.com/2011/07/experiencias-con-iman.html</p>	<p>Se sacarán conclusiones para evaluar si hubo una aprehensión sobre la formación de las líneas de campo magnético.</p>
-----------------------	---	--	---	---	--	--	---	--

		geográfico? ¿Porque?	<p>procedimental Comprender que la brújula es un instrumento de orientación que utiliza una aguja imantada para señalar el norte magnético terrestre.</p> <p>actitudinal Me muestro atento a la adquisición del nuevo conocimiento.</p>	<p>explicar la actividad a realizar.</p> <p>Cierre</p> <p>Aclaración de dudas y resolución de preguntas.</p>	<p>Clase 4:</p> <p style="text-align: center;">Inicio (15 minutos)</p> <p>Saludo a los estudiantes por parte de los practicantes, se inicia preguntando a los estudiantes si saben, que es una brújula, para que se usen, como construir una?</p> <p style="text-align: center;">Desarrollo (40 minutos)</p> <p>Las practicantes tomaran la palabra para hablar sobre el funcionamiento y utilidad de una brújula, posteriormente los estudiantes realizaran la experiencia de construir una.</p> <p>Fabricación de una brújula</p> <p>Clase 4:</p> <p>Inicio</p> <p>Materiales: Aguja Imán Un trozo de papel de aluminio Un balde con agua</p>		<p>Recursos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Video beam - Diapositivas - Videos el campo magnético de la tierra y formación de las líneas del campo magnético - Marcadores. 	
--	--	-------------------------	---	---	---	--	---	--

				<p>Saludo a los estudiantes, la clase se iniciara planteando la pregunta problema, luego con una breve descripción de los temas a tratar.</p> <p>Desarrollo</p> <p>Posteriormente las practicantes tomaran la palabra para explicar la actividad a realizar y entrar en discusión con las ideas</p>	<p>Primero frota la aguja contra el imán varias veces, después colocarla sobre un trozo de papel aluminio, colocándolo en el balde con agua.</p> <p>Cuando el agua se calme la aguja terminara alineándose con los polos magnéticos de la tierra.</p> <p style="text-align: center;">Cierre (15 minutos)</p> <p>Las practicantes resolverán preguntas y aclararan dudas referentes a la práctica realizada.</p>			
--	--	--	--	--	---	--	--	--

				de los estudiantes.				
				Cierre Las practicantes aclararan dudas y resolverán preguntas.				
Campo magnético	Comprender como el campo magnético interfiere en la orientación animal, y que no es el único mecanismo que utilizan para orientarse y en que ocasiones	¿Cuáles son los animales que se cree son los que más hacen uso del campo magnético? ¿En que ocasiones lo animales hacen uso del campo magnético para orientarse?		Clase 5: Inicio Saludo a los estudiantes, la clase se iniciara planteando la pregunta problema, luego con una breve descripción de los temas	Clase 5: Inicio (20 minutos) Saludo a los estudiantes, se da inicio a la clase indagando sobre el conocimiento que los estudiantes tengan sobre el campo magnético de la tierra. Desarrollo (30 minutos) Las practicantes tomaran la palabra para explicar el campo magnético de la tierra, como funciona y la manera en como interviene en nuestro diario vivir.		Infografía: http://salaamarilla2009.blogspot.com/2011/07/experiencias-con-iman.html Recursos: -Video beam - Diapositivas - Videos el campo	Indagación de las nuevas o estructuras conceptuales acerca del concepto orientación magnética.

	hacen uso de él.			<p>a tratar.</p> <p>Desarrollo</p> <p>Posteriormente las practicantes tomaran la palabra para explicar la actividad a realizar y entrar en discusión con las ideas de los estudiantes.</p> <p>Cierre</p> <p>Las practicantes aclararan dudas y resolverán preguntas.</p>	<p>Cierre (15 minutos)</p> <p>Las practicantes aclararan dudas y resolverán preguntas.</p> <p>Clase 8:</p> <p>Inicio (20 minutos)</p> <p>Futurama</p> <p>Se dará inicio a la clase proyectando un video, un fragmento de un capítulo de futurama llamado naturama, donde se muestra la migración del salmón.</p> <p>Desarrollo (20 minutos)</p> <p>Después de ver el video los estudiantes se reunirán en parejas y responderán las siguientes preguntas:</p> <p>Crees los animales tienen capacidad de orientación? Porque?</p> <p>Que elementos (geográficos, físicos, químicos... etc.) crees tú, que los animales utilizan para orientarse.</p>		<p>magnético de la tierra y formación de las líneas del campo magnético</p> <p>- Marcadores.</p>	
--	------------------	--	--	--	--	--	--	--

<p>Interferencia del campo magnético en la orientación de la hormiga.</p> <p>¿Crees</p>	<p>Influencia del campo magnético en la orientación de los animales.</p>	<p>Comprender que El campo magnético de la Tierra influye sobre la orientación de los animales.</p>	<p>Actitudinales:</p> <p>Escucho activamente a mis compañeros y compañeras, reconozco otros puntos de vista, los comparo con los míos. Fomentar el debate científicos.</p> <p>Conceptuales:</p>	<p>Clase 4: Inicio</p> <p>Después del saludo y llamado a lista se le pedirá a los estudiantes se desplacen hacia el patio del colegio.</p>	<p>Como crees que el Salmon es capaz de llegar a su destino sin perderse ?</p> <p>Clase 6 :</p> <p style="text-align: center;">Inicio (15minutos)</p> <p>Se dará inicio a la clase pidiéndoles a los estudiantes que se desplacen hacia el patio del colegio.</p> <p style="text-align: center;">Desarrollo (20minutos)</p> <p style="text-align: center;">Actividad 6</p> <p>¿Cómo el campo magnético afecta la orientación de las hormigas?</p>		<p>Bibliografía Soto, A. S. (2009). Electromagnetismo. Universidad de Antioquia.</p> <p>Molina, M. J. T. (1990). El Método Científico Global. Molwick.</p>	<p>La evaluación se realizará con los resultados de la actividad y las conclusiones que se saquen al finalizar la sesión</p>
---	--	---	---	---	--	--	--	--

<p>que el campo magnético interfiere en la orientación de los animales?</p>			<p>Reconoce que el campo magnético de la Tierra es utilizado por los animales como un mecanismo de orientación.</p> <p>Reconocer el funcionamiento, utilidad e importancia del campo magnético.</p> <p>Procedimentales:</p> <p>Explicar situaciones cotidianas desde el concepto de campo magnético.</p> <p>Desarrollar habilidades experimentales</p>	<p>Desarrollo</p> <p>Posteriormente se organizaran en grupos y se les hará entrega de un grupo de hormigas, un poco de azúcar y un imán.</p> <p>Cierre</p> <p>Al finalizar la experiencia, los estudiantes deberán exponer ante la clase lo que observaron durante la experiencia.</p>	<p>Después de estar en el patio del colegio, los estudiantes se organizaron en grupos y a cada grupo se le entregó un número determinado de hormigas, azúcar y un imán.</p> <p>Posterior a esto, los estudiantes debían dejar el azúcar a más o menos medio metro de las hormigas para que ellas se acercaran, después, deben, acercar el imán a las hormigas, observar y describir que sucede.</p> <p style="text-align: center;">Cierre (20 minutos)</p> <p>Las observaciones y descripciones se socializaron y se entró a sacar conclusiones acerca de lo sucedido.</p>			
---	--	--	---	--	---	--	--	--

			en la explicación, demostración de campos magnéticos.					
--	--	--	--	--	--	--	--	--

BIBLIOGRAFÍA

Guisasola Aranzabal, J., Almudí García, J. M., & Zubimendi Herranz, J. L. (2003). Dificultades de aprendizaje de los estudiantes universitarios en la teoría del campo magnético y elección de los objetivos de enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 079-94.

Campanario, Miguel. "El desarrollo de la metacognición en el aprendizaje de las ciencias: estrategias para el profesor y actividades orientadas al alumno." Colección Digital Eudoxus 8 (2009).

Valbuena, E. (2007). El Conocimiento Didáctico del Contenido Biológico. Estudio de las concepciones disciplinares y didácticas de futuros docentes de la Universidad Pedagógica Nacional (Colombia). Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.

González, Hernando, Gonzalo Marín, and Fernanda Ortíz. "Enseñanza y aprendizaje del concepto de corriente eléctrica basado en analogías y metáforas." *Revista Entornos* 1, no. 27 (2015): 125-130.

Pro A. (2003), La enseñanza y el aprendizaje de la Física. En: Jiménez M., Caamaño A., Oñorbe A., Oñorbe A., Pedrinaci E. y Pro A. (2000) Enseñar ciencias; editorial Graó. p. 175 – 202.

Winberg, T.M. y Berg, C.A.R. (2007). Students' cognitive focus during a chemistry laboratory exercise: Effects of a computer-simulated prelab. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(8), 1108-1133.

Moreno Gómez, E., & López Sancho, J. M. (2011). Una propuesta para sentir el campo magnético producido por un imán.

Correa, M. (2012). Estado del arte sobre los trabajos prácticos en la enseñanza de la biología (2004-2008): un aporte a la formación docente. Tesis de Maestría. Departamento de Postgrados. Universidad Pedagógica Nacional. Pp 412.

Amórtegui, E (2011). Concepciones sobre prácticas de campo y su relación con el conocimiento profesional del profesor, de futuros docentes de Biología de la Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá D.C. Colombia. 354 pp.

Flick, U. (2004). Introducción a la investigación cualitativa. Madrid: Ediciones Morata.

Rojo, O. (1990). Sobre la enseñanza de la Física. *Aula abierta*, (55), 37-44.

Guisasola Aranzabal, J., Almudí García, J. M., & Zubimendi Herranz, J. L. (2003). Dificultades de aprendizaje de los estudiantes universitarios en la teoría del campo magnético y elección de los objetivos de enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 079-94.

Campanario, Miguel. "El desarrollo de la metacognición en el aprendizaje de las ciencias: estrategias para el profesor y actividades orientadas al alumno." *Colección Digital Eudoxus 8* (2009).

Valbuena, E. (2007). El Conocimiento Didáctico del Contenido Biológico. Estudio de las concepciones disciplinares y didácticas de futuros docentes de la Universidad Pedagógica Nacional (Colombia). Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.

González, Hernando, Gonzalo Marín, and Fernanda Ortíz. "Enseñanza y aprendizaje del concepto de corriente eléctrica basado en analogías y metáforas." *Revista Entornos* 1, no. 27 (2015): 125-130.

Pro A. (2003), La enseñanza y el aprendizaje de la Física. En: Jiménez M., Caamaño A., Oñorbe A., Oñorbe A., Pedrinaci E. y Pro A. (2000) Enseñar ciencias; editorial Graó. p. 175 – 202.

Winberg, T.M. y Berg, C.A.R. (2007). Students' cognitive focus during a chemistry laboratory exercise: Effects of a computer-simulated prelab. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(8), 1108-1133.

Moreno Gómez, E., & López Sancho, J. M. (2011). Una propuesta para sentir el campo magnético producido por un imán.

Correa, M. (2012). Estado del arte sobre los trabajos prácticos en la enseñanza de la biología (2004-2008): un aporte a la formación docente. Tesis de Maestría. Departamento de Postgrados. Universidad Pedagógica Nacional. Pp 412

Amórtegui, E (2011). Concepciones sobre prácticas de campo y su relación con el conocimiento profesional del profesor, de futuros docentes de Biología de la Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá D.C. Colombia. 354 pp

Flick, U. (2004). *Introducción a la investigación cualitativa*. Madrid: Ediciones Morata

Rojo, O. (1990). Sobre la enseñanza de la Física. *Aula abierta*, (55), 37-44.

García, J. E. (1998). *Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares*. Díada.

Jördens, R., Strohmaier, N., Günter, K., Moritz, H., & Esslinger, T. (2008). A Mott insulator of fermionic atoms in an optical lattice. *Nature*, 455(7210), 204-207.

Gagliardi, R. (1986). Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), 030-35.

Díaz M. 2007, Campo Magnético Terrestre, Fq experimentos caseros de Física y Química, tomado de: <http://fq-experimentos.blogspot.com.co/2013/03/257-campo-magnetico-terrestre.html>

Romero, C. 2009. Cómo hacer una brújula casera. Como hacer.eu, ¿Inventamos juntos?, tomado de: <http://comohacer.eu/como-hacer-una-curiosa-brujula/>

CAPÍTULO 1

ORIENTACIÓN ANIMAL

Introducción.

La detección de los campos magnéticos por los seres vivos es una visión sorprendente de gran interés para la Ciencia y de sus cuidadosas observaciones sobre diversos animales: terrestres, marítimos y aéreos ha llegado a habilitar y disponer de los grandes avances tecnológicos actuales.

¿Qué estrategias utiliza el hombre cuando se quiere ir de un lugar a otro? Sin los instrumentos disponibles existentes, básicamente se utilizan algunas habilidades mentales que sirven de guía para no perder la orientación ni el camino. Por ejemplo, para ir a casa se toma como guía el nombre de las calles y su numeración, o simplemente se usan como referencia diferentes particularidades como el número de árboles, su forma, la construcción que está al finalizar la calle, entre otras; se sitúa un objeto en una cierta posición, se hace un esquema mental con todas ellas y se crea una guía de ubicación, lo que permite diversos desplazamientos por lugares conocidos y llegar al objetivo.

Al igual que los seres humanos, los animales también utilizan diversas estrategias para orientarse y buscar su alimento; en algunas especies para cumplir con sus migraciones en épocas de apareamiento, o simplemente para beber y nutrirse.

Esta habilidad es realmente sorprendente porque se observa en los animales que su capacidad de orientación les permite viajar distancias de cientos de kilómetros, atravesando mares, lagos, montañas y otros accidentes geográficos, regresando a su punto de partida sin más ayuda que sus mecanismos internos de orientación, algo que a los humanos resultaría casi imposible sin ayuda de GPS, brújula, mapas, cartas marinas, etc.

Pero ¿cómo se orientan los animales? ¿Qué es lo que les permite encontrar el camino con tanta facilidad?

La orografía de nuestro planeta es muy variada, con montañas, planicies, lagos, volcanes, etc., y todos ellos son utilizados por los animales para configurar un mapa con el cual orientarse, utilizado incluso por los grandes mamíferos marinos.

Los animales pueden orientarse en sus migraciones confiando en múltiples señales, tales como: estímulos celestes, luz polarizada, dirección del viento, sonidos de baja frecuencia y el campo magnético de la Tierra (Diego-Rasilla 2004) [1].

Esta capacidad de navegación requiere un sentido direccional o de brújula, y un sentido de posición geográfica o de mapa, elaborado a partir de la información espacial disponible en el lugar en que se encuentra el individuo [2].

La mariposa Monarca pasa por un tortuoso viaje migratorio de más de 3 mil kilómetros, desde América del Norte hasta México; su travesía empieza en agosto con la llegada de la temporada fría en el hemisferio norte, y termina en noviembre y diciembre en la planicie mexicana donde se reproducen y pasan el invierno, por lo que desde siempre ha despertado curiosidad en los investigadores.

Se creía que el sentido de orientación de estas mariposas se encontraba en su cerebro, que era controlado por su reloj circadiano, que es el sistema que controla rutinas biológicas como el sueño, que podían corregir su orientación y mantener su rumbo hacia el sur, utilizando el Sol como método de orientación.

Un estudio publicado por la revista Science, volumen 325, en septiembre del año 2009, dirigido por los neurobiólogos de la Universidad de Massachusetts, Steven Reppert, Christine Merlin y Robert Gegear, demuestra que las antenas de las mariposas son las que las ubican espacialmente, pues son las captadoras de las señales olfativas y pueden detectar la dirección del viento, de la luz solar, incluso

del sonido. Los investigadores hicieron una prueba donde le retiraron sus antenas a algunas mariposas y el resultado era siempre el mismo, las mariposas no eran capaces de mantener su rumbo, se perdían. En un siguiente experimento pintaron de negro las antenas de las mariposas y el resultado fue el mismo. Luego las pintaron de transparente y las mariposas fueron capaces de seguir su rumbo sin perderse, pues podían captar la luz solar [3].

Las mariposas pueden determinar la posición del Sol en relación con el horizonte en diferentes momentos del día y pueden determinar de esta manera un tiempo y una ubicación.

La mariposa Monarca presenta una especie de reloj interno, así como un 'almanaque' integrado en su cuerpo que le indica la posición del Sol en una hora y fecha específica. Puede utilizar este método, incluso en un día nublado, ya que además puede detectar el ángulo de polarización de cualquier luz. La luz difusa está polarizada, por lo que la dirección de polarización permite a la mariposa determinar la dirección del Sol, aunque esté cubierto por las nubes. Estas mariposas también poseen una brújula, de modo que puede detectar el campo magnético de la Tierra [4].

Algunos animales utilizan señales ambientales teniendo como información la brújula. El Sol es utilizado como referencia de orientación por algunos animales como punto fijo, pero este no es útil para largas migraciones, y otros poseen la capacidad de brújula, que hace que el animal pueda acompañar la secuencia de cambios de posición del Sol durante el día ("brújula de sol"), lo que les permite orientarse de manera constante [5].

Con el hallazgo de que los insectos pueden navegar o poner rumbo, se logró la comprensión de que las aves y otros vertebrados deberían ser capaces de las mismas proezas. Un ejemplo de esto son las pequeñas aves canoras que están programados para comenzar a volar del sudeste de la costa de Norteamérica, hacia América del Sur.

El biólogo Hoffman (1984) demostró este hecho por medio de experimentos con palomas, donde hacía cambios artificiales en la duración de los días, lo que modificaba el sentido de orientación de la paloma, haciendo que se equivocara cuando era soltada. Pero Keeton (1974) demostró que las palomas eran capaces de orientarse incluso cuando el cielo estaba nublado, por lo que se empezó a pensar que estos animales poseían una brújula auxiliar que no dependía de la posición del Sol, lo que lo llevo a postular la hipótesis de que las palomas poseen un cierto sentido de orientación por medio de un campo magnético [6].

Al igual que el Sol, la Luna también es utilizada por los animales como método de orientación, pero es una fuente poco fiable de información direccional pues es visible solo durante alguna parte de la noche y sus fases dificultan significativamente la navegación lunar. La Luna suministra una señal de orientación para las especies que se mueven en la noche y, en sus diferentes fases, los animales tienen un reloj interno que está en consonancia con el tiempo lunar. Ciertos anfípodos (pequeños crustáceos de la playa) han mostrado usar una brújula lunar. Las estrellas de la bóveda celeste nocturna aportan información más fiable y empleadas por los animales de migración nocturna como brújula estelar. La ventaja más obvia al usar las estrellas como método de orientación es que las estrellas mantienen una relación geométrica fija que puede ser utilizada independientemente del tiempo, estación (primavera, verano, otoño e invierno) o localización geográfica. La rotación de la Tierra genera la impresión de que las estrellas describen un abanico celestial similar al del Sol, pero la región situada alrededor de la estrella polar (o estrella del norte) representa un punto de observación estable que señala el norte en el hemisferio norte.

Los animales poseen una “brújula solar” que sirve de guía para sus desplazamientos diarios. Los animales mantienen una orientación constante a lo largo del día, de acuerdo con las diferentes posiciones del Sol. Muchos animales son capaces de percibir el plano de polarización de la luz, el vector \vec{e} , que los provee de un eje de orientación aun cuando el Sol no está visible. Esta orientación

con luz polarizada ha sido ampliamente estudiada en abejas y hormigas que utilizan longitudes de onda en el ultravioleta [7].

El movimiento y orientación de algunos animales se basa en el sistema de “*integración de ruta*” que se refiere a un proceso por el cual el animal hace un seguimiento de su posición actual en relación con una posición anterior conocida, utilizando información inter-receptiva, es decir, información sobre la base de su propio movimiento. El animal procesa en forma continua la información acerca de los cambios que hace en la distancia lo que indica la orientación en diferentes puntos de su camino [8].

Se ha visto que los animales pueden usar diferentes mecanismos de orientación y diferentes estrategias para encontrar la ubicación de un objetivo. El animal puede usar cualquier habilidad de orientación que depende de sus sensores y de las condiciones impuestas por el medio, habilidades que siempre serán motivo de investigaciones.

El científico conductista Stephen Emlen demostró por medio de experimentos con azulejos americanos (*Posserina Cyanea*) que algunos animales migratorios nocturnos utilizan patrones celestes. Para orientarse. Los azulejos eran criados de manera que pudieran ver el cielo nocturno pero no los puntos de permanencia o dónde estaban parados. En la primavera, o en la etapa de migración Stephen calculó el patrón de inquietud migratoria de los pájaros. Los azulejos que en sus jaulas podían ver la bóveda celeste indicaban un patrón de inquietud de orientación hacia el norte, el mismo patrón de inquietud que presentaron los que podían ver diferentes constelaciones proyectadas en un planetario. Stephen proyectó las mismas constelaciones pero de manera que apuntaran hacia el sur, y las aves modificaron su patrón de orientación invirtiendo su inquietud migratoria que es el estado de hiperactividad previo a la migración en un ángulo de 180°. Para orientarse los pájaros jóvenes deben familiarizarse con los elementos de la

bóveda celeste nocturna durante cierto tiempo, antes de la migración primaveral [8].

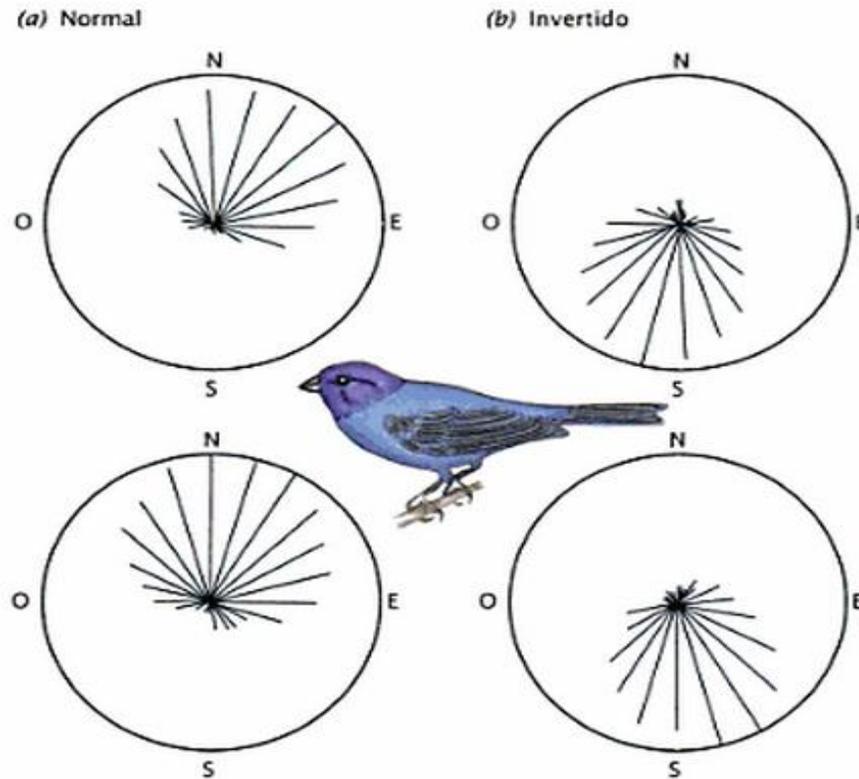


Figura 1 Experimentos realizados en planetarios demuestran que los pájaros de migración nocturna utilizan patrones estelares para orientarse. Se criaron azulejos norteamericanos de manera que pudiesen ver el cielo nocturno pero no los puntos de la periferia local. Luego se evaluaron las preferencias de orientación de la inquietud migratoria en un planetario con un patrón de estrellas normal (a) o con uno invertido (b). Imagen tomada de Hill, R. W., & Wyse, G. A. (2006). Fisiología animal. Ed. Médica Panamericana. Página 536.

Los resultados ilustrados en la Figura 1 obtenidos con dos azulejos revelan que el patrón estelar es el factor determinante principal de la dirección de la orientación.

El magnetismo terrestre es utilizado por los animales como una fuente de información direccional muy fiable, dado que los polos magnéticos están cerca de

los polos geográficos y no se modifican durante toda la vida del animal. Los animales perciben la inclinación y la polarización del campo magnético terrestre (brújula magnética). Para este método de orientación hay dos atributos del campo magnético: una brújula que capta la polaridad direccional, y una brújula de inclinación que capta el ángulo de inclinación magnética.

Según estudios experimentales las abejas perciben la polaridad magnética, mientras que los pájaros y los reptiles se basan en el ángulo de inclinación [8].

El primer experimento publicado, sobre el efecto de los campos magnéticos en la orientación, fue el del alemán Kreidl en 1893, con cangrejos [9]. Cuando los cangrejos realizan el cambio del exoesqueleto pierden también unas partículas densas denominadas “estatolitos” que forman parte de su sistema vestibular. Después de desprenderse del antiguo exoesqueleto recogen partículas de arena que les sirven de nuevos estatolitos. Kreidl colocó cangrejos que acababan de perder el exoesqueleto antiguo en el acuario, en el cual todas las partículas disponibles eran magnéticas. Los cangrejos colocaron partículas magnéticas en el laberinto del oído. Al aproximarle un imán, el cangrejo adoptaba una orientación determinada mostrando que la orientación de la partícula magnética forzaba la orientación del cangrejo.

A partir del campo magnético de la Tierra pueden obtenerse al menos dos tipos de información, las necesarias para los sentidos de brújula y de mapa. Varios parámetros geomagnéticos como las corrientes eléctricas en la ionosfera y en la propia Tierra producen fluctuaciones diarias en el campo magnético que se modifican geográficamente de forma predecible, por lo que pueden ser utilizados en el mapa de navegación (Skiles, 1985).

Algunos animales tienen sentido de ubicación de mapa. Es muy probable que para poder ubicarse los animales utilicen varios métodos, aparte del sentido de ubicación de brújula. Utilizan información cartográfica. El animal durante su trayectoria hace una referencia de su posición en su cerebro, lo que es

denominado *mapa* y su sentido de brújula lo orienta en relación con su mapa mental: esto se conoce como navegación con mapa y brújula. En el momento en que el animal hace la construcción del mapa hay diversos factores influyentes como las señales sensitivas, el campo geomagnético y las señales solares [8].

La ubicación por medio de mapa de los animales se basa en información geomagnética, ya que el ángulo de inclinación geomagnética aumenta en magnitud cerca de los polos magnéticos.

Las palomas y las ballenas presentan desorientación frente a anomalías del campo magnético y este es un componente importante en la construcción de los mapas en estos animales [8].

Las señales solares también son importantes en el momento en que el animal construye su mapa, la altura del Sol varía según la latitud sobre la línea del horizonte, y las horas del amanecer y el crepúsculo varían según la longitud [8].

Este método de orientación es bastante controversial, ya que muchos investigadores dicen que no es posible que los animales posean tal capacidad.

El concepto de un mapa cognitivo espacial es importante porque, según Tolman (1948) [2] los animales no se limitan a basar sus acciones en la asociación de estímulo-respuesta específica, sino que también internamente reorganizan la información espacial adquirida para formar representaciones del medio ambiente. Esto les permite a los animales tener una reacción pronta a los estímulos que están presentes, porque tales estímulos se mantienen en forma de mapa.

Según Poucet (1993) [2] el hecho de que los animales demuestren tener algún patrón para guiarse no es suficiente para sostener la hipótesis de que los animales puedan construir un mapa mental para poder orientarse. La construcción de un mapa mental, implica que el animal puede tener acceso completo a la información, pero los diferentes estudios han demostrado que esta información podría ser manipulada para modificar la orientación espacial del animal.

Una de las razones en las que se basa esta teoría es la capacidad que han demostrado diferentes animales para tomar nuevos caminos en determinados momentos.

O'Keefe y Nadel (1978) [2] señalan que los animales poseen la capacidad de crear un mapa cognitivo, argumentando que estos utilizan la integración de camino que les permite regresar a su punto de partida después de un viaje, utilizando puntos únicos que les sirven de referencia.

Benhamou (1997) [2] Dice que no hay pruebas que demuestren que un animal es realmente capaz de construir mentalmente una representación del espacio. Presentó un proceso alternativo en el que, contrariamente a lo que sucede en la representación global del espacio, y considera que el animal no identifica las relaciones espaciales entre los lugares importantes del terreno, independientemente de su ubicación. Afirma que "es sólo cuando el animal está de pie en la proximidad de un lugar importante dado que las direcciones y distancias a los otros lugares se pueden recuperar de la memoria, en respuesta a la vista real del medio ambiente local".

Además de los mecanismos de navegación mencionados anteriormente, muchos animales utilizan sus sentidos (quimio-sensores) como métodos de orientación y navegación, los que, mediante el proceso de la selección natural, han evolucionado y perfeccionado.

Esta capacidad resulta ventajosa en las épocas de reproducción, ya que muchos animales lo hacen en determinados periodos y para esto algunos tienen que desplazarse largas distancias pues, al transcurrir cada uno de estos sucesos, la adaptación se hace cada vez mejor.

Uno de los casos más estudiados es la migración del salmón en épocas de desove, pues su olfato lo lleva por una travesía bastante tortuosa, ya que esta expulsión solo tiene lugar después de que el salmón adulto migra a través del

océano hasta su río natal y apelando al recuerdo del olor de su lago o su arroyo natal se dirige hacia él, donde se establece y se reproduce una sola vez y luego muere.



Figura 2. Ciclo vital de migración y regreso dirigido del salmón rojo (*Oncorhynchus nerka*) del lago Iliamna, en Alaska. Los salmones recién nacidos emergen del fondo del arroyo y de las playas, y pasan tres años en el lago antes de transformarse en murgones que migran hacia el mar. Imagen tomada de de Hill, R. W., & Wyse, G. A. (2006). Fisiología animal. Ed. Médica Panamericana. Página 529.

Si los movimientos migratorios evolucionaron por la selección natural, deben poseer ventajas adaptativas que sobrepasen los costos energéticos y de

información. A veces las ventajas adaptativas de la migración son evidentes; por ejemplo, los pájaros que se alimentan de insectos voladores.

Algunos animales son capaces de captar frecuencias sonoras que para nosotros pasan desapercibidas. Los elefantes pueden oír muy bajas frecuencias a largas distancias. Los agudos sonidos que emiten los murciélagos les son útiles en las noches, cuando llevan a cabo su actividad cazadora, emitiendo una serie de ultrasonidos para ubicarse espacialmente.

Los delfines utilizan un sonar denominado “ecolocalizador” como técnica de orientación, produciendo tonos de alta frecuencia. Al impactar estos tonos sobre un objeto, alguna fracción del sonido rebota y regresa al emisor. Cuando escuchan el eco, interpretan el tiempo que tardó el sonido en regresar y de esta forma el delfín conoce la distancia del objeto. Este, método aporta información más completa para localizar cardúmenes en aguas turbias [10].

Por medio del olfato, algunos animales son capaces de percibir las sustancias químicas que viajan en el aire, lo que les permite localizar a sus presas, o estar alerta a sus depredadores y en épocas de apareamiento para la localización de la pareja.

En las palomas se describe un método de ubicación denominado *hipótesis del mapa olfatorio*, la cual revela que las palomas pueden encontrar el camino de regreso a su nido sin necesidad de información visual, y los investigadores concluyen que las palomas cuentan con un sentido que les permite una ubicación en el mapa de hasta 700km de distancia para volver a su nido. Esta hipótesis se basa en que las palomas utilizan un patrón olfatorio parecido al del regreso dirigido del salmón. Alguna atrofia o alteración en el sentido olfatorio de una paloma puede presentarle dificultades para regresar a su palomar.

Este sentido en algunos animales se ha desarrollado tanto que se ha convertido en uno de los de mayor interés científico. Por ejemplo, el oso polar puede detectar

un cadáver de una foca a decenas de kilómetros de distancia y una anguila es capaz de orientarse olfativamente a lo largo de miles de kilómetros por el Atlántico hasta llegar a su lugar de cría [8].

Por medio de los sentidos disfrutan la vida los diferentes individuos que se encuentran dispersos en todos los ambientes. La sensibilidad es la función de reconocimiento del medio y va ligada a la necesidad de movilidad.

Para medir la distancia recorrida, los animales recurren a varios métodos; las abejas melíferas se basan en su flujo óptico, que evalúa la velocidad de sus similares en su campo visual a medida que se desplaza. Entre más cerca estén los objetos de su interés, vuelan con mayor rapidez que los que se encuentran lejanos, esto hace que se incremente el flujo óptico y se agudice la sensación de distancia recorrida.

El flujo óptico es utilizado por las abejas para medir las distancias que las separa de su fuente de alimento [11], y esta información se transmite a las otras abejas usando cierta coreografía especial [12].

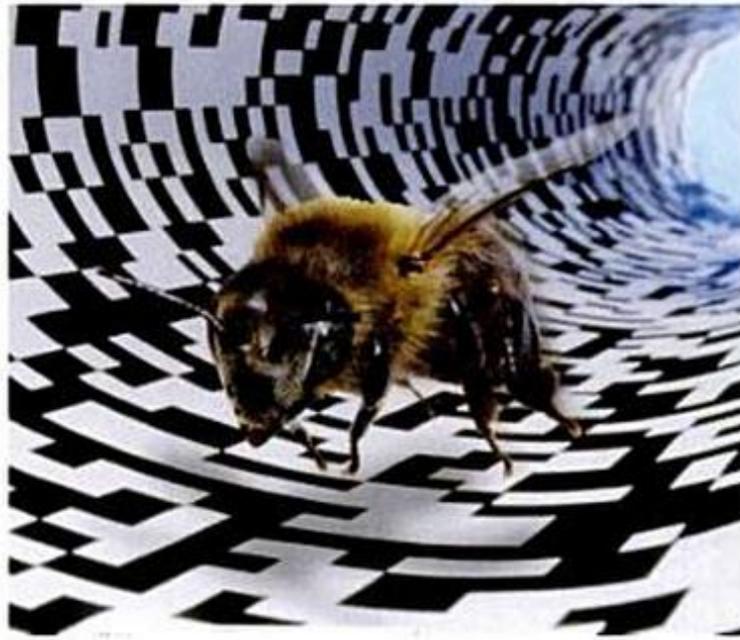


Figura 3. Estimación de la distancia por flujo óptico Imagen tomada de Hill, R. W., & Wyse, G. A. (2006). Fisiología animal. Ed. Médica Panamericana. Página 533.

Por esta gran cualidad y muchas otras, la abeja es considerada un animal sorprendente, el cual sirve a la ingeniería para perfeccionar sus modelos de robots voladores ya que las abejas poseen una gran destreza en el momento de encontrarse en el aire.

Estudios realizados en la Universidad Nacional de Australia han demostrado que la abeja tiene sistemas de procesamiento de información que son muy superiores a los de cualquier superordenador [13].

“Las abejas poseen medidores de velocidad del aire, giróscopos, una ‘brújula’ capaz de detectar la polarización de la luz solar, sensores de rayos ultravioleta para rastrear el horizonte y medir la inclinación, y dos ojos compuestos, cada uno con 7.000 facetas hexagonales (de seis lados). Estas facetas son las ventanas que dan acceso a unas unidades fotorreceptoras denominadas *ommatidios*, que son pequeños tubos que contienen cada uno su propia lente y células

fotorreceptoras. Cada uno de los tubos apunta en una dirección diferente, consiguiendo así una amplia zona de visión. Su forma es ideal. Usa la mínima cantidad posible de material de borde, por lo que las celdas son hexagonales, con ellas es posible utilizar paredes comunes que no es posible con las celdas circulares. Así, un panal de celdas hexagonales requiere 52 % menos de cera que si se construyera un panal de celdas circulares, tiene las esquinas menos agudas y por lo tanto necesita menos refuerzo, y es la estructura más simétrica. Y son excelentes para detectar el movimiento, ya que el más pequeño cambio provoca que la imagen sea captada por facetas diferentes” [14].

Las hormigas del desierto poseen una técnica de navegación que es comparada con la de los marineros, en tiempos anteriores, *navegación a estima*. Los marineros navegaban sin puntos de referencia, su curso lo fijaban según la posición del Sol y la velocidad la fijaban amarrando una soga con varios nudos a un tronco. De igual manera las hormigas recorren el desierto sin tener puntos de referencia, pero no es claro hasta el momento cómo estas hormigas miden la distancia; es muy probable que de igual manera como lo hacen los humanos, ella cuenten sus pasos.

La hormiga del desierto del Sahara, (*Cataglyphis fortis*), frecuentemente recorre cientos de metros en zigzag para alcanzar su alimento. También puede encontrar el camino de regreso a su hormiguero aunque tenga que seguir una ruta totalmente desconocida, aunque no disponga de prácticamente ningún punto de referencia [15].

Según los investigadores seguramente las hormigas poseen un sentido interno llamado autorrecepción, que es utilizado por los animales y por los seres humanos para ubicar las partes su cuerpo, y es muy probable que mediante este sentido las hormigas midan la inclinación de las pendientes y la gravedad. Las hormigas cuentan con conjuntos de pelos mecano sensores. Es por tanto difícil determinar el mecanismo exacto usado por la hormiga para calcular la distancia horizontal.

Los científicos planean investigar la posible existencia de otro tipo de mecanismos mucho más sofisticados que permitirían a la hormiga la elaboración de recorridos de integración tridimensionales [16].

CAPÍTULO 2

EL CAMPO GEOMAGNÉTICO

Cada movimiento nace del deseo de cambio.
Antiguo

El polo Norte indicado por la aguja de una brújula apunta hacia el norte magnético, pues las líneas de campo magnético de la Tierra van de sur a norte, respecto a polos geográficos, ya que los polos magnéticos se encuentran invertidos en relación a los polos geográficos y difieren por un pequeño ángulo del meridiano. Este ángulo se conoce como *declinación magnética*. Si un imán largo se suspende sobre su eje horizontal, la posición de equilibrio, en el hemisferio norte, se encuentra con el polo norte hacia abajo. El ángulo con la horizontal es llamado el ángulo de *caída* o *inclinación magnética*. Los ángulos de declinación y de inclinación, así como la intensidad del campo magnético varían sobre toda la superficie terrestre. Este campo magnético rodea la Tierra y se atribuye al efecto provocado por la rotación de su núcleo de hierro, además de la influencia del *viento solar* que es una corriente de partículas energéticas, y con carga eléctrica, provenientes del Sol.

Se atribuye a Carl Friedrich Gauss la medida de la intensidad del campo y se ha evidenciado desde entonces un decaimiento sustancial de su valor.

Narraciones históricas reportan la existencia de materiales que tenían la particularidad de atraer materiales férricos pero no tenían ninguna aplicación útil y práctica.

Una propiedad realmente útil de estas piedras fue descubierta por los chinos hace 1500 años, quienes observaron que al suspender un trozo de éstas podían girar

horizontalmente, y detenerse siempre en la misma posición, en la dirección Norte-Sur (de donde se deriva el nombre de los polos: Norte y Sur) [17], hecho que dio origen al compás magnético o brújula [18].

Estas brújulas elementales eran utilizadas por los chinos en la navegación. La brújula se empezó a utilizar como instrumento de navegación en el occidente alrededor de 1300 d.C.

En el siglo XV la creencia que se mantenía acerca de que, la aguja de la brújula apuntaba al norte verdadero, resultó ser incorrecta [19].

“Cuando Cristóbal Colón cruzó el Atlántico en 1492 en busca de la India, notó que la aguja de la brújula se desviaba ligeramente de la dirección norte indicada por las estrellas y que la desviación cambiaba a medida que se alejaba del continente. Sin embargo, fue hasta alrededor de 100 años después que el médico de la Reina Isabel I de Inglaterra, William Gilbert, logró explicar esta desviación al considerar que la Tierra era un imán gigantesco con sus polos magnéticos situados a cierta distancia de los polos geográficos (los polos geográficos son los puntos de la superficie terrestre por donde pasa su eje de rotación). De ahí que la brújula apunte siempre directamente al polo magnético, y no al polo geográfico. La diferencia entre la lectura de la brújula y el norte verdadero se llama *declinación magnética*” [17].

El polo magnético situado al norte, es *negativo o sur*, aunque normalmente se le denomine polo magnético norte, para poder diferenciarlo del polo geográfico. Los polos geográficos y magnéticos se encuentran distanciados, representados en la (figura 4).

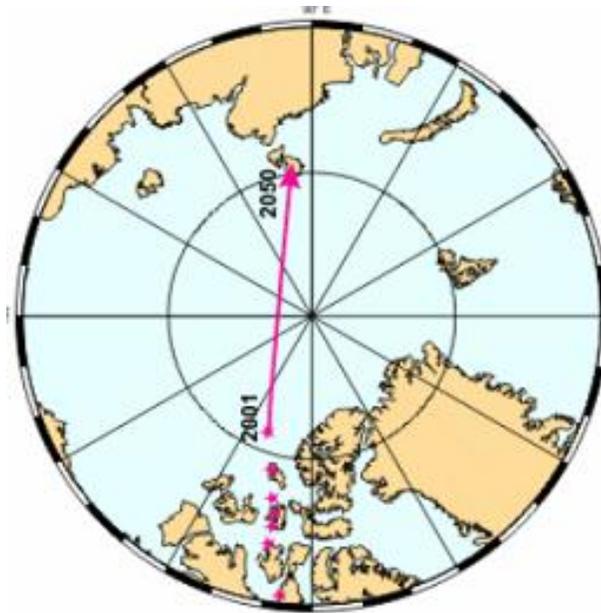
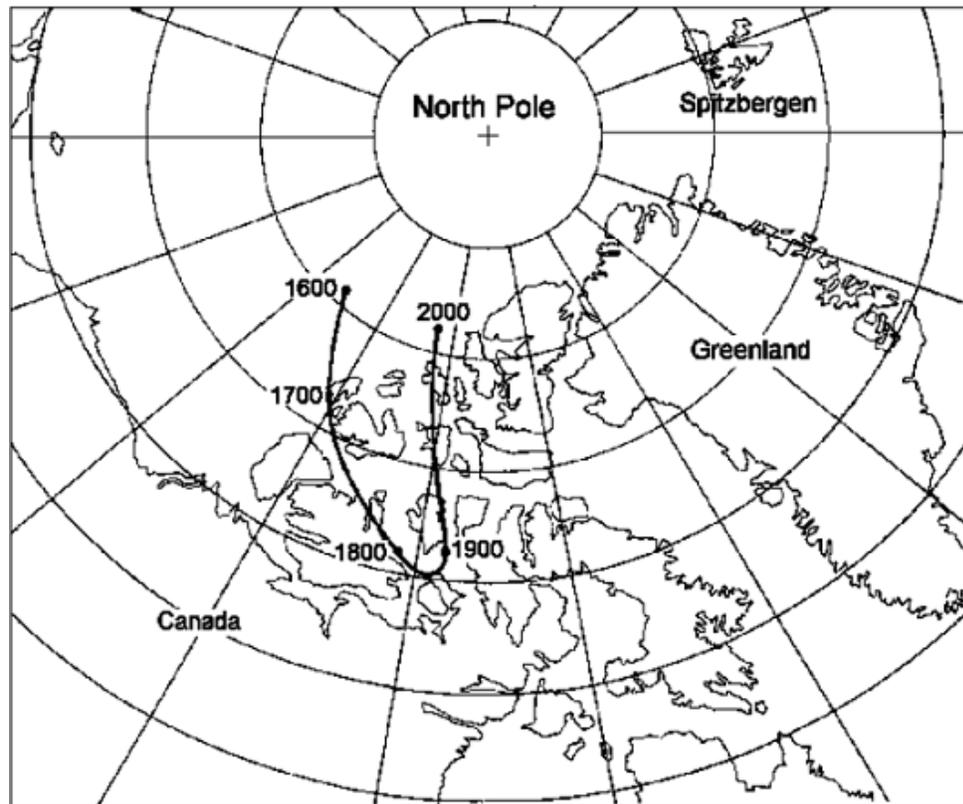


Figura 4. Posición del Polo Norte Magnético: varía con los años. Imagen tomada de <http://usuarios.geofisica.unam.mx/cecilia/CT-SeEs/14xDecMagSE.pdf> [20], modificada por autores: María de los Ángeles Mora y Rubiela Cárdenas.

La posición de los polos magnéticos cambian con el tiempo, fenómeno que se conoce como deriva polar [17].

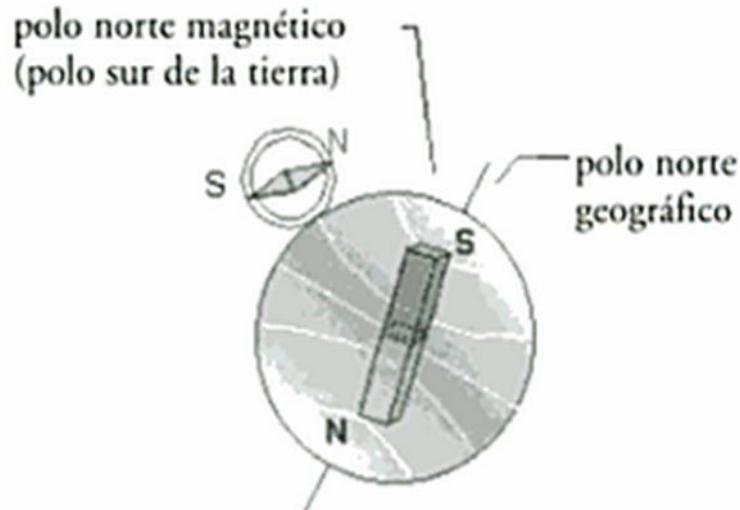


Figura 5. El extremo de la aguja imantada que apunta al norte geográfico se denomina polo positivo o polo norte del imán y se designa con el signo (+), mientras que el otro polo se denomina sur o negativo y se designa con el signo (-). Notar que el norte magnético de la Tierra corresponde en realidad al polo sur de un imán, si se considera a la Tierra como un imán gigantesco. Imagen tomada de Arias, A. G. (2001). *¿Qué es el magnetismo?* (Vol. 77). Universidad de Salamanca.

Se conoce relativamente poco sobre el origen del campo magnético de la Tierra. Los cambios bruscos y frecuentes que se han detectado en el campo magnético de la Tierra contradicen la teoría de un imán permanente en el interior de esta.

Los diferentes estudios sísmicos no arrojan demostración de que exista una gran cantidad de magnetita que actúe como un imán permanente en el interior de la Tierra.

“La Tierra funciona como un gigantesco dinamo auto excitado, con su campo magnético generado por el movimiento de electrones, la corriente eléctrica en el núcleo externo es, a su vez, generada por el movimiento de la Tierra a través del poderoso campo magnético del Sol y es reforzada por la convección de material del núcleo externo (promovido por el calor del núcleo interno) y la rotación de la Tierra, lo que pone el líquido en movimiento y determina la dirección de convección. Esas corrientes en movimiento generan el campo magnético terrestre, el que a su vez genera más corrientes eléctricas y el sistema continua estimulándose así mismo” [18].

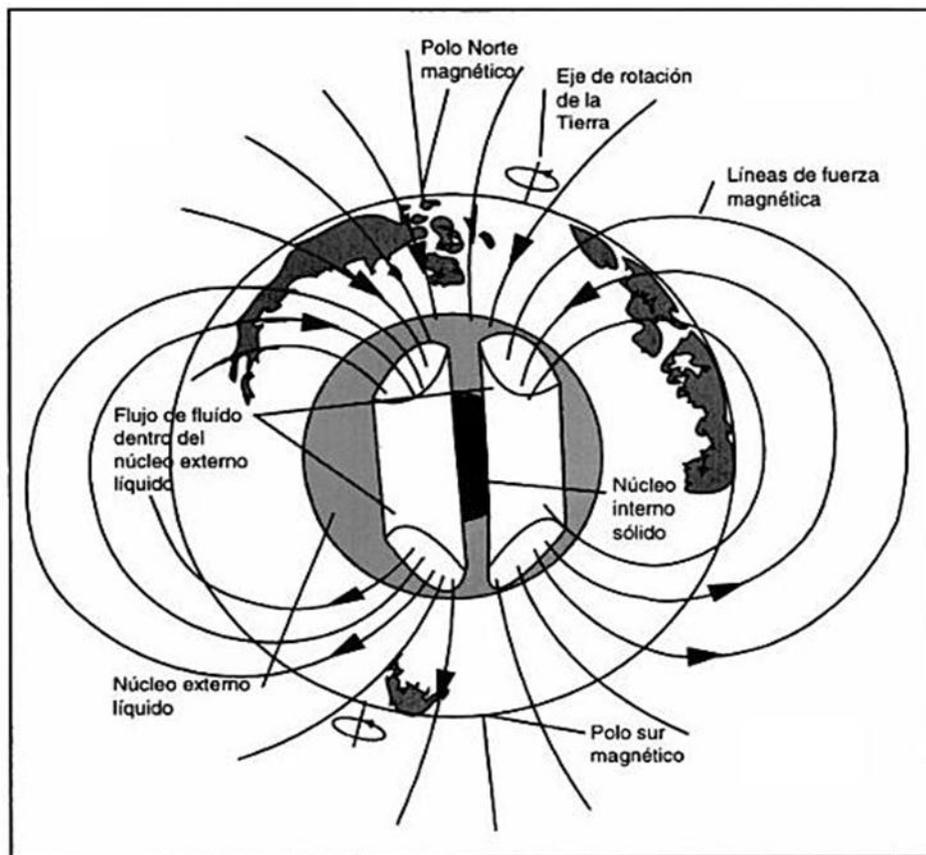


Figura 6. El campo magnético terrestre se genera en parte por el movimiento de un fluido en su núcleo externo. Imagen tomada de Valdivia, L. M. A. (1996). Propiedades geofísicas de la Tierra (Vol. 10). Plaza y Valdés. Página 37.

Al igual que la Tierra, el Sol posee campo magnético. Su inducción magnética observada en las manchas solares, es mucho más fuerte con un valor de 0,25 Tesla (T); y la inducción magnética de la Tierra es menor de 0.0001 T. Las erupciones solares emiten de forma intensa rayos X, ondas de radio, y partículas muy energéticas que cuando inciden en la Tierra ocasionan alteración de las telecomunicaciones y la formación de algunos fenómenos que se conocen como aurora boreal en el hemisferio norte, o, aurora austral en el hemisferio sur.

A través de la historia, la polaridad de la Tierra se ha transpuesto periódicamente, el norte magnético al sur, y el sur al norte. Este fenómeno es conocido como inversión o reversión geomagnética. No se tiene conocimiento de las razones de estas alteraciones, pero quedan registradas en la formación de rocas ígneas, rocas que se forman en presencia de altas temperaturas, en la superficie de la Tierra y en los fondos marinos. Cuando las rocas se enfrían, sus minerales permanecen magnetizados y su dirección depende de la posición de los polos magnéticos. Siguiendo el registro de formación de estas rocas, se puede conocer la ubicación de los polos magnéticos en una determinada época geológica [18].

Con la recopilación de análisis cuidadosos de direcciones e intensidades de magnetización en rocas se ha establecido que la polaridad del dipolo axial ha cambiado muchas veces en el pasado, con cada intervalo de polaridad que dura varios miles de años. El núcleo sólido metálico, como se piensa, juega un papel importante en la inhibición de inversiones. Actualmente se ve una disminución del 6 % del momento dipolar, por siglo [21].

Oersted, químico danés, experimentó acercando una brújula a un cable por el cual circulaba una corriente y observó que la aguja de la brújula se orientaba perpendicularmente a la dirección del cable. Este fenómeno fue estudiado más tarde en Francia por André-Marie Ampère, quien llegó a la conclusión de que todas las manifestaciones del magnetismo, incluyendo las de los imanes permanentes estaban asociadas de alguna forma a las corrientes eléctricas [17].

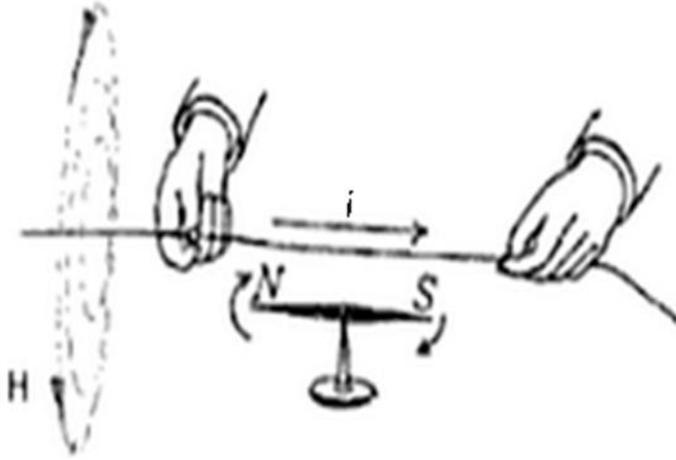


Figura 7. Experimento de Oersted. La aguja imanada tiende a orientarse en dirección perpendicular al alambre que transporta una corriente de cargas eléctricas. Las líneas de inducción forman circunferencias concéntricas alrededor del alambre en toda su longitud. Imagen tomada de Valdivia, L. M. A. (1996). Propiedades geofísicas de la Tierra (Vol. 10). Plaza y Valdés. Pág.21

El primero en demostrar que dos conductores paralelos, por los que fluye una corriente en igual sentido se atraen entre sí, mientras que si los sentidos de la corriente son opuestos, los conductores se repelen, fue Ampère.

La regla de la mano derecha, se usa para inferir la dirección y sentido de las líneas de inducción magnética asociadas al alambre con corriente, ya que si se orienta el pulgar en dirección de la corriente, el resto de los dedos de la mano indican el sentido de giro de las líneas de inducción alrededor del alambre.

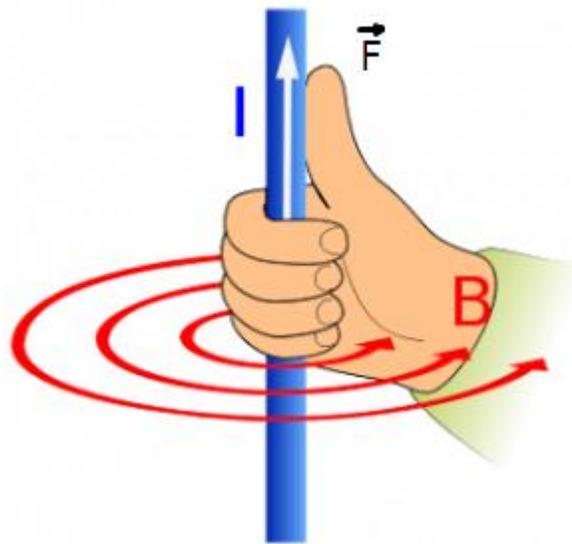
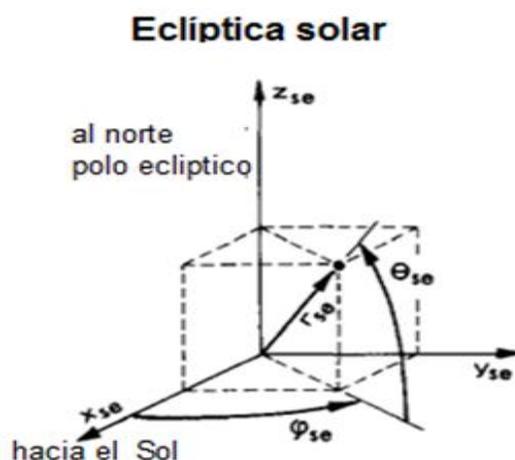


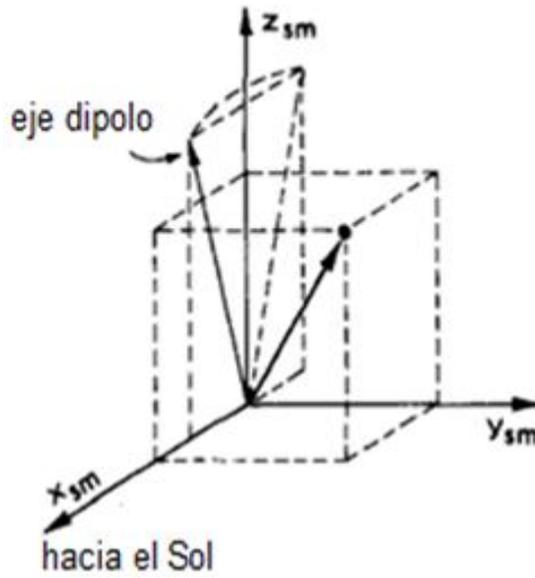
Figura 8. Regla de la mano derecha la dirección de la fuerza se obtiene apuntando los dedos de la mano derecha en dirección de la corriente convencional I , y doblándolos a continuación hacia B . El pulgar extendido apunta en dirección de F . La fuerza es hacia arriba, y hacia abajo. Imagen tomada de <http://usuarios.geofisica.unam.mx/cecilia/CT-SeEs/14xDecMagSE.pdf>.

El vector de campo geomagnético puede especificarse por dos ángulos de dirección y su magnitud o por tres componentes perpendiculares, las más utilizadas son las coordenadas polares esféricas r , U y φ donde r es la distancia geocéntrica, φ es co-latitud (medido desde el polo norte geográfico) el ángulo.

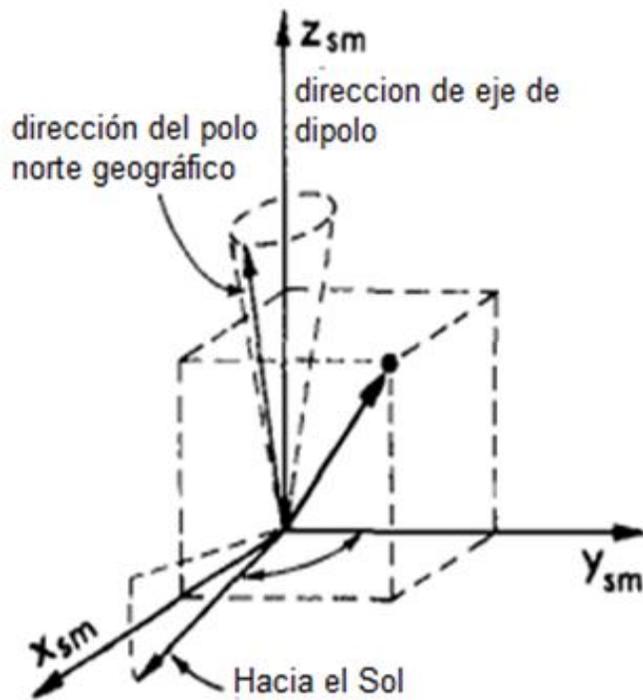
X: componente norte
 Y: componente este
 Z: componente vertical
 D: declinación
 I: inclinación



Magnetosfera solar



Solar magnética



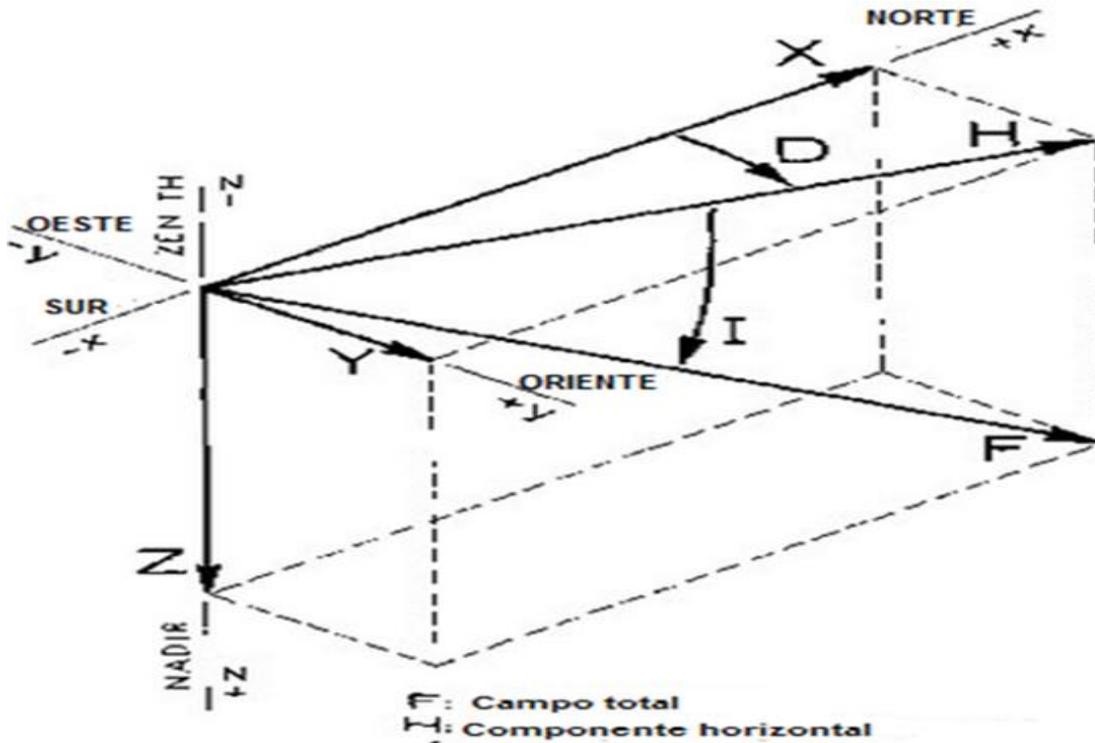


Figura 9. Ejes de coordenadas con ángulos y componentes. Imagen tomada de Knecht, D. J., & Shuman, B. M. (1972). The geomagnetic field. Air Force Cambridge Research Laboratories, Space Physics Laboratory. Modificada por autores: María de los Ángeles Mora, Rubiela Cárdenas.

El campo geomagnético es representado por la letra F . La magnitud de la componente horizontal H es denominado intensidad horizontal; La magnitud de la componente vertical vectorial Z , se denomina intensidad vertical. La magnitud de la declinación D es el ángulo entre X y H , y también se conoce como la variación magnética, o la variación de la brújula. La inclinación I corresponde al ángulo entre H o F . Las cantidades F , H , X , Y , Z , D y I son llamados elementos magnéticos de campo.

Como se muestra en la (Figura 9), todos los vectores y ángulos son positivos, φ es la longitud de éste (medido desde el meridiano de Greenwich). A veces la altitud

(por encima de la superficie de la Tierra) se especifica en lugar de r , Norte o Sur latitud se especifica en lugar de θ , y al oeste longitud se especifica en lugar de φ para los valores superiores a 180° .

Los ángulos se miden comúnmente en grados, minutos y segundos.

Antes de la adopción generalizada de unidades métricas (Sistema Internacional de Unidades, SI), la magnitud se daba comúnmente en unidades de Oersted (intensidad magnética) o Gauss (inducción magnética).

Ya que el campo geomagnético es menos de un Oersted en todo el planeta, la unidad gamma también es útil; un gamma es igual a 10^{-5} Oersted o 10^{-5} Gauss y se usan de forma intercambiable para la intensidad e inducción. La unidad métrica para la intensidad de campo es muy grande [19], las unidades de la intensidad magnética son el weber (Wb) por metro cuadrado (Wb/m^2), la equivalencia de esta unidad se denomina Tesla en el sistema internacional. Ver Tabla 1.

Unidad	Equivalencia	Magnitud
Siemens (s)	$1/W$	Conductancia eléctrica
Weber (Wb)	Vs	Flujo magnético
Tesla (T)	Wb/m^2	Densidad de flujo magnético
Henry (H)	Vs/A	Inductancia
Lumen (lm)	cd sr	Flujo luminoso
Lux (lx)	lm/m^2	Iluminación

Tabla 1. Equivalencias magnéticas.

Ahora bien, para hablar del campo geomagnético, debemos conocer las fuentes del mismo, así como también los mecanismos causales, ya que cualquier cambio en el campo implica una transferencia de energía hacia o desde el campo.

Según D.J. Knecht y B.M. Shuman, existen cinco fuentes que contribuyen notablemente al campo geomagnético [19]:

1. *Movimiento del núcleo*: movimiento de convección del núcleo fluido conductor de la Tierra, que constituye una dínamo auto-excitada.
2. *Magnetización de la corteza*: existe magnetismo permanente residual en la corteza de la Tierra.
3. *Radiación electromagnética solar*: los vientos atmosféricos (producidos por el calentamiento solar) transportan partículas cargadas (producidas por la radiación ionizante solar).
4. *Gravitación*: el campo gravitacional del Sol y Luna produce un movimiento de las masas de aire que genera un campo, de la misma manera como lo hace el movimiento debido a la calefacción solar.
5. *Radiación corpuscular solar y el campo interplanetario*: una serie de contribuciones de campo surgen directa o indirectamente a partir de la interacción del viento solar y el campo. En general, en la transferencia de campos electromagnéticos, en analogía con la termodinámica, hay tres clases de propagación: por convección, por radiación y por conducción.

En su mayoría el campo principal es constante; surge a partir de fuentes terrestres internos, como efecto del movimiento de convección del núcleo y tiene aproximadamente una configuración dipolar que se encuentra cerca del centro de la Tierra, con su eje inclinado en 11,5 grados con respecto al eje de rotación.

Se llaman *variaciones seculares* aquellas variaciones del campo magnético terrestre, de periodo muy extenso que son detectables solo cuando han pasado muchos años.

Las variaciones seculares se utilizan para indicar cambios geomagnéticos lentos con el pasar del tiempo, que son producidos posiblemente por el cambio de patrón del flujo principal. El término *variación secular* es de uso común para las variaciones en escalas de tiempo de 1 año. Esto significa que existe un cierto

solapamiento con los efectos en el tiempo del campo externo, pero, en general, las variaciones en el campo externo son mucho más rápidas y mucho más pequeñas en magnitud de manera que la confusión es, de hecho, pequeña.

Hay por lo menos tres fenómenos importantes, reconocibles en un tiempo secular:

1. *Cambio en la fuerza del dipolo*: la tasa actual de cambio de la fuerza del campo dipolar es de aproximadamente 8% por cada 100 años.
2. *Cambio en la orientación del campo principal*: la orientación del dipolo parece cambiar con el tiempo, en intervalos de varias decenas de miles de años.
3. *La deriva del campo hacia el oeste*: es el desplazamiento de las masas continentales unas respecto a otras. Aunque forma un componente de la variación secular en los últimos 300-400 años, puede que no sea un aspecto fundamental de la variación secular para períodos más largos. También existe una fuerte dependencia regional.

Los fenómenos que causan los movimientos son la lenta variación del campo magnético con el tiempo, más probable debido a la reorganización de las líneas de fuerza en el núcleo, y no a la creación o destrucción de las líneas de campo. La variación de la fuerza y la dirección del campo del dipolo probablemente reflejan oscilaciones en el flujo del núcleo. La deriva hacia el oeste se ha atribuido a dos mecanismos:

1. *Rotación diferencial entre el núcleo y el manto*: El **núcleo** interno de la Tierra se considera una esfera *giratoria* aproximadamente fluida (plasma) de 3.485 Km de radio. El manto terrestre es sólido y es la capa que se encuentra entre la corteza y el núcleo y tiene un espesor de cerca de 2.900Km, cuyo momento angular es extremadamente alto.

2. *El movimiento ondulatorio "hidromagnético"*: es producido por ondas generadas en el núcleo que migran lentamente hacia el oeste, pero sin movimiento diferencial de material [22].

El campo geomagnético tiene una variación regular con un período fundamental de 24 horas. Esta variación regular es dependiente del tiempo local, la latitud, la estación, y el ciclo solar. Es causado por corrientes eléctricas en la atmósfera superior, a 100 ~130 kilómetros encima de la superficie de la Tierra. En estas altitudes la atmósfera está considerablemente ionizada por los rayos ultravioleta y rayos X del Sol; los iones son alterados por vientos y mareas que provienen de los efectos caloríficos del Sol, y los efectos de gravitación de la Luna. Estas variaciones que se presentan en los campos magnéticos se denominan *momentos de tranquilidad*. Crea las condiciones requeridas por un dínamo para funcionar (p. ej., movimiento de un conductor en un campo geomagnético), y se forman dos elementos, uno en el hemisferio norte iluminado por el Sol que va en sentido contrario a las agujas del reloj, y otro en el hemisferio austral iluminado por el Sol que va en el sentido de las agujas del reloj [23].

Las variaciones de campo en tiempos perturbados de viento solar

Así como las variaciones regulares, diurna y anual (La variación diurna consiste en una doble oscilación en 24 horas, con mínimos hacia las cuatro de la madrugada y cuatro de la tarde y máximos a las diez y veintidós horas, es decir, que el barómetro sube desde las cuatro de la madrugada hasta las diez de la mañana; baja hasta las cuatro de la tarde; vuelve a subir hasta las diez de la noche y de nuevo, desciende hasta las cuatro de la madrugada), el campo magnético de la Tierra también está expuesto a perturbaciones irregulares, y cuando estas son grandes se les llama *tormentas magnéticas*. Estas perturbaciones son causadas por interacción del viento solar, con el campo magnético de la Tierra.

El viento solar es una corriente de partículas cargadas (ionizadas) continuamente emitidas por el Sol, y su presión sobre el campo magnético de la Tierra crea una región en forma de cometa, que la rodea llamado la magnetosfera. Cuando hay una perturbación en el viento solar, los sistemas de corrientes que existen dentro de la magnetosfera son realzados y causan perturbaciones magnéticas y tormentas. La amplitud de estas perturbaciones magnéticas es mayor a gran altitud y crean una corriente geomagnética llamada *aurora electro chorro*, que es una banda de cerca de 600 Kilómetros de ancho que rodea la Tierra.

Algunas partículas cargadas son atrapadas en el límite de la magnetosfera y, en las regiones polares, son aceleradas a lo largo de las líneas magnéticas hacia la atmósfera y finalmente chocan con moléculas de nitrógeno y el oxígeno. Estas colisiones causan las emisiones a veces espectaculares de luz verde y principalmente roja conocida como la *aurora boreal* en latitudes del norte y *aurora austral* en latitudes del Sur.

Las condiciones predominantes en el entorno solar terrestre, que son una consecuencia de la emisión de partículas cargadas del Sol y su interacción con el campo magnético de la Tierra [23], se incluyen también en las variaciones de campo.

A partir de la medición del campo magnético se hizo claro que este tiene tanto fuentes internas como externas, ambos dependientes de la variación del tiempo.

El **campo interno** tiene dos componentes, a) el campo base y b) el campo externo

- a. **El campo base:** Se sabe más acerca del campo de la corteza terrestre que sobre el campo del núcleo, ya que se tiene más conocimiento sobre la composición y parámetros físicos, como la temperatura, la presión y sobre los tipos de magnetización.

Hay dos tipos importantes de magnetización: remanente y permanente.

- a. *La magnetización remanente:* es la capacidad de un material para retener el magnetismo que le ha sido inducido, es decir, la magnetización que persiste en un imán permanente después de que se retira el campo magnético externo. *La magnetización permanentemente:* es hacer que el material tenga la capacidad y cualidades físicas de generar ondas de fuerza magnética, de forma permanente es decir que el material este permanentemente magnetizado.

Las rocas pueden adquirir la magnetización permanente cuando se enfrían por debajo de las temperaturas de Curie, donde la magnetización se hace igual a cero (aproximadamente 500°C-600°C para la mayoría de los minerales relevantes.)

En el núcleo terrestre las temperaturas son demasiado altas para la magnetización permanente. El campo es causado por rápidas y complejas corrientes eléctricas en el núcleo líquido externo, que consiste principalmente en hierro metálico. La convección en el núcleo es mucho más vigorosa que en la capa: aproximadamente 10^6 veces más (es decir, del orden de aproximadamente 10 Kilómetros/año).

Características del campo principal:

1. El 90 % del campo en la superficie de la Tierra puede ser descrito por un dipolo inclinado en aproximadamente 11° al eje de giro de la Tierra. El eje del dipolo cruza la superficie de la Tierra aproximadamente en las coordenadas (78.5°N , 70°W) (el Oeste Groenlandia) y (75.5°S , 110°E).
2. El 10% restante consiste en diversos múltiplos y puede cambiar en el tiempo como parte de la variación secular.
3. La fuerza del campo magnético de la Tierra varía de aproximadamente 60,000 nT en los polos magnéticos a aproximadamente 25,000 nT (nanotesla = 10^{-9} T) en la región de la anomalía del Atlántico.

4. Variación secular: en el campo principal son importantes el flujo magnético del oeste y los cambios de la fuerza del campo dipolar.

a. El campo externo

La fuerza del campo debido a fuentes externas es mucho más débil que el de las fuentes internas. Además, la escala de tiempo típica para los cambios de la intensidad del campo externo es mucho más corta que el del campo debido a la fuente interna.

Las variaciones en el campo magnético debido a un origen externo (el viento atmosférico, solar) son a menudo sobre escalas de tiempo mucho más cortas de modo que ellas puedan ser separadas de las contribuciones de las fuentes internas.

CAPÍTULO 3

MAGNETORRECEPCIÓN: EVIDENCIAS Y MODELOS

Los animales exploran varias fuentes de información, durante sus recorridos migratorios. Entre estos, el campo magnético de la Tierra es una característica ambiental bastante particular en comparación con otras. El campo geomagnético está presente tanto en la noche como en el día; no es afectado por el clima, ni las estaciones, y está presente en cada lugar del planeta, desde los fosos más profundos del océano, hasta las mayores elevaciones que podamos imaginar.

Por lo tanto, tal vez no sea sorprendente que diversos organismos, que van desde las bacterias, hasta animales vertebrados, tengan la capacidad de reconocer el campo magnético de la Tierra y usarlo para guiar sus movimientos [24].

Desde el experimento de Kreidl (mencionado en el Capítulo 1) se han reconocido efectos de los campos magnéticos en el comportamiento de orientación en una amplia variedad de organismos, especialmente en bacterias, algas, caracoles marinos, crustáceos, gusanos platelminto, tiburones, tortugas y pájaros. Siendo éste un punto de partida para afirmar que, “todos los seres pueden detectar el campo magnético terrestre y usar esta capacidad para orientarse” [25].

El campo magnético terrestre ha estado presente durante el desarrollo y evolución de los organismos, lo que puede representar una ventaja evolutiva en su capacidad para detectar dicho campo, ya que podría ser utilizado por estos, para lograr orientarse. Así que, el hecho de la existencia de muchas especies capaces de orientarse usando el campo magnético terrestre no debería despertar asombro.

En los capítulos anteriores hemos mencionado que los animales poseen dos tipos de orientación, una denominada como mapa y la otra como brújula, según Wiltschko y Wiltschko, (2009) y Lohmann y Lohmann, (2006), la información de un

mapa magnético puede ser heredado o aprendido de manera específica o general, y se utiliza para diversos propósitos dependiendo de las necesidades del animal. El mapa magnético podría, por ejemplo, decirle a un animal que ha llegado a un punto en su ruta migratoria donde debe orientarse hacia el oeste, al norte o al sur de la zona donde vive.

En conclusión, un animal tiene un mapa magnético si utiliza el campo magnético de la Tierra como fuente de información posicional, mientras que tiene una brújula magnética si usa el campo como fuente de información direccional.

Esta capacidad de orientación en los animales es proporcionada por una serie de sensores que contienen nanocristales magnéticos, que están conformados en general por magnetita.

El registro más convincente que existe acerca de la relación entre la orientación animal y la presencia de magnetita se ha registrado en las bacterias acuáticas. El microbiólogo de la Universidad de Massachusetts EE.UU, Richard Blakemore en 1975, descubrió de manera accidental en los sedimentos pantanosos, bacterias que se desplazaban hacia un extremo de la platina del microscopio. Su primera hipótesis fue, que las bacterias se movían en dirección a la luz, pero posteriormente comprobó que se movían paralelamente a las líneas del campo geomagnético, concluyendo que su desplazamiento era sensible a la presencia de un campo magnético, por lo que las denominó bacterias magnetotácticas y a este fenómeno de orientación ***magnetotaxia*** [26].

La magnetotaxia es el enfoque más simple que utiliza un organismo para lograr orientarse magnéticamente y es utilizada por bacterias y algas. Dentro de las células que conforman estos organismos se encuentran presentes nanocristales ferromagnéticos que están conformados por diferentes materiales, de los cuales hasta el momento se ha confirmado la presencia de tres dos compuestos dentro de los organismos: magnetita (Fe_3O_4), y greigita (Fe_3S_4). La magnetita parece ser el mineral magnético más abundante, la greigita es el único mineral de sulfuro

magnético que ha sido confirmado en los organismos; estos nanocristales alinean las células con el campo geomagnético y posteriormente, las células se mueven de manera activa haciendo uso de sus flagelos. Estas bacterias magneto-tácticas viven en ambientes lacustres y en sus precipitaciones, existe un tipo de bacterias que viven en interfaces entre ambientes que poseen oxígeno y los que no, pero las células productoras de greigita (que es el equivalente del azufre de óxido de hierro de magnetita (Fe_3O_4)) se encuentran por debajo de este rango, en condiciones estrictamente anaeróbicas. La magnetotaxia es beneficiosa para las células, pues los organismos se pueden dirigir a un hábitat favorable [27].

Hace aproximadamente cincuenta años se reportó la primera evidencia de estos cristales magnéticos por Heinz Lowenstam quien determinó una capa de magnetita en la rádula dentaria de un molusco marino.

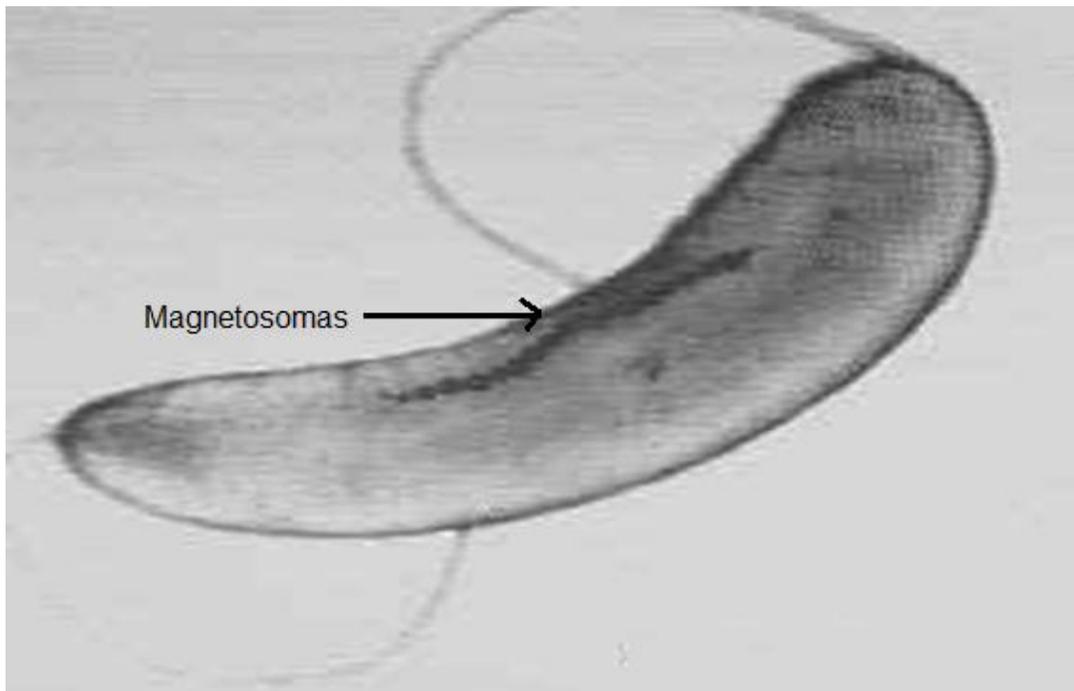


Figura 10. Bacteria magnetotáctica que presenta nanocristales ferromagnéticos. Imagen tomada de <http://e-ciencia.com/blog/divulgacion/las-brujulas-vivientes/> [28] modificada por autores: María de los Ángeles Mora, Rubiela Cárdenas.

La verdadera navegación magnética de los animales depende de una serie de eventos que ocurre de manera individual en las células al detectar los campos magnéticos y se produce a distancias de hasta miles de kilómetros. La localización, y la interpretación de los estímulos del campo magnético según características iniciales, se cumplen si los animales utilizan un sentido magnético de navegación.

Actualmente es posible poner a prueba las hipótesis de los modelos de navegación basados en el uso de las variaciones en la intensidad magnética, gracias a los recientes avances tecnológicos en dispositivos de rastreo de animales.

En los organismos complejos, como los peces y aves, los sistemas de magnetorrecepción basados en partículas ferromagnéticas deben ser lo suficientemente sensibles como para detectar los más mínimos cambios en la dirección y la intensidad del campo geomagnético. Se han propuesto varios posibles sistemas que pueden cumplir con estos requisitos, el primero consiste en un sensor magnético que contiene elementos que son similares a cadenas de imanes en bacterias (Figura 10). Los científicos J. Kirschvink (1992) y M. Walker (2002) propusieron que, cuando estas partículas dispuestas en cadenas están inclinadas por un campo magnético externo los canales iónicos abiertos envían una señal al cerebro. Una segunda hipótesis consiste en la presencia de vesículas que contienen partículas de magnetita entre 2 y 5 nm de tamaño y no poseen un momento magnético permanente, siendo conocidas como partículas súper paramagnéticas (SPM) (Figura 11) [27].

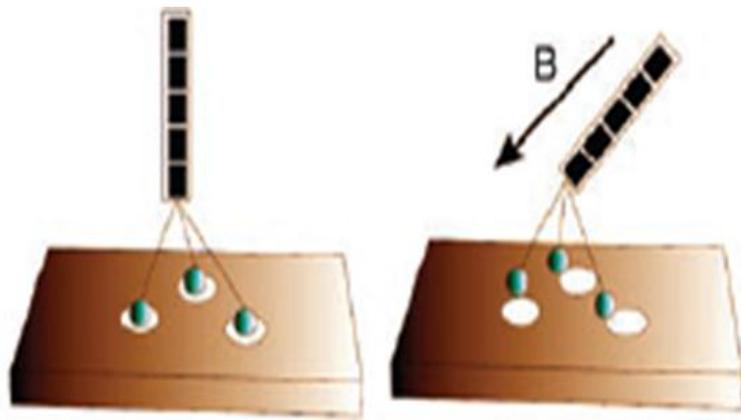


Figura 11. Sensor magnético hipotético en los vertebrados, sobre la base de partículas de magnetita de un solo dominio. Una cadena de cristales está unida por hilos de actina (proteínas globulares que forman los microfilamentos, uno de los tres componentes fundamentales del citoesqueleto de las células de los organismos eucariotas). Como indica la flecha los canales iónicos son activados por el movimiento de la cadena en respuesta a un campo magnético externo. Imagen tomada de Pósfai, M., & Dunin-Borkowski, R. E. (2009). *Magnetic nanocrystals in organisms* página 237.

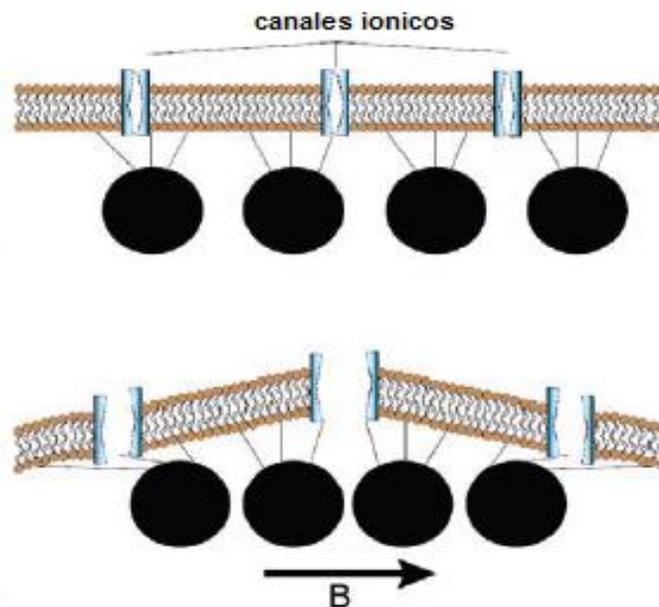


Figura 12. Sensor magnético hipotético en los vertebrados, sobre la base de partículas de magnetita súper paramagnética (SPM). Los círculos negros

representan vesículas que se llenan con partículas de SPM y unido a una membrana. En respuesta a un campo externo, B, las vesículas se mueven una hacia la otra y deforman la membrana, abriendo de este modo los canales de iones y provocando una señal nerviosa. Imagen tomada de Pósfai, M., & Dunin-Borkowski, R. E. (2009). Magnetic nanocrystals in organisms, pág 237.

La magnetorrecepción se ha estudiado más a fondo en las palomas mensajeras. En ellas se han encontrado neuronas que contienen hierro en tres distintas zonas del pico superior (Figura 13). Dado que las células dendríticas están orientadas en tres direcciones perpendiculares mutuamente en los pares de zonas que están marcados con puntos blancos, (Figura 13b), permite que todo el sistema de las aves pueda obtener información acerca de la intensidad del campo magnético y la dirección. Las neuronas en estas regiones contienen varias "perlas" de aproximadamente 1 μm , y son vesículas llenas de partículas de aproximadamente 5nm (Figura 13c). Las morfologías y tamaños de las partículas magnéticas se miden a partir de micrografías de cortes histológicos, observadas con microscopia electrónica de transmisión, y fueron identificados como magnetita/maghemita, usando difracción de electrones y magnetometría (Hanzlik et al. 2000). Las interacciones magnéticas resultan de su movimiento, éste podría abrir canales de iones cerrados y proporcionar el impulso necesario para una señal neuronal.

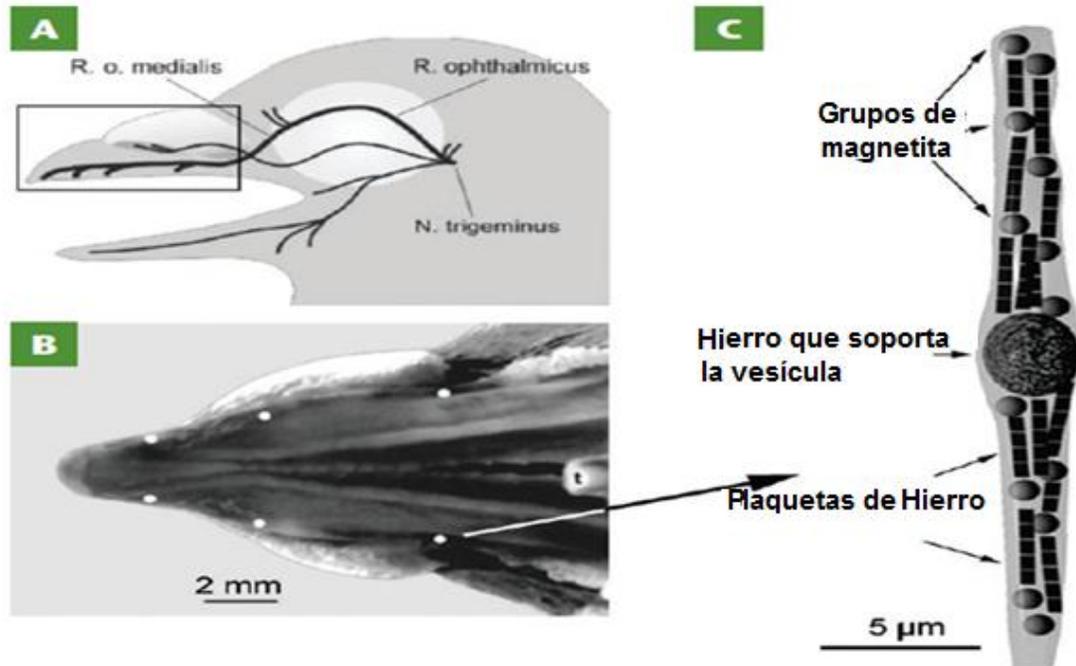


Figura 13. Sistema de Magnetorrecepción en la paloma mensajera. (A) la cabeza de la paloma que muestra los nervios en la región superior del pico que se cree que están involucrados en magnetorrecepción. (B) Vista de la parte superior del pico de abajo. Se produce magnetita en las células dendríticas localizadas en tres áreas distintas, marcadas por manchas blancas. (C) Diagrama esquemáticos de una sola neurona que contiene una vesícula no magnética en el centro, varias "perlas" de 1 micrómetro de tamaño llenas de cristales súper paramagnéticos aproximadamente de 5 nm de magnetita, y cadenas de hierro que soporta plaquetas amorfas. (A) y (B) se adaptan de las F Leissner et al.(2003), (C) es adaptado de F Leissner et al.(2007). Modificada por autores: María de los Ángeles Mora y Rubiela Cárdenas.

En 1957 Hans Fromme, investigador del Instituto de Zoología de Frankfurt, Alemania, se percató de un acontecimiento que dio lugar a creer que los animales empleaban el campo magnético de la tierra para orientarse; algunos de los petirrojos europeos que tenía, se agitaban y revoloteaban por la región sudoeste de la jaula en la que se encontraban. Pero este tipo de comportamiento era muy

habitual en una época del año, ya que las aves migratorias como ésta, suelen migrar hacia el sur de España para pasar el invierno.

La sorpresa de este acontecimiento era que los pájaros no tenían contacto alguno con ninguna señal celeste, que se suponía les podía servir de guía para navegar. Pese a esto, los petirrojos lograban comportarse siguiendo señales invisibles. A partir de este hecho, y por medio de numerosos experimentos, Fromme dedujo que se trataba del campo magnético terrestre. A partir de esto se ha demostrado que gran diversidad de animales como los hámsteres, las salamandras, los gorriones, la trucha arco iris y la langosta lo utilizan para orientarse [29].

Otro experimento que se llevó a cabo para comprobar que los animales se pueden orientar basándose en la información que les suministra el campo magnético terrestre fue el que llevaron cabo Tali Kimchi y Joseph Terkel, de la Universidad de Tel Aviv de Ramat Aviv en Israel, estudiando el comportamiento del topo ciego, un roedor subterráneo que construye su casa mediante túneles sin salida a la superficie. El experimento consistió en construir un laberinto de ocho túneles con un dispositivo que permitiría controlar la intensidad del campo magnético. Los topos fueron divididos en dos grupos, uno estaba bajo la intensidad del campo magnético de la Tierra y el otro en un campo desplazado 180° , para demostrar si la alteración en el campo magnético intervenía en sus comportamientos silvestres normales. El primer grupo manifestó preferencia por la parte sur del laberinto para construir sus nidos y sus cámaras de alimentos, mientras que el segundo grupo se inclinó por utilizar la parte norte de éstos.

Posteriormente, los científicos entrenaron 24 topos para que al final de uno de los laberintos construidos consiguieran alcanzar una caja que se encontraba al final del laberinto. Cuando los topos fueron entrenados y cuando tenían claro cuál era su misión, los científicos usaron la misma estrategia que en el experimento anterior, dividieron los topos en dos grupos, donde la mitad de ellos desarrollaron el ejercicio bajo las condiciones de campo magnético terrestre y la otra mitad en

un campo magnético invertido. Siendo el rendimiento del primer grupo (topos que no estuvieron bajo alteraciones del campo magnético) mucho mejor que el de los topos del segundo grupo [30].

Es evidente que los animales pueden percibir el campo magnético, y utilizarlo de manera cotidiana como un “sentido” más de orientación.

Algunos animales pueden hacer uso del campo magnético de manera más amplia, usándolo como sistema de posicionamiento global, determinando de esta manera su ubicación sobre la superficie de la Tierra y seguir sus rutas de migración.

Los biólogos Kenneth J. Lohmann y Catherine Lohmann, de la Universidad de Carolina del norte (EE UU), han demostrado que las tortugas marinas pueden detectar las diferentes intensidades del campo magnético terrestre. Según los resultados de los diferentes experimentos que han llevado a cabo, las tortugas marinas parece que distinguen la inclinación y el ángulo de las líneas del campo magnético respecto a la superficie de la Tierra.

Las tortugas que han sido objeto de estudio son incubadas en Florida y de inmediato son liberadas en el mar, donde pasan su vida entera dentro del sistema circular de corrientes entre América del Norte, Europa y África. Sin embargo, años después cuando las hembras alcanzan su madurez para desovar, de manera sorprendente y sin ningún inconveniente, regresan a las playas de Florida.

En otro experimento, estos biólogos tomaron tortugas de dos a tres días de nacidas y las llevaron a un pequeño estanque circular con un dispositivo eléctrico que simulaba el campo magnético. Simulando la intensidad del campo magnético terrestre de tres puntos diferentes del sistema circular de corrientes y descubrieron que las tortugas, sometidas al campo del punto oeste, nadaban hacia el este, y viceversa, considerándose movimientos necesarios en el océano para mantenerse en el sistema de corrientes, ya que salir de él puede conducir las a aguas frías potencialmente mortales [31].

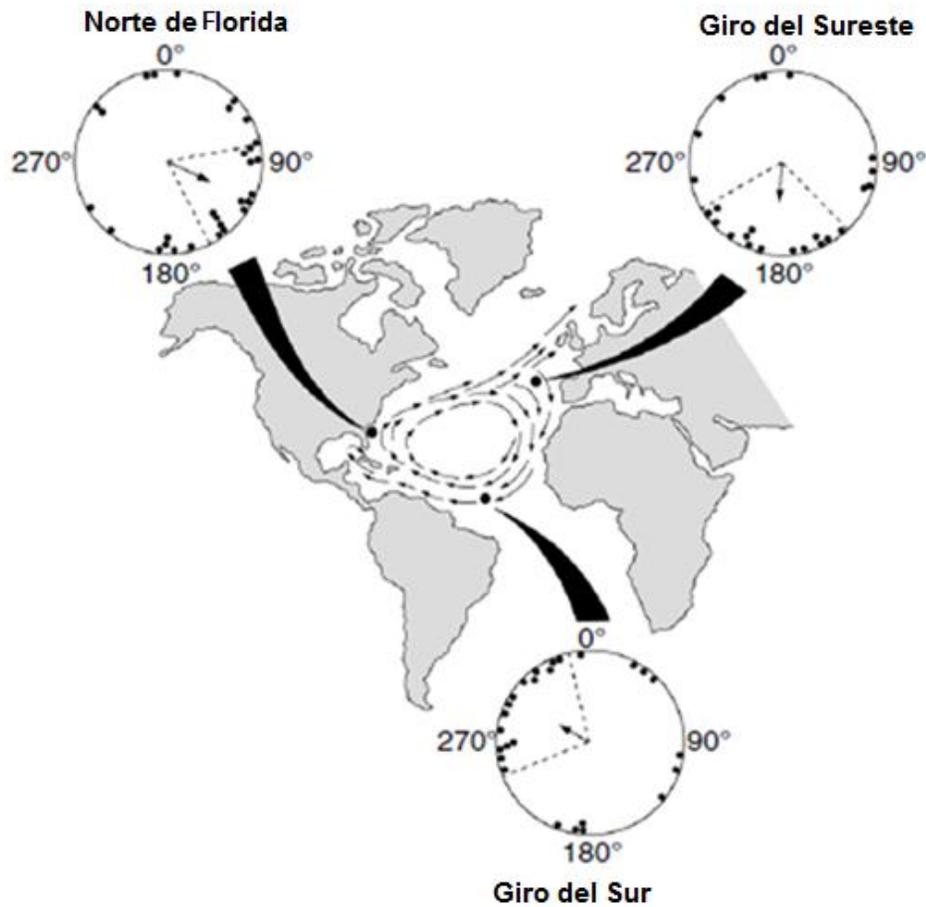


Figura 14. Migración de las tortugas laúd nacidas en las playas de Florida a través del Océano Atlántico, en la dirección de las agujas del reloj, antes de regresar a sus playas natales. Los experimentos de Kenneth J. Lohmann y Catherine Lohmann con tortugas laúd concluyen que estas respondieron a los campos magnéticos característicos de tres lugares muy distantes a lo largo de esta ruta, viendo que las tortugas se orientaban como grupo en la dirección adecuada para mantenerse dentro de la ruta correcta. En el diagrama, cada punto representa el ángulo medio de una tortuga joven. La flecha en el centro de cada círculo representa el ángulo medio del grupo. Las líneas discontinuas representan el intervalo de confianza del 95% (imagen de Kenneth J. Lohmann). Modificada por autores: María de los Ángeles Mora y Rubiela Cárdenas.

En el Caribe la langosta espinosa *Panulirus argus*, conocida como langosta de Florida o langosta de las Indias Occidentales, es un crustáceo migratorio que se encuentra en las aguas del Caribe y en el sudeste de Estados Unidos, especie nocturna que pasa las horas de luz dentro de grietas y agujeros. Por la noche las langostas salen a buscar alimento en un área considerable antes de regresar en la oscuridad a la misma guarida o de uno de las varias otras de la zona (Herrnkind y McLean, 1971; Herrnkind, 1980). Estudios de marcado y recaptura tempranas (Creaser y Travis, 1950) han proporcionado pruebas de que las langostas son capaces de orientación tipo “buscador” después de ser desplazadas varios kilómetros de su sitio de captura.

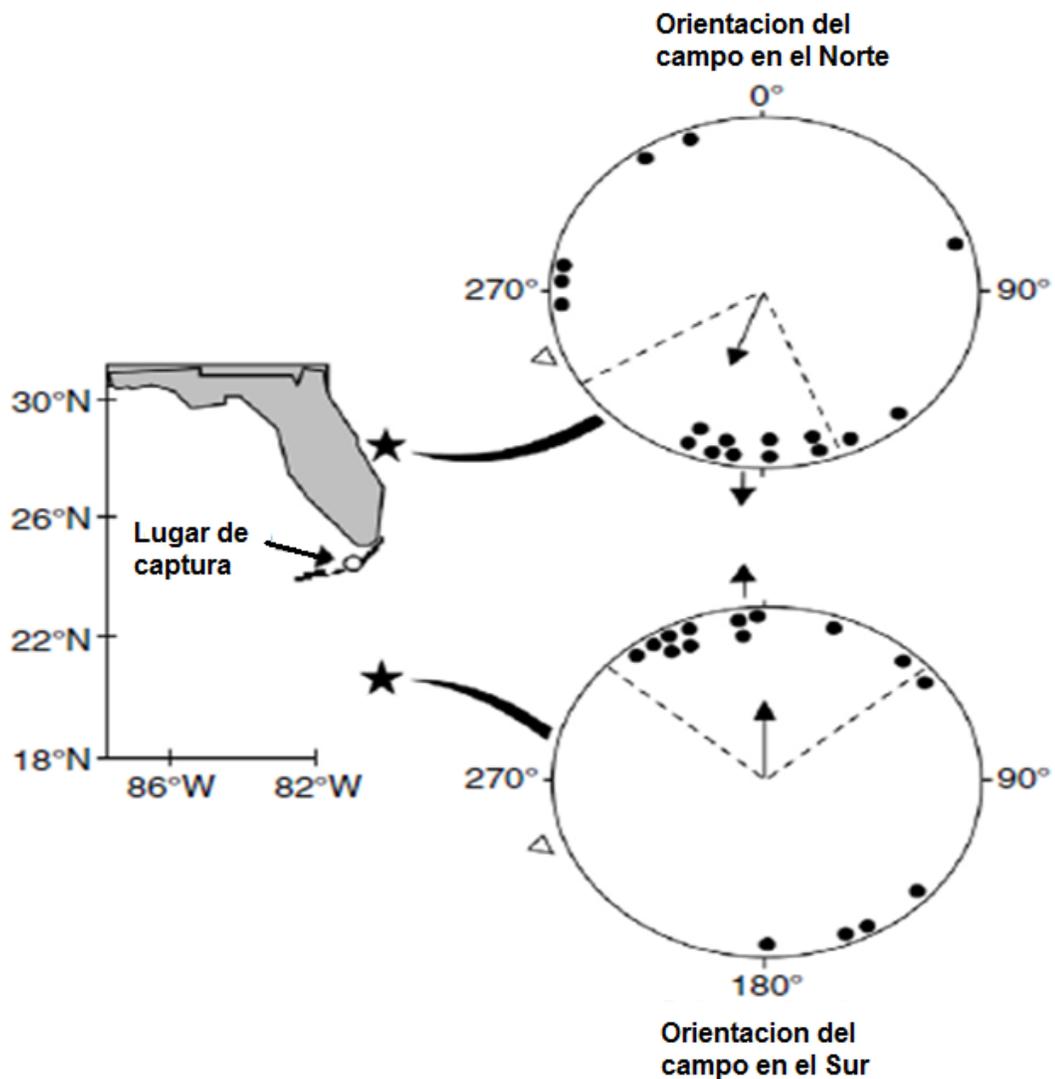


Figura 15. Un mapa magnético en langostas. Langostas de la mitad Cayos de Florida fueron sometidas a campos magnéticos que existen en lugares al norte o al sur del lugar donde fueron capturados. Al igual que con tortugas verdes juveniles, langostas sometidos al campo desde el norte sitio orientado aproximadamente hacia el sur, mientras que las personas expuestas a la campo del sitio sur arrastró aproximadamente norte. El abierto triángulo exterior de cada diagrama de orientación indica la dirección real al lugar de captura de la zona de prueba. En cada caso, las langostas respondieron como si hubieran sido desplazados a los lugares marcados por las estrellas más que orientar en la dirección que era en realidad hacia el sitio de captura. (Imagen de Kenneth J. Lohmann). Modificada por autores: María de los Ángeles Mora y Rubiela Cárdenas.

Experimentos recientes han confirmado que las langostas se orientan de forma fiable hacia áreas de captura cuando se desplazan a sitios desconocidos, incluso cuando se les priva de toda orientación conocida (Boles y Lohmann, 2003). Para probar la hipótesis de que las langostas, como las tortugas, explotan información sobre la posición en el campo magnético, las langostas fueron expuestas a campos que reproducen los que existen en localidades específicas de su entorno (Boles y Lohmann, 2003). Langostas probadas en un campo que existe al norte del lugar de captura se orientan hacia el sur, mientras que las probadas en un campo una distancia equivalente al sur se orientan hacia el norte (Figura 15). Estos resultados son muy similares a los obtenidos con tortugas marinas jóvenes (Figura 15) y proporcionan pruebas sólidas de que langostas poseen un mapa magnético que facilita la navegación hacia áreas geográficas específicas.

CONCLUSIONES

La descripción realizada en este trabajo muestra que la búsqueda incesante de pertenecer a la vida y permanecer en ella determina seguir diversas formas y estrategias para obtener el alimento y sobrevivir, buscando los mejores caminos, el menor desplazamiento, derivando el mínimo esfuerzo y esquivando los peligros para lograrlo mediante cuidadosos y calculados movimientos. En principio, cualquier cosa que suceda en el mundo es algún tipo de movimiento.

El movimiento sigue siendo fundamental en todo lo requerido para la supervivencia de nuestra especie: la sensibilidad, la percepción del entorno o la comunicación entre individuos.

Mantener y defender el derecho a vivir es una condición intrínseca de todos los seres biológicos tengan o no “inteligencia” que, de hecho, ésta sólo sirve para seleccionar ciertas ventajas.

Alimentarse y procrear son ambientes termodinámicos de equilibrio y entropía que determinan la permanencia de las especies vivientes y conduce a discutir que los movimientos y desplazamientos son necesarios para mantener la vida. Nada es “estacionario” y el sentido de ubicación y traslación es fundamental para subsistir.

Así como los humanos buscamos satisfacer necesidades básicas y contamos con una multitud de sistemas modernos y sofisticados que permiten conocer en forma precisa donde está el hogar, la comida y el trabajo, los animales por su parte tienen a su disposición muy interesantes sistemas de orientación que sorprenden y la investigación en esta área suministrará a los científicos nuevas estrategias para conocer mejor el entorno del planeta Tierra.

Los fundamentos de esta capacidad de orientación aún no se conocen completamente, aunque la evidencia sugiere que al menos el Sol, la Luna, el campo magnético, las relevancias geográficas, el olfato, el oído, la visión, etc., sirven como sistema de orientación para la supervivencia de las especies.

Toda la vida en general, se ha originado y ha ido evolucionando dentro del campo magnético terrestre, por esta razón se considera que los procesos vitales estén estrechamente asociados a dicho campo. Estudios recientes han puesto en evidencia que la ausencia del campo magnético terrestre durante largos periodos de tiempo perturban fundamentalmente los procesos biológicos, actuando sobre las reacciones enzimáticas celulares.

Considerando la posibilidad de seguir este trabajo de recopilación sobre orientación animal, por parte de estudiantes del Programa de Licenciatura en Ciencias Naturales, se sugiere la revisión de la bibliografía registrada y la permanente consulta de las revistas especializadas.

BIBLIOGRAFIA

1. F.G. Diego-Rasilla (2004) Orientación animal basada en el campo magnético terrestre. *Ciencias Planetarias* 2004: 23 – 27.
2. Rodrigo, T. (2002). Navigational strategies and models. *Psicológica: Revista de metodología y psicología experimental*, 23(1), 3-32.
3. Antennal Circadian Clocks Coordinate Sun Compass Orientation in Migratory Monarch Butterflies Christine Merlin, Robert J. Gegear, and Steven M. Reppert *Science* 25 September 2009: 1700-1704.
4. Sarfati J. (2014) Capitulo 5: Navegación y Orientación. En: Sarfati J. Diseñado. Creation Ministries International. Sitio Web <http://creation.com/by-design-chapter-5-spanish>.
5. García, F. J. B., Torres, M. D. R. M., Vázquez, S. G., Marín, S. L. T., Martínez, F. J. C., Oliva, M. A., & Ruiz, E. S. (2006). Determinación de las variables de diseño en el desarrollo de una herramienta de elearning. *Pixel-Bit: Revista de medios y educación*, (27), 99-113.
6. Buxadé Carbó, C. (1996). *Producciones Cunícolas y avícolas alternativas*. Tomo X. MundiPrensa.
7. T. Rodrigo (2002), (*Psicológica* (2002), 23, 3-32, *Navigational Strategies and Models*, University of Barcelona
8. Hill, R. W., & Wyse, G. A. (2006). *Fisiología animal*. Ed. Médica Panamericana.
9. A.Kreild, Sitzungsber.Akademie Ciencia Wien.Math.Naturwissen K.vol.102.p.149 (1893)
10. <http://www.teinteresasaber.com/2013/02/como-se-orientan-los-delfines-traves-de.html>
11. Esch, H., et al., Honeybee dances communicate distances measured by optic flow, *Nature* 411(6837):581–583, 2001
12. Doolan, R., Dancing bees, *Creation* 17(4):46–48, 1995; creation.com/dancing-bees

13. Fox, D., Electric Eye, *New Scientist* 171(2305):38–42, de 2001
14. Sarfati, J., & en Química, D. El Vuelo de las Aves.
15. Según Sarfati, J., Ants find their way by advanced mathematics, *Journal of Creation* 15(2):11–12, 2001; creation.com/ant.
16. Srinivasan, M.V., Homing in on ant navigation [comment on Ref. 34], *Nature* 411(6839): 752–753, 2001
17. Arias, A. G. (2001). ¿ Qué es el magnetismo? (Vol. 77). Universidad de Salamanca.
18. Valdivia, L. M. A. (1996). Propiedades geofísicas de la tierra (Vol. 10). Plaza y Valdés.
19. Knecht, D. J., & Shuman, B. M. (1972). The geomagnetic field. Air Force Cambridge Research Laboratories, Space Physics Laboratory.
20. <http://usuarios.geofisica.unam.mx/cecilia/CT-SeEs/14xDecMagSE.pdf>
21. Shore, R., Whaler, K., Macmillan, S., & Beggan, C. (2010). Satellite Magnetometry; Unravelling Space-Borne Current Systems. *Tectonophysics*, 367, 235-251.
22. Merrill, R. T., McElhinny, M. W., & McFadden, P. L. (1996). Magnetic Field of the Earth (Vol. 63). Academic Press.
23. Macmillan, S., & Maus, S. (2005). International Geomagnetic Reference Field- The tenth generation. *Earth, Planets, and Space*, 57(12), 1135-1140.
24. Walker, M. M., Dennis, T. E., & Kirschvink, J. L. (2002). The magnetic sense and its use in long-distance navigation by animals. *Current opinion in neurobiology*, 12(6), 735-744.
25. Gutiérrez, M. A. (2001). Bioelectromagnetismo: campos eléctricos y magnéticos y seres vivos. Editorial CSIC-CSIC Press.
26. Pósfai, M., & Dunin-Borkowski, R. E. (2009). Magnetic nanocrystals in organisms. *Elements*, 5(4), 235-240.
27. I.E.S. Pablo Picasso SPIN CERO Cuadernos de ciencias .Nº 4, Año 1999
28. <http://e-ciencia.com/blog/divulgacion/las-brujulas-vivientes/>

29. Walker, M. M., Diebel, C. E., & Green, C. R. (2000). Structure, function, and use of the magnetic sense in animals. *Journal of Applied Physics*, 87(9), 4653-4658.
30. Los animales y el campo magnético de la Tierra” (10/04/2008). Peter Tyson, productor jefe de NOVA.
31. Fountain, H.1996, LAS TORTUGAS MARINAS Y EL MAGNETISMO, periódico el país de Nueva York.