

La analogía como estrategia de enseñanza del campo e interacción



Anahí Fracaro¹, Francisco Javier Perales²

¹Departamento de Física, Universidad de Mendoza, Av Boulogne Sur Mer 683, 5500, Mendoza, Argentina.

²Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Granada, Facultad de Ciencias de la Educación, Campus de Cartuja, 18071, Granada, España.

E-mail: anahifracaro@yahoo.com.ar

(Recibido el 16 de mayo de 2013, aceptado el 28 de Agosto de 2013)

Resumen

El artículo presenta los resultados de la aplicación de una estrategia didáctica basada en el uso de las *analogías* sobre el aprendizaje de las interacciones a distancia y del campo eléctrico, magnético y gravitatorio, vistos como un único concepto de campo, con sus similitudes y diferencias. Dicha estrategia fue aplicada en una Escuela Técnica de la República Argentina, ubicada en el nivel medio, mediante un diseño cuasiexperimental. Los resultados obtenidos muestran avances significativos en los alumnos que siguieron la estrategia señalada.

Palabras clave: Estrategia didáctica por analogías, interacciones a distancia, campo.

Abstract

The article presents the results from the application of a didactic strategy based on the use of *analogies* in learning of distance interactions and electric, magnetic and gravitational field, seen as a unique concept of field, with its similarities and differences. This strategy was applied in a technical school, located in the middle level, of the Argentina Republic by means of a quasiexperimental design. The results show significant gains in students that followed the referred strategy.

Keywords: Teaching strategy by means of analogies, distance interactions, field.

PACS: 01.40.gb, 01.40.-d

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

Tanto el concepto de *campo* magnético como el de campo eléctrico y sus fuentes son cuestiones básicas, sin las cuales no se puede construir una teoría científica de fenómenos electromagnéticos. Estos, a su vez, se hallan presentes en múltiples dispositivos tecnológicos que condicionan nuestra vida diaria. Para la Física tales conceptos supusieron poner en duda la teoría mecanicista de *interacciones a distancia*, produciendo una revolución conceptual, y para la Técnica, el conocimiento de las ondas electromagnéticas fue fundamental, no solo para la construcción y funcionamiento de equipos electromagnéticos, sino también para las propias comunicaciones y el surgimiento de la nueva era de la información [1].

Por otra parte, la introducción de los conceptos de campo y de interacciones a distancia se manifiesta en los profesores como una preocupación y un desafío, dado el nivel de abstracción de los mismos, que los sitúa fuera del ámbito de la observación en la experiencia diaria. Asimismo involucra otros conceptos relevantes, tales como fuerza, carga, velocidad, corriente eléctrica y campo [2]. A pesar de esta necesidad, resultan infrecuentes los estudios

de esta naturaleza a un nivel de Educación Secundaria, ubicándose solo a nivel universitario [3].

El presente trabajo surgió a partir de la búsqueda de estrategias alternativas de enseñanza de dichos conceptos [4], centrándonos en el uso de *analogías* y *diferencias* entre los distintos campos -gravitatorios, magnéticos y eléctricos- en un proceso de ir construyendo un modelo progresivo de campo, esto es: el descubrimiento de sus fuentes, el reconocimiento de los elementos intervinientes y los fenómenos que por y en ellos se producen. Para ello se revisaron las investigaciones sobre la analogía como estrategia de enseñanza y se extrajo la metodología de enseñanza por analogías de Glynn [5, 6] como referente de esta investigación.

Se entiende por analogía el establecimiento de relaciones para comparar características semejantes entre el *análogo*, o conocimiento conocido, y el *tópico* o *blanco*, que es el nuevo contenido conceptual, procedimental o actitudinal que se pretende enseñar. Las personas usamos analogías en la vida cotidiana cuando queremos comunicar nuestras ideas sobre temas que no nos resultan familiares, recurriendo a referentes más familiares, semejantes en algunos aspectos al que queremos expresar. En el trabajo

científico, el uso de analogías ha sido un instrumento fundamental para la elaboración de nuevos conocimientos, como fue la construcción de la teoría de campo electromagnético de Maxwell, partiendo de las ideas de Coulomb, y posteriormente de Faraday [7]. En el caso particular de esta investigación, los diferentes campos son *análogos* y *blancos* al mismo tiempo ya que todos se encuentran en el mismo nivel de conocimiento por parte del estudiante. De este modo, la transferencia analógica se hace en todos los sentidos, observando cuáles son sus similitudes y diferencias, formándose un modelo general de *campo* que le permita reconocer, transferir y hacer inferencias cuando se enfrente ante un nuevo campo.

Por ello, el *objetivo general* de este trabajo busca determinar en qué grado la estrategia planteada logra formar en los alumnos un modelo de campo, de manera que pueda explicar los distintos fenómenos observados y transferirlo a otras situaciones.

II. METODOLOGÍA

Metodológicamente, la investigación responde a un diseño cuasiexperimental, con dos grupos experimentales y uno de control.

Comienza con un *Pretest* (véase como anexo), cuya aplicación tiene dos fines: indagar sobre los conocimientos previos de los estudiantes, de modo de ajustar la secuencia didáctica y poder contrastar, a través de un *Postest*, el nivel de conocimientos adquiridos y el avance en la construcción de modelos de interacciones a distancia y de campo. Ambos corresponden al mismo cuestionario que fue construido *ad hoc* para esta investigación.

Luego del *Pretest* se aplica una secuencia didáctica que utiliza estrategias habituales de enseñanza, dentro de la orientación constructivista, a través de un enfoque mixto: explicación del profesor, búsqueda, lectura e interpretación del material, trabajo en pequeños grupos, demostraciones experimentales, y discusión de la clase completa, exponiendo las analogías y diferencias encontradas, analizándolas y logrando el consenso grupal. Como toda herramienta didáctica, su idoneidad no está en su uso, sino en la adecuada preparación y diseño, en la elección de analogías y sus atributos [6].

Más concretamente, la secuencia didáctica fue extraída del método utilizado por Glynn [5], usando la analogía como vínculo entre el objeto o concepto conocido y el que se quiere conocer. La diferencia entre el método antes mencionado y esta investigación es -además de los conceptos involucrados y de la población participante- que cada campo (magnético, eléctrico y gravitatorio) es empleado alternativamente como blanco y como análogo, para que de la comparación de similitudes y diferencias se extraigan inferencias que lleven finalmente a un concepto general de campo, aplicable a otros tipos de campo.

Dicha secuencia, llevada a cabo con los dos grupos experimentales y que utiliza una enseñanza a través de analogías (TWA) de los conceptos de campo eléctrico,

magnético y gravitatorio, constó de los siguientes momentos:

- 1) Presentación de la estrategia didáctica por el profesor, revisando el concepto de analogía y la introducción de concepto de *blanco* y *análogo*
- 2) Introducción de los conceptos nuevos por el profesor
- 3) Lectura del material bibliográfico con guía para buscar analogías y diferencias, utilizando las relaciones indicadas
- 4) Refuerzo a través de videos
- 5) Trabajo en grupo realizando un mapeo de similitudes
- 6) Ponencia en el grupo total, orientada al establecimiento de diferencias y limitaciones de la analogía.

Después de la intervención áulica, dejando pasar tres meses, para reconocer la permanencia de los conceptos construidos (tiempo en el que se intercaló el periodo vacacional de invierno), se llevó a cabo el *Postest*.

Aunque, como hemos señalado, se trata de un diseño cuasiexperimental que, por tanto, utiliza métodos y técnicas cuantitativas, se incorporan también análisis cualitativos con objeto de no obviar la cantidad de información que se obtuvo en la investigación. Las respuestas a las preguntas abiertas del *Pretest*, las representaciones gráficas realizadas en clase por los estudiantes y las respuestas a cuestiones conceptuales, incorporadas en un trabajo de integración (trabajo de grupo), permitieron realizar una *triangulación metodológica* y neutralizar los sesgos de uno u otro método [9].

A. Población y muestra

La investigación tuvo lugar en la escuela Pablo Nogués, de la ciudad de Mendoza (Argentina), escuela media que otorga títulos profesionales, tales como Técnico Electricista y Técnico Electromecánico. En este contexto, la importancia de los conceptos de interacciones y campos, como también del cálculo y utilización de los circuitos electromagnéticos, resulta esencial para sus egresados [8].

Se eligió como población al total de alumnos de Electrotecnia de esta escuela. Esto representa cinco cursos de 22 alumnos en promedio. Se trabajó con tres de ellos, dos grupos experimentales y uno de control. En todos los casos, el tiempo de docencia fue el mismo, siguiendo en el caso del grupo de control un método expositivo, donde finalmente se daba mayor importancia al cálculo de fuerzas y de campos.

Se trata de adolescentes varones cuyas edades oscilan entre los 15 y 16 años, de clase media, media-baja y baja, distribuidos al azar desde el comienzo de clases en todos los cursos. La problemática socioeconómica del país es una variable muy importante a tener en cuenta al momento de interpretar los resultados, dado que muchos alumnos faltaron a clase en forma desmedida, o bien no tienen el incentivo familiar respecto del estudio.

La investigación fue llevada a cabo durante dos ciclos lectivos seguidos: 2010 y 2011. La primera aplicación fue

considerada Prueba Piloto, lo que permitió hacer ajustes en la Unidad Didáctica y darle validez a los resultados.

B. Instrumentos de recolección de datos

Se muestra los dos niveles de energía en cada átomo de un cristal infinito ensanchado en Los instrumentos de recolección de datos utilizados para esta investigación fueron:

- Un Pretest, para aplicarse a un grupo control y dos experimentales. Está formado por 15 preguntas abiertas, de carácter exploratorio y descriptivo. Tales preguntas son, en unos casos originales, y en otros han sido tomadas de la literatura educativa [2], [10] y [11]. Fue concebido para conocer, más allá de las concepciones alternativas de los alumnos, cuál es el punto de partida, la base sobre el cual se cimenta la construcción de nuevos conocimientos.
- Representaciones gráficas de los diferentes campos, realizadas por los alumnos.
- Trabajo Práctico de Integración de Campos (que se anexa al final del artículo), cuyas respuestas son analizadas en base al Marco Teórico y a la experiencia de los investigadores.
- Un Postest. Se trata del mismo instrumento del Pretest y el tratamiento de las respuestas es también similar.

La interpretación del Pretest se realizó de dos maneras:

- En forma cualitativa, analizando las respuestas en búsqueda de las concepciones previas de los alumnos y en el nivel científico donde se ubican, a través de un proceso flexible y dinámico, iluminado por las investigaciones que forman parte del Marco Teórico
- En forma cuantitativa, transformando el análisis de las respuestas en datos numéricos, en un proceso que consiste en darle sentido a la información recogida, para que el investigador los organice y resulten manejables [9].

Para poder interpretar el Pretest se seleccionaron cuatro contenidos fundamentales, representados en las preguntas indicadas en la Tabla I.

TABLA I. Contenidos del Pretest.

Contenidos	Número de pregunta
Interacciones	1-2-3-5-9-12
Campo	4-6-7-8-10-12- 13-15
Fuente del campo	6-8-10-11-13-14-15
Partículas intervinientes	5- 6-9-10- 13-15

Como la Educación Técnica debe otorgar competencias profesionales, cada profesor, desde su espacio curricular, debería promover capacidades que, al finalizar el ciclo, se integrarían en dichas competencias. Debido a ello, se partió de elegir las capacidades que desde Electrotecnia se deberían promover en los alumnos a través de una

La analogía como estrategia en la enseñanza de campo e interacción secuencia didáctica basada en analogías. De este modo, las respuestas al Pretest son analizadas para encontrar evidencias sobre el nivel de partida de dichas capacidades. Si bien la estrategia elegida podría desarrollar otras capacidades, como las argumentativas, para acotar la investigación se decidió delimitarlas a las tres que se muestran en la Tabla II. En dicha Tabla también se presentan las preguntas que darían información sobre las mismas.

TABLA II. Capacidades analizadas.

Capacidad	Número de pregunta
1- De utilizar las leyes de Newton para explicar un fenómeno concreto	1-2-3-5-9
2- De interpretar los fenómenos utilizando el concepto de campo	4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15
3- De reconocer situaciones analógicas y extrapolar conclusiones	(2-3)-(5-9)-(6-7)- (14-15)

Finalmente, se formularon indicadores que mostrarían que dicha capacidad es alcanzada o no. Las posibles respuestas a los indicadores se extrajeron de las categorizaciones que se obtuvieron de las respuestas dadas en la Prueba Piloto, asignándoseles un dígito además para poder luego ser procesadas, de modo que el dígito mayor indique la mayor capacidad.

Los indicadores para reconocer la *Capacidad 1* “De utilizar las leyes de Newton para explicar un fenómeno concreto”, se muestran en la Tabla III.

TABLA III. Indicadores para reconocer la *Capacidad 1* “De utilizar las leyes de Newton para explicar un fenómeno concreto”.

Indicadores	Categorías posibles
I. Utiliza las leyes de Newton	1. No contesta o lo hace en forma errónea 2. Explica con conceptos de energía o trabajo 3. Explica a través de fuerzas, en forma incorrecta o incompleta 4. Utiliza correctamente las leyes
II. Grafica adecuadamente las fuerzas	1. No grafica 2. En forma incorrecta 3. En forma parcial 4. Grafica en forma correcta
III. Reconoce las fuentes de las fuerzas	1. No 2. Sí

La *Capacidad 2* “De interpretar los fenómenos a través del concepto de campo” está desglosada en cinco indicadores, que se exponen en la Tabla IV.

TABLA IV. Indicadores para reconocer la *Capacidad 2* “De interpretar los fenómenos a través del concepto de campo”

Indicadores	Categorías posibles
I. Explica los fenómenos gravitatorios a través del concepto de campo	1. No contesta 2. La gravedad como propiedad de la Tierra 3. La interacción entre dos cuerpos 4. Explica a través del concepto de campo
II. Explica los fenómenos eléctricos a través del concepto de campo	1. No contesta 2. La electrización a través de procedimientos 3. Explica a través de fuerzas eléctricas 4. Explica a través del concepto de campo
III. Explica los fenómenos magnéticos a través del concepto de campo	1. No contesta 2. Magnetismo como atracción 3. Magnetismo como electricidad 4. Utiliza el modelo de campo
IV. Reconoce las fuentes del campo	1. No 2. En forma incorrecta 3. Sí
V. Reconoce las partículas o elementos intervinientes	1. No 2. En forma incorrecta 3. Sí

La *Capacidad 3* “Interpreta analógicamente las cuestiones y transfiere los conocimientos” es analizada según dos indicadores diferentes, complementarios, no excluyentes:

- Si realiza comparaciones en sus respuestas respecto de situaciones o fenómenos similares. (Este indicador no es excluyente debido a que, al tratarse de preguntas abiertas y al no habersele indicado al alumno que realice comparaciones, pueden o no estar en forma escrita, más allá que pueda o no haberlas utilizado).
- Triangulación de respuestas que deberían coincidir en su forma explicativa, según la Tabla II de Capacidades analizadas. En él se indican pares de preguntas cuyas respuestas se pueden responder en forma análoga.

La matriz de datos se realiza analizando pregunta por pregunta, tomando como variables los distintos indicadores. Cada una de ellas puede tener indicadores que representen a capacidades diferentes, es decir, cada respuesta puede dar evidencias de una o más capacidades. Finalmente se triangulan las respuestas, según las preguntas que aporten evidencias respecto a la capacidad que se quiere investigar, tal como se observa en la Figura 1.

III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Para el Pretest se realizó primeramente un estudio cuantitativo de las respuestas. Investigaciones que ya habían sido estudiadas, y que conforman el Marco Teórico, mostraron cómo reconocer las categorías en la que se

desglosaría cada indicador. En algunos casos se adoptó tomando en cuenta las respuestas de los alumnos a la prueba piloto (procedimiento inductivo) y, en otras, las propias categorías dadas por dichos estudios (procedimiento deductivo). Y es así, como se utilizaron como base los trabajos de Guisasola *et al.* [2], Furió y Guisasola [10] y Watts [11].

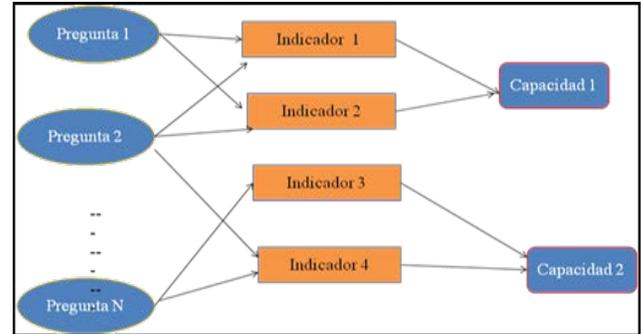


FIGURA 1. Análisis de las preguntas a través de indicadores.

Pero, además, se estudiaron algunas respuestas, en forma cualitativa, teniendo también como referencia las investigaciones mencionadas, y otras como las de Llancaqueo [12] y Martín y Solbes [1]. Esto, además de reconocer las concepciones previas, permitiría la triangulación metodológica.

A partir de los datos surgidos en la Prueba Piloto, se puso a punto la Unidad Didáctica, adecuando las actividades y agregando otras, de modo que, en el tiempo estipulado, pudieran realizarse. Se utilizó, como estrategia transversal, tal como lo indicara Glynn [6], el *método de enseñanza por analogías*.

A los resultados de dicho Test se le realizaron análisis cuantitativos a fin de observar el grado de consecución de las capacidades elegidas y la eficacia de la estrategia a través de las analogías. Para ello, se compararon las respuestas del grupo control, al que no se le aplicó la estrategia, con las de los dos grupos experimentales.

Finalmente, se hicieron análisis cualitativos complementarios, que permitieron conocer cómo imaginan y razonan los alumnos:

- De los dibujos que ellos hicieron de cómo imaginan el campo gravitatorio y eléctrico, tomando como referencia el campo magnético, que visualizaron a través de un imán y limaduras de hierro.
- De los ítems de carácter conceptual referidos a los diferentes campos, propuestos en el trabajo de integración realizado en grupo, los cuales fueron extraídos de diversas investigaciones que conforman el Marco Teórico.

A. Resumen de las concepciones previas identificadas y analizadas

Dichas concepciones se extrajeron de las respuestas al Pretest así como de los dibujos realizados por los alumnos

referidos anteriormente. A continuación, se exponen los resultados de dichos análisis:

- Los estudiantes no pueden explicar los fenómenos aplicando las leyes de la Dinámica. No reconocen el concepto de interacción.
- Confunden el concepto de *fuerza* con otros tales como velocidad, trabajo, inercia y presión.
- La gravedad es una propiedad de la Tierra, y únicamente de ella.
- La gravedad es una fuerza que cae sobre los cuerpos, diferente del peso.
- El campo gravitatorio acaba cuando termina la atmósfera.
- El magnetismo es una propiedad del imán.
- Reconocen la electrización como “*estática*”, pero no pueden explicarla. No lo hacen con el concepto de carga.
- Se explican los fenómenos eléctricos a través de procedimientos. Por ejemplo: “*al frotar el peine adquiere estática*”.
- Utilizan el concepto de campo eléctrico y magnético en forma indistinta, dado que no reconocen las fuentes.
- No existe el campo si no hay medio material que lo sustente.

B. Nivel alcanzado en las capacidades analizadas

Capacidad 1: “De utilizar las leyes de Newton para explicar los fenómenos físicos”

Esta capacidad, si bien no fue tratada desde la estrategia docente, sí fue analizada ya que era necesaria como punto de partida para la incorporación de nuevos conceptos, no solo para reconocer los conocimientos previos desde los cuales partir en la unidad didáctica y adaptarla a los mismos, sino para explorar en qué medida la estrategia influyó en dicha capacidad.

El estudio de los resultados del *Pretest* evidenció que los tres grupos, el de control y los dos grupos experimentales, presentaron características similares, mostrando que no habían recibido una enseñanza formal de las leyes de la dinámica. Confundían el concepto de fuerza con el de energía, trabajo e inercia, y no sabían representarla. Los resultados obtenidos se sintetizan así:

- Alrededor del 60% de los alumnos de los tres grupos no podrían explicar los fenómenos de interacciones, el 30 % lo podía hacer en forma parcial, y solo el 4% comprendían el fenómeno.
- En cuanto a la representación gráfica de las fuerzas intervinientes, el 65% de los estudiantes no las representó, el 25 % lo hizo en forma incorrecta (dibujó velocidades, o la gravedad como una fuerza que cae) y el 5% en forma parcial (dibujó las acciones, pero no las reacciones). Cuando dibujaron fuerzas lo hicieron con “flechas”, que podían ser curvas o rectas, que “salen” de cualquier cuerpo o “caen” sobre los cuerpos.

La analogía como estrategia en la enseñanza de campo e interacción

- Respecto de las fuentes, solo el 20% de los estudiantes identificó entre qué elementos se producen las fuerzas.

Luego de la intervención áulica, los resultados del *Postest*, mostraron que:

- Si bien los tres grupos tuvieron un comportamiento homogéneo y similar en el *Pretest*, el *Postest* mostró un mejor desarrollo de esta capacidad en los grupos experimentales.
- Alrededor del 40% de dichos alumnos pudieron utilizar las leyes de la dinámica para explicar los fenómenos, respecto del 25 % del grupo control.
- En general, los alumnos no pudieron graficar las interacciones, solo dibujaron las acciones. No obstante, el 70 % de los alumnos del grupo experimental reconoció entre qué elementos se producían las fuerzas, en comparación con el 45% del grupo control.
- Finalmente, respecto de la Capacidad 1 analizada, el grupo control tuvo la mayor cantidad de respuestas ubicadas en la mitad de escala: esto es, en una escala del 1 al 40, se ubicarían en los intervalos (13-16) y (17-20). Los grupos experimentales, en cambio, lo hicieron en los intervalos (25-28) y (29-32), tal como se observa en la Figura 2.

De los resultados anteriores, y recordando que la estrategia por analogías no fue aplicada para aprender las leyes de la dinámica, podemos inferir que el uso de dicha estrategia durante el resto de la intervención áulica influyó en la adquisición y permanencia de los conocimientos que conforman la Capacidad 1.

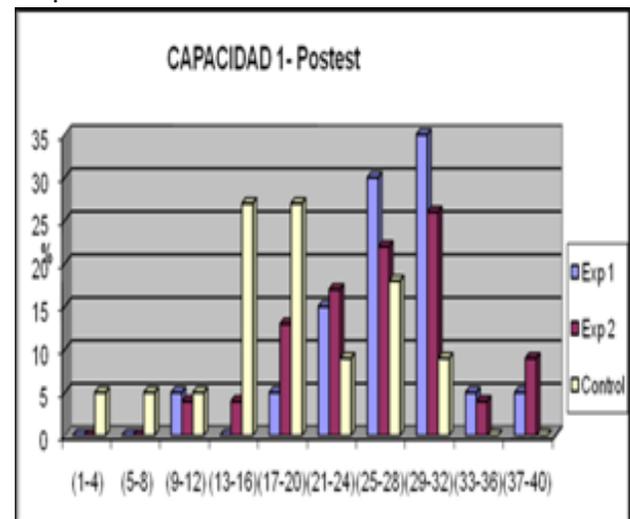


FIGURA 2. Capacidad 1: “De utilizar las leyes de Newton para explicar los fenómenos físicos”.

Capacidad 2: “De interpretar los fenómenos utilizando el concepto de campo”

Esta capacidad se analizó a través de cinco indicadores (Tabla 4). Las respuestas a las preguntas del test nos daban evidencias del nivel alcanzado de los mismos.

El *Pretest* mostró que:

- Los alumnos de los tres grupos no utilizaban el concepto de campo para explicar los fenómenos gravitatorios, eléctricos y magnéticos.
- Explicaban la gravedad como una propiedad de la Tierra y la atracción magnética como una propiedad del imán (alrededor del 33%).
- El imán atraería a otros cuerpos porque contiene cargas positivas en uno de los polos y negativas en el otro (alrededor del 15%).
- Alrededor del 50% de los alumnos no podían explicar los fenómenos gravitatorios, eléctricos o magnéticos.
- Un 40% explicaba el campo eléctrico a través de los procedimientos de electrización: por rozamiento o por contacto.
- Un 80% de los alumnos no reconocía las fuentes del campo y el mismo porcentaje no comprendía entre qué partículas se producen las interacciones.

Cabe recordar que los estudiantes no habían tenido instrucción formal en Física en los años anteriores, y dicho espacio curricular era desarrollado a la par de Electrotecnia. Por ello las respuestas fueron imprecisas, a veces representadas con una palabra, como “estática”, “magnetismo”; otras, confundiendo conceptos: “la Tierra atrae los cuerpos porque tiene un campo magnético”.

Comparativamente, el análisis de las respuestas al *Postest*, después de la intervención áulica aplicando la estrategia por analogías a los grupos experimentales, mostró que:

- Respecto del campo gravitatorio, los alumnos de los grupos experimentales lograron en un gran porcentaje avanzar conceptualmente, al explicar los fenómenos a través de interacciones (un incremento del 30%). En contrapartida, el grupo control obtuvo dicho aumento a favor de explicar la gravedad como propiedad de la Tierra. No obstante, solo el 8% de los alumnos de los tres grupos utilizó el concepto de campo.
- Respecto del campo eléctrico, en los tres grupos hubo un cambio conceptual positivo. En general aumentó la explicación de los procesos eléctricos por electrización, sobretodo en el grupo control, que alcanzó un 70% en ese nivel. En cambio, los grupos experimentales lograron un incremento en sus explicaciones a través de interacciones y de campo, aunque en este último caso, en un porcentaje menor.
- La explicación de los fenómenos a través del campo magnético evidenció los mayores cambios, disminuyendo drásticamente los alumnos que no explican los fenómenos y aumentando el valor en los otros niveles: a través de considerar al magnetismo como atracción, el magnetismo como electricidad y a través de campos, observándose en

este último nivel un progreso conceptual mayor en los grupos experimentales.

- Respecto de las fuentes del campo, ha habido un desplazamiento hacia un conocimiento científico. Hubo un aumento en el número de estudiantes en todos los grupos que sí reconocen las fuentes de los distintos campos, especialmente en los dos experimentales (alrededor del 30%, superior al 10% de aumento del grupo control).
- En cuanto a las partículas intervinientes, se obtuvieron resultados similares a los obtenidos para las fuentes. Es importante destacar que los grupos experimentales lograron hacerlo con éxito en el 47% y el 56% de los casos, en contraposición del grupo control, que lo logró solo el 27% de los alumnos. No obstante, existe un porcentaje superior al 20% de los alumnos de los grupos experimentales que siguen interpretando en forma errónea las partículas, como suponer que el imán provoca fuerzas magnéticas sobre cargas en reposo y fuerzas magnéticas variables sobre cargas eléctricas en movimiento.
- Además, tal como sucedió con la Capacidad 1, en la Capacidad 2 el grupo control se ubicó en la mitad de una escala del 0 al 110, en decir entre los valores 40 y 69 y los grupos experimentales entre los valores 60 y 89, tal como se observa en la Figura 3.

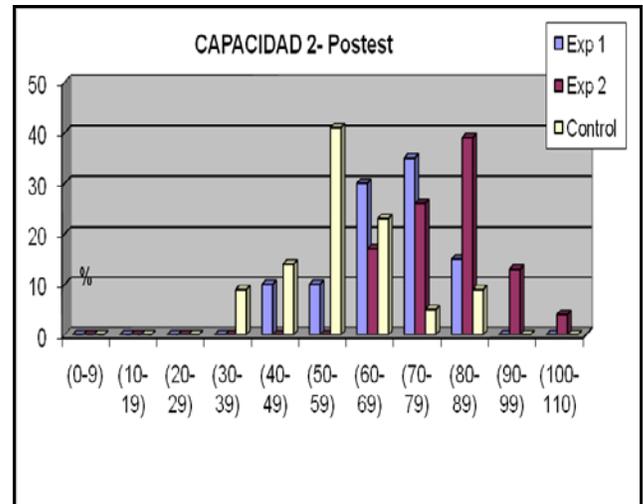


FIGURA 3. Capacidad 2: “De interpretar los fenómenos utilizando el concepto de campo”.

Por último, el análisis del Trabajo Práctico de Integración, que exhibía seis situaciones problemáticas de interpretación de campos, permitiría ratificar lo observado a través del análisis cuantitativo de las respuestas.

Las seis preguntas conceptuales que fueron extraídas de diferentes trabajos de investigación debían discutirse y contestarse en pequeños equipos de trabajo (3 o 4 alumnos), tanto en los dos grupos experimentales como en el control,

es decir, hayan o no estado expuestos a la estrategia didáctica.

Más allá de que todos los grupos coincidieron en reconocer la densidad de líneas de fuerza como el lugar de mayor o menor intensidad de campo eléctrico, solo los grupos experimentales lograron tener un acercamiento a la noción de campo. Pudieron reconocer que puede existir el campo eléctrico a pesar de no encontrarse una carga que entre en un punto del espacio de influencia, pero volvieron a confundirlo con el concepto de fuerza cuando en dicho punto entraba una carga de distinto signo que la fuente.

Respecto del campo magnético, los alumnos de los grupos experimentales pudieron reconocer como fuente del campo la carga en movimiento.

Por ello, si bien no se logró en los estudiantes crear un modelo de campo, se observa un aporte importante de la estrategia didáctica por analogías en el proceso de su formación, recordando que los modelos científicos son construcciones provisionarias y perfectibles.

Capacidad 3: “De reconocer situaciones analógicas y extrapolar conclusiones”

Esta capacidad se pudo analizar a través de la comparación de las respuestas de los tests que podían ser expresadas en forma análoga, de los ejemplos dados por los estudiantes al buscar una analogía a un campo de temperaturas y de los dibujos que representaron en forma análoga al campo generado por un imán y puesto en evidencia por limaduras de hierro. De dichos análisis podemos inferir:

El 60% aproximadamente de los alumnos de los grupos experimentales y el 40% del control pudieron contestar reconociendo que se trataban de preguntas que indagaban sobre tópicos similares. Esto no es determinante, dado que debían reconocer que había una similitud, pero muestra un crecimiento sustancial respecto de lo contestado en el Pretest, donde menos del 20% podía reconocer un fenómeno análogo.

No obstante, el análisis de los dibujos del campo eléctrico y del campo gravitatorio, luego de visualizar el generado por un imán y limaduras de hierro, mostró algunos obstáculos que impedirían una formación adecuada del concepto de campo:

- Los alumnos presentan dificultades al momento de representar lo que visualizan.
- Identifican el campo como un espacio alrededor del imán, de la carga o de la Tierra, donde estos ejercen su influencia. Dicho espacio tendría límites bien definidos, como por ejemplo, el campo gravitatorio de la Tierra finaliza al terminar la atmósfera.
- El campo necesita de un medio material que lo sustente y pueda transmitir fuerzas.

Más allá de lo expresado anteriormente, los alumnos de los grupos experimentales comenzaron a usar la analogía como estrategia para explicar situaciones similares, si bien su pobreza lingüística y conceptual restringió sus capacidades argumentativas. El razonamiento y la argumentación implican capacidades tales como relacionar datos, sacar

La analogía como estrategia en la enseñanza de campo e interacción conclusiones y usar modelos y conceptos científicos como soporte de dichas argumentaciones [13], por lo que es necesaria una construcción progresiva del modelo para un acercamiento argumentativo científico.

IV. CONCLUSIONES

Si partimos del objetivo inicial de esta investigación, de los resultados obtenidos podemos concluir que la estrategia aplicada a través de analogías, si bien no logró que los alumnos de los grupos experimentales interpretaran los fenómenos a través del concepto de campo y sus características, produjo un avance significativo en las capacidades científicas estudiadas respecto del grupo control, al cual no se le aplicó la estrategia. Ello muestra las grandes dificultades para lograr un aprendizaje significativo, en los niveles de la Educación Secundaria, de un concepto de capital importancia para entender uno de los referentes teóricos de la Física actual.

Esto siempre ha de ser afirmado para el alumnado participante en la investigación, aunque a favor de los resultados de ésta se hallan las condiciones en que se desarrolló este trabajo, nada fáciles desde el punto de vista socioeducativo. Asimismo, la forma en que se implementó la estrategia docente, que buscó reproducir situaciones de aula asumibles por la mayoría del profesorado (validez ecológica), otorgan credibilidad a los resultados.

La investigación permitió, además, conocer las ideas previas de los estudiantes respecto de las interacciones a distancia y de campos, a través del análisis cualitativo del Pretest y de los dibujos de cómo imaginan dichos campos, reconociendo en los resultados concepciones previas universales, observadas en otras investigaciones y en otros contextos.

Los resultados obtenidos apuntan algunas líneas prometedoras de actuación que, sin duda, podrían complementarse con otras estrategias, como los recursos que ofrecen las tecnologías de la información y la comunicación [14].

REFERENCIAS

- [1] Martín J. y Solbes, J., *Diseño y evaluación de una propuesta para la enseñanza del concepto de Campo en Física*, Enseñanza de las Ciencias **19**, 393-403 (2001).
- [2] Guisasaola, J., Almudí, J. M., y Ceberio, M. *Concepciones alternativas sobre el Campo Magnético Estacionario. Selección de cuestiones realizadas para su detección*, Enseñanza de las Ciencias **21**, 281-293 (2003).
- [3] Domínguez, M. E. y Moreira, M. A., *Significados atribuidos aos conceitos de campo elétrico e potencial elétrico por estudantes de Física Geral*, Revista Brasileira de Ensino de Física **10**, 67-82 (1988).

- [4] Magalhaes, W. M. S., Santos y Dias, P. M. C., *Uma Proposta para Ensinar os Conceitos de Campo Elétrico e Magnético: uma Aplicação da História da Física*, Revista Brasileira de Ensino de Física **24**, 489-496 (2002).
- [5] Glynn, S. M., *Methods and strategies: The Teaching-With-Analogies Model*, Science and Children **44**, 52-55 (2007).
- [6] Glynn, S. M., Making science concepts meaningful to students: Teaching with analogies. In S. Mikelskis-Seifert, U. Ringelband, & M. Brückmann (Eds.), *Four decades of research in science education: From curriculum development to quality improvement*, (Münster, Germany: Waxmann, 2008), pp. 113-125.
- [7] Acevedo, J. A., *El papel de las analogías en la creatividad de los científicos: la Teoría del Campo Electromagnético de Maxwell como caso paradigmático de la Historia de las Ciencias*, Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias **1**, 188-205 (2004).
- [8] Fracaro, A. y Perales, F., *Diagnóstico de la Escuela Técnica en Mendoza. Una base insuficiente en Ciencias básicas*, Revista Iberoamericana de Educación **54**, 1-13 (2010).
- [9] Rodríguez, D. y Valldeoriola, J., *Metodología de la investigación*, Universitat Oberta de Catalunya en <<http://unrn.edu.ar/blogs/sede-atlantica/files/2012/03/Metodologia-de-la-Investigacion-Social.pdf> > (Consultado el 06 de Mayo de 2013).
- [10] Furió, C. y Guisasola, J., *La enseñanza del concepto de Campo Eléctrico basada en un modelo de aprendizaje como investigación orientada*, Enseñanza de las Ciencias **19**, 319-334 (2001).
- [11] Watts, M., *Gravity don't take for granted!*, Physic Education **17**, 116-121 (1982).
- [12] Llancaqueo, A., El aprendizaje del concepto de Campo en Física: conceptualización, progresividad y dominio. Tesis Doctoral. (Universidad de Burgos, España, 2006).
- [13] Henao, B. y Stipich, M., *Educación en Ciencias y argumentación: la perspectiva de Toulmin como posibles respuestas a los desafíos contemporáneos para la enseñanza de las Ciencias experimentales*, Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias **7**, 47-62 (2008).
- [14] Benegas, J., *Tutoriales para Física Introductoria: Una experiencia exitosa de aprendizaje activo de la Física*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **1**, 32-38 (2007).

1. PRETEST

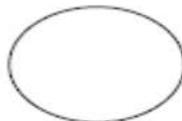
Interacciones: Campo gravitatorio, eléctrico y magnéticoAlumno:Curso:Fecha:

Lee atentamente cada consigna y trata de explicar los hechos que se describen, indicando en cada caso el fenómeno correspondiente y, realizando además, los gráficos indicados.

- 1) Cuando desea alejar un bote de la orilla, el remero empuja con el remo la tierra firme. Explica por qué si empuja en un sentido, el efecto es en el sentido contrario.
- 2) Una persona está sentada sobre una silla. Indica qué fuerza o fuerzas se ejercen sobre la persona y cuál o cuáles sobre la silla. Graficalas.
- 3) Un auto choca con un camión estacionado, cuyo peso es 3 veces mayor. Indica cómo son las fuerzas que se ejercen. Realiza un gráfico de fuerzas en los cuerpos correspondientes.
- 4) ¿Por qué cuando se suelta un objeto cae al suelo?
- 5) Dos cuerpos de masa M y $2M$ respectivamente (la segunda el doble que la primera) se hallan solos en el espacio, enfrentados a una determinada distancia. ¿Existen fuerzas entre ambas? ¿Cómo son? ¿Por qué?



M



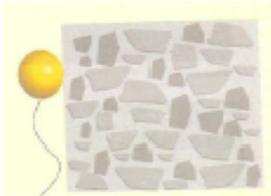
2M

6) Durante una tormenta las nubes se cargan negativamente, ¿cómo se produce, entonces el rayo?

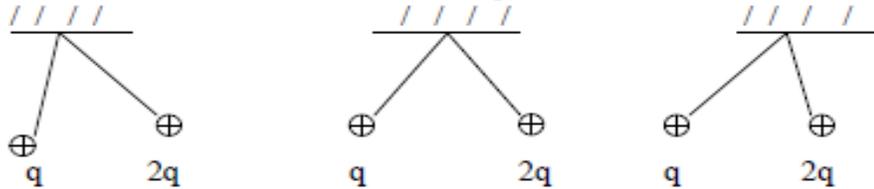
7) Mira la fotografía e intenta explicar por qué el peine atrae el pelo.



8) Un globo frotado se queda adherido a la pared. Explica qué procesos llevan a que suceda este fenómeno

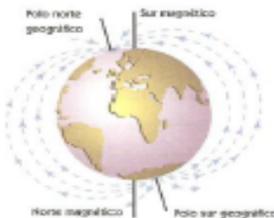


9) Dos pelotas de poliestireno de igual masa m , cargadas con cargas de igual signo, están suspendidas de un hilo una al lado de la otra. La carga de una de las pelotas es el doble de la otra. Elige el diagrama apropiado para mostrar el desplazamiento angular relativo entre ellas. Justifica tu respuesta.



Fuente: Galili 1995

10) ¿Por qué la brújula marca hacia el norte? El dibujo puede ayudarte.



11) Un imán consta de 2 polos ¿Qué sucede con ellos si corto dicho imán por la mitad? ¿se separan los polos? Explica tu respuesta.



12) ¿Qué sucede si enfrente dos imanes?, ¿por qué?



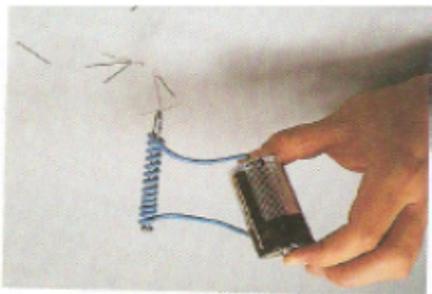
13) ¿Cómo se explica que un imán atraiga un trozo de hierro?

14) A-¿Qué pasa si coloco cerca de un imán un cuerpo cargado eléctricamente y en reposo? B- ¿Y si ese mismo cuerpo se mueve? Justifica tus respuestas

A.

B.

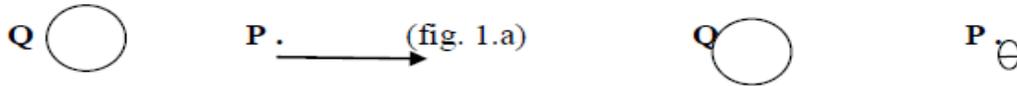
15) Si por una bobina conductora circula corriente, ésta atrae clavos o limaduras de hierro, tal como muestra la fotografía. Trata de explicar por qué los atrae.



2. Trabajo práctico de integración de Campos

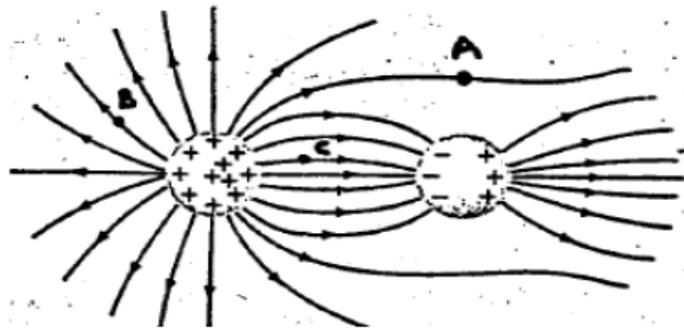
Lee atentamente cada pregunta, y responde, justificando adecuadamente cada respuesta

1. En un punto P del espacio, cercano a la carga Q (fig. 1 a) se ha representado el valor de la intensidad de campo eléctrico E en ese punto. ¿Cuál sería la representación del campo eléctrico si en ese punto se ubica una carga negativa muy pequeña? Dibuja la representación del campo y explica tu contestación.



(Fuente: Furió y Guisasola, 2001)

2. La figura representa las líneas de campo eléctrico correspondiente a un conductor esférico cargado cerca de un conductor esférico sin carga. Ordena los puntos A, b y C de mayor a menor intensidad, explicando el porqué.



(Fuente: Furió y Guisasola, 2001)

3. Dibuja el vector intensidad de campo creado por una carga de $Q = +2C$ en el punto A en los tres casos siguientes:

- | | | | |
|----|-------------------------------|---|-----|
| a) | En A hay una carga $q = +1 C$ | Q | A . |
| b) | En A hay una carga $q = -1C$ | Q | A . |
| c) | En A no hay nada | Q | A . |

Justifica las respuestas

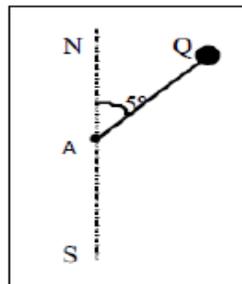
(Fuente: Martín y Solbes, 2001)

4. Como ya sabes, la brújula es un buen detector de campos magnéticos, ya que en su presencia gira hasta orientarse en la dirección del mismo. Si tenemos una brújula y colocamos cerca de ella una carga en reposo, ¿girá la brújula?, ¿por qué?

5. La línea de trazos de la figura representa la dirección del campo magnético terrestre. En el punto A hay una brújula y en el punto B una partícula en reposo cargada con una carga Q positiva.

a) Dibuja sobre A una flecha que represente la orientación de la aguja de la brújula

b) Explica las razones de tu respuesta



(Fuente: Guisasola et al. 2003)

6. Un imán crea un campo magnético a su alrededor debido a:

a) Que en un imán hay una parte donde se acumula carga positiva y otra donde se acumula carga negativa

b) Que dentro del imán existen corrientes de electrones que llevan a la creación de un campo magnético

c) Otra respuesta (Si optas por esta última, explica detalladamente)

(Fuente: Guisasola et al., 2003)