

Aplicación del modelo de Toulmin para la comprensión del campo eléctrico en estudiantes de ingeniería



Cesar Mora¹, Gema Carreto²

¹Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional, Av. Legaria 694, Col. Irrigación, C. P. 11500, México D. F.

²Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Avenida San Claudio y 18 Sur, Ciudad Universitaria, C. P. 72592, Puebla, Puebla.

E-mail: cmoral@ipn.mx

Resumen

Se presentan los resultados obtenidos de una investigación realizada sobre la comprensión del concepto de campo eléctrico, las líneas de campo eléctrico, la dirección e intensidad de campo eléctrico, así como la relación que existe entre éste y la carga eléctrica, que tienen los estudiantes de Ingeniería Química. Se presenta una propuesta didáctica basada en la aplicación del modelo argumentativo de Toulmin para mejorar la comprensión de estos conceptos en los estudiantes, en donde a través de la construcción de esquemas argumentales bajo categorías específicas de análisis se pretende lograr el objetivo de comprensión adecuada. Se presentan las ventajas de la aplicación de esta argumentación en un grupo experimental donde se observó una mayor comprensión de los conceptos en los estudiantes, así como un ligero aumento en la media de las respuestas dadas del post-test comparada con los resultados del grupo de control.

Palabra Clave: Modelo argumentativo de Toulmin, Categorías específicas de análisis, Campo eléctrico.

Abstract

We present the results of research conducted on understanding about the concept of electric field, electric field lines, the direction and intensity of electric field and the relationship between it and the electric charge, with students of Chemical Engineering. We shown a teaching proposal based on the application of Toulmin's argumentative model in order to improve understanding of these concepts in students. We pretend to achieve the goal of proper understanding, through the construction of argumentative schemes under specific categories of analysis. Also, we discuss the advantages of applying this reasoning in an experimental student group, who were observed with a greater understanding of the concepts, and a slight increase in the average responses of the post-test compared with the results of control group.

Keywords: Toulmin's argumentative model, specific categories of analysis, electric field.

PACS: 01.40.gb, 01.40.-d,

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

Dentro de los estudios realizados en la investigación educativa de la enseñanza de la física se han comprobado varias circunstancias que hacen interesante y a la vez preocupante la enseñanza de la física sobre todo en el área de electrostática, tema de esta investigación, algunas de estas circunstancias son con referencia a los conocimientos previos que los estudiantes ya poseen con respecto a los temas que se van a tratar en determinado tema o campo, en este aspecto se ha constatado que todos los estudiantes aprenden nuevos conceptos con base a lo que ellos ya saben de antemano acerca de estos, como dicen Greca y Moreira [1], “la mente de las personas no es una hoja en blanco en donde pueden ser colocadas informaciones arbitrariamente”. Aunado a esto también se ha comprobado que son estas ideas preconcebidas de los fenómenos en el área de electricidad y magnetismo que poseen los estudiantes las que afectan los logros de estos. Dentro de la carrera de Ingeniería Química los estudios de electricidad y

magnetismo se dan en el segundo o tercer semestre en la materia de Física II y sirven como base para las materias que posteriormente verán los estudiantes, donde su comprensión y aplicación es esencial. Sin embargo se han observado serias dificultades en la conceptualización de temas tales como campo eléctrico, líneas de campo eléctrico, dirección e intensidad del campo eléctrico y la relación que existe entre éste y la carga eléctrica.

Lo anterior se debe principalmente a los conceptos deficientes que manejan sobre el algebra vectorial, el poco dominio que tienen sobre representaciones gráficas y simbólicas, así como los pocos niveles de abstracción que alcanzan. Es así que en el presente trabajo se presentan los resultados alcanzados en la aplicación de una metodología basada en la Argumentación de Toulmin como medio para alcanzar un nivel de abstracción que les permita a los estudiantes comprender y aplicar el concepto de campo eléctrico.

II. METODOLOGÍA

A. Método Utilizado

Se aplicó un pre-test con el fin de determinar las ideas que poseen los estudiantes acerca de los conceptos de campo eléctrico, líneas de campo eléctrico, dirección e intensidad del campo eléctrico y la relación que existe entre este y la carga eléctrica. El cuestionario se estructuró de acuerdo al test que viene en The Physics Classroom [2] y el Conceptual Survey in Electricity elaborado por Maloney en 1999 [3]. Este cuestionario se aplicó antes de iniciar los temas antes mencionados. Posterior a la aplicación de la estrategia de enseñanza en donde se incluyó la aplicación de la Argumentación de Toulmin se aplicó el mismo cuestionario como Post-test. Se establecieron dos grupos: uno de control y otro experimental, tanto en el grupo de control como, en el experimental se aplicó una enseñanza activa, solo en el grupo experimental se agregó como estrategia la elaboración del modelo argumentativo de Toulmin. El periodo en que se llevó a cabo la investigación fue de Agosto-diciembre del 2010, en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería Química de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Para calcular el índice de dificultad de los ítems que se seleccionaron en el test se utilizó el propuesto por Doran [4], se obtiene como:

$$Id=R/N. \tag{1}$$

Donde: *Id* representa el índice de dificultad, *R* el número de respuestas correctas, y *N* el número total de estudiantes de la muestra. La tabla I representa una manera de clasificarlo.

TABLA I. Clasificación de índice de dificultad.

Índice de dificultad	Evaluación
0.85 a 1.00	Muy fácil
0.60 a 0.85	Moderadamente fácil
0.35 a 0.60	Moderadamente difícil
0.00 a 0.35	Muy difícil

Para las preguntas de opción múltiple se utilizó las ideas de Lei Bao [5], en donde se puede definir el porcentaje de distribución de las respuestas mediante la siguiente fórmula:

$$PD = \text{No. de respuestas} / \text{No. de población}$$

Aquí se pueden utilizar las siguientes categorías:

- Un modelo: La mayor parte de las respuestas se concentran en una opción.
- Dos modelos: La mayor parte de las respuestas se concentran en dos opciones.
- Ningún modelo: Las respuestas están eventualmente distribuidas en tres o más respuestas.

Para las preguntas que no son de opción múltiple (que tienen menos de 5 opciones de solución) se utilizó las ideas de Peter W. Airasian [6] acerca de los tipos de reactivos y las habilidades que evalúan.

B. Caracterización de la población

La población sobre la cual se aplicó el test es heterogénea, con edades que van de los 18 a los 24 años, cursan tercer o cuarto semestre de las carreras de Ingeniería de Materiales, Ingeniería Química, Ingeniería Ambiental ó Ingeniería en Alimentos, todos distribuidos en dos grupos, haciendo un total de 55 alumnos. En el grupo de control se tuvieron 32 estudiantes, mientras que en el grupo experimental se contó con 23 estudiantes, los dos grupos fueron seleccionados de manera aleatoria.

C. Obtención de datos

En la tabla II se muestran los resultados obtenidos en el pre-test aplicado a los dos grupos tanto el de control como el experimental:

Tabla II. Media aritmética obtenida en el pre-test.

GRUPO	MEDIA
Control	2.91
Experimental	2.94

De acuerdo a los resultados observados en la media de cada grupo se determina claramente que tanto el grupo experimental como el grupo de control tienen una media baja, lo cual se puede interpretar a partir de las ideas previas que poseen los estudiantes y, como se denota son erróneas o están muy lejos de una realidad científica. Lo anterior marca la pauta para la aplicación de la estrategia propuesta en esta investigación basada en el desarrollo del modelo de Toulmin combinado con trabajo colaborativo, para lograr un mayor rendimiento en los estudiantes del grupo experimental y una mejor comprensión de los conceptos de campo eléctrico.

D. Descripción del Test

El pre y post-test aplicado consta de 11 preguntas, todas relacionadas con el concepto de campo eléctrico de las cuales las preguntas 1, 2, 3, 4, 6 y 9 son de opción múltiple con 5 respuestas alternativas para cada pregunta, la pregunta 5 es para determinar si un diagrama es falso o verdadero y explicar porque, la pregunta, 7 sirve para elaborar un diagrama, la pregunta 8 determina el grado de cercanía o alejamiento que hay a un concepto, la pregunta 10 está elaborada con el fin de el análisis y comparación de unidades y la pregunta 11 se elaboró con el fin de determinar la conceptualización de un fenómeno. Las preguntas 1 y 3 son conceptuales.

Las preguntas 1, 2, 3, son referentes a la distribución de carga eléctrica y se obtuvieron del test Conceptual Survey in Electricity elaborado por Maloney *et al.* en 1999 [3], aunadas a estas preguntas está la 11 que se sacó del

cuestionario que a continuación se menciona. Las preguntas 4, 5, 6, 7, 8, 9, y 10 se refieren a líneas de campo eléctrico, intensidad de campo eléctrico y análisis de unidades de campo eléctrico, se obtuvieron de test que viene en The Physics Classroom:

<http://www.physicsclassroom.com/class/estatics/>.

E. Metodología de la instrucción

El pre-test se aplicó en la segunda semana del mes de agosto de 2010 anticipadamente a la impartición de los temas contenidos en el test, esto tuvo la finalidad de verificar los conocimientos previos que manejan los estudiantes con respecto al campo eléctrico.

Posteriormente durante la impartición del curso se utilizó el libro Física Vol. II cuyo autor es Serway [7]. Tanto en el grupo experimental como en el grupo de control, se impartió el curso de manera activa en donde los estudiantes tuvieron una participación directa en la construcción de sus conocimientos utilizando para ello el desarrollo de una práctica de laboratorio, una estrategia de enseñanza de “pensar en voz alta”, el trabajo colaborativo. En el grupo experimental además de las estrategias comentadas se agregó la elaboración de la argumentación de S. Toulmin, con lo cual se pretendía una asimilación profunda y duradera de los conceptos relacionados con las líneas de campo eléctrico, la dirección e intensidad de campo eléctrico, así como la relación que existe entre éste y la carga eléctrica.

F. El modelo de Toulmin en el aprendizaje de cargas eléctricas y su relación con el campo eléctrico

Para lograr la comprensión de los temas relacionados de campo eléctrico y su relación con la carga eléctrica aplicando el Modelo de Toulmin, con el grupo experimental, se prepararon varias herramientas previas para determinar con claridad la postura de los estudiantes ante conceptos científicos tales como los tratados en el curso.

Posteriormente se asignaron lecturas acerca de la construcción de esquemas argumentales bajo categorías específicas de análisis (Argumentación de Toulmin).

Se preparó una práctica de laboratorio con fines de contextualizar los términos en un ambiente real. Bajo este contexto se analizaron los siguientes subtemas:

- Propiedades de las cargas eléctricas
- Carga mediante conducción
- Carga mediante inducción
- Distribución de carga eléctrica.

La práctica de laboratorio se llevó a cabo por equipos de 2 a tres estudiantes con materiales sencillos y bajo la supervisión del docente, el cual planteó una serie de preguntas durante el desarrollo de la misma, para determinar si los conceptos se comprendieron

G. El Modelo de Toulmin en el aprendizaje de las líneas de campo eléctrico su dirección e intensidad

Para estos temas se siguió en primera instancia la misma metodología de aprendizaje, utilizando el modelo de

Toulmin para desarrollar esquemas argumentativos. Con estos temas se llevó a cabo un análisis profundo de los siguientes subtemas:

- Campo eléctrico
- Líneas de Campo eléctrico
- Intensidad y dirección del campo eléctrico.
- Conductores en equilibrio electrostático

Se llevó a cabo un debate sobre los temas vistos en equipos de dos a tres estudiantes de acuerdo a preguntas planteadas por el docente, previa explicación de los conceptos y exhibición de videos ilustrativos de los temas.

Simultáneamente se llevó a cabo sesiones de resolución de problemas, primero la docente resolvió problemas ejemplo en voz alta de tal manera que los estudiantes captaran cada una de las fases de la resolución de los problemas y posteriormente por equipos de dos a 3 estudiantes se resolvieron problemas de los temas vistos. En ambos grupos tanto el de control como el experimental se aplicó esta metodología con excepción de que en el grupo de control no se utilizó la argumentación de Toulmin

H. La Argumentación de Toulmin

Toda argumentación es un proceso que lleva una secuencia a través de la cual se pueden inferir conclusiones a partir de ciertas premisas. En dicho proceso siempre hay una comunicación interactiva entre personas, grupo de personas e incluso entre la persona y el texto que se está generando Bello [8].

A decir de Ong [9] cuando la escritura es un acto textual consiente permite “elegir palabras con una selección reflexiva, que dota a los pensamientos y a las palabras de nuevos recursos de discriminación”.

Toda argumentación implica un cierto grado de razonamiento y este grado aumenta en la medida que la argumentación se vuelve lógica con base de evidencias particulares que permitan generar conclusiones.

También una argumentación permite la generación y producción de ideas (conocimientos) [8]. La argumentación de S. Toulmin se lleva a cabo a partir de observaciones o evidencias específicas, de las cuales se pueden inferir conclusiones.

El modelo de Toulmin [10] está estructurado de acuerdo a las reglas de la argumentación en pasos que pueden ser precisados en cualquier tipo de disciplina o espacio abierto a la disertación y al debate.

Mediante este modelo se incentiva a los estudiantes a encontrar la **evidencia** que fundamenta una **aserción** [8].

La propuesta de este modelo implica que la calidad de los procesos de enseñanza de las ciencias, debe estar dirigida, no tanto a la exactitud con que se manejan los conceptos específicos, sino a las actitudes críticas con las que los estudiantes aprenden a juzgar aun a los conceptos expuestos por sus profesores Toulmin (1977), referido por Henao Sierra [11]).

La construcción del modelo de Toulmin opera de la siguiente manera:

A partir de una **evidencia** (datos), se formula una **aserción** (proposición). Una **garantía** conecta los datos con la aserción y se ofrece su cimiento teórico, práctico o experimental, **el respaldo**. **Los cualificadores modales**, indican el modo en que se presenta la aserción, como

verdadera, contingente o probable, finalmente se consideran sus posibles **reservas** u objeciones.

La **aserción** es la tesis que se va a defender, el asunto a debatir, a demostrar o a sostener en forma oral o escrita. Expresa la conclusión a la que se quiere arribar con la argumentación, expresa el punto de vista que el estudiante quiere sostener, lo que aspira que otros acepten. Indica la posición sobre determinado asunto o materia. Es el propósito que está detrás de toda argumentación, representa la conclusión que se invoca. Existen diferentes tipos de aserciones y una de sus principales características es que puede ser controversial.

La **evidencia** es la razón que sostiene a la aserción y está compuesta por hechos o condiciones que son observables, es de gran importancia porque establece la base para la argumentación y debe ser susceptible de ser evaluada.

La **garantía** es la que permite evaluar si la aserción se basa en la evidencia, siendo el puente del cual ambas dependen, sirve de soporte para verificar que las bases de la argumentación son apropiadas. Es la justificación de la evidencia, es el soporte legítimo de la aserción. Esta se puede expresar mediante una regla, o ley que sirva de vínculo de una evidencia a una aserción.

El **respaldo** sirve para sustentar a la evidencia, así como esta sustenta a la aserción se debe expresar por medio de estadísticas, testimonios o ejemplos, de hecho sirve como refuerzo para la garantía ya que fortalece con ejemplos prácticos a la misma.

El **cualificador modal** sirve para establecer la probabilidad de que la aserción sea veraz, revela la fuerza y grado de certeza de la misma, los términos y las condiciones que la limitan. Se expresa generalmente con adverbios que modifican a los sustantivos claves, algunos ejemplos son: *quizás, seguramente, típicamente, usualmente, probablemente, tal vez.*

Por último la **reserva** representa la excepción de la aserción, es muy importante ya que anticipa las objeciones que se puedan presentar a la argumentación. Es importante mencionar que en modelo de Toulmin, los argumentos no se consideran universalmente verdaderos, es por esto que este elemento es tan importante y sirve como base para la indagación científica por parte de los estudiantes ya que los impulsa a investigar todas las opciones posibles que afectan a un fenómeno o la solución de un problema.

Se pidió a los estudiantes que de manera individual elaboraran un análisis del modelo y después de vistos los temas desarrollaran una argumentación para cada uno de ellos incluyendo cada uno de los esquemas de análisis que propone el modelo. Lo anterior solo al grupo experimental ya que con el de control no se trabajó el modelo.

I. Diseño de la Hipótesis

Se quiere saber si existe un mayor número de aciertos en los estudiantes del grupo experimental con respecto al grupo de control para lo cual se llevará a cabo un análisis estadístico a un nivel de confianza $\alpha = 5\%$ en la comparación de ambos grupos, tanto en la aplicación del pre-test como del post-test.

J. Secuencia de la enseñanza-aprendizaje

El programa que se encuentra dentro del currículo marca 6 unidades de las cuales nos centraremos en los temas de la primera unidad que es donde se encuentra el contenido del tema de estudio del presente trabajo:

1. Propiedades de las cargas eléctricas.
 - a. Aislantes y conductores
 - b. Ley de Coulomb
2. Campo eléctrico
3. Campo Eléctrico en una distribución continua de carga.
 - a. Líneas de campo eléctrico.
 - b. Movimiento de partículas cargadas en un campo eléctrico uniforme.

Aunque en los dos primeros subtemas se pueden incluir prácticas de laboratorio, también es cierto que se necesitan construir modelos mentales de los procesos que representan, lo cual suele ser muy complicado en los estudiantes, esto debido a que ellos ya traen construidos ciertos modelos mentales que construyeron para darle sentido al mundo que los rodeaba y la mayoría de las veces estos modelos son erróneos, ya que carecen de una base matemática y lógica para sustentarlos y tiene más un sustento cualitativo (Greca y Moreira [1]).

En los temas de campo eléctrico la problemática es aun mayor ya que en la mayoría de los casos los estudiantes no han tenido puntos de referencia para construir los modelos mentales necesarios de estos temas y debido a que son conceptos muy abstractos aumenta la dificultad de construcción. Aunado a esto en la mayoría de los textos este tema se presenta como funciones matemáticas de la posición y del tiempo y dar una imagen vectorial del campo, con propiedades como el flujo y la circulación Alzugaray de la Iglesia [12].

III. LA ENSEÑANSA-APRENDIZAJE EN LOS GRUPOS DE ESTUDIO

La implementación de la estrategia propuesta tuvo una duración de 8 semanas de trabajo (agosto-noviembre del 2010), donde se llevaron a cabo las lecturas sobre el modelo de Toulmin, las prácticas de laboratorio, el análisis de conceptos, la resolución de problemas y la elaboración de las argumentaciones con base al modelo de Toulmin.

A. El grupo experimental

1. Se entregó una lectura sobre el Modelo Argumentativo de Toulmin y se les pidió a los estudiantes elaboraran de manera individual un reporte de lectura sobre el mismo, resaltando los puntos más relevantes de la lectura y que ofrecieran ejemplos sobre una argumentación basada en el modelo (estos ejemplos podían no ser de los temas que se iban a ver en el curso).
2. Se llevó a cabo una práctica de laboratorio en donde se contextualizó con materiales sencillos (cinta teflon, globos, guantes, agua) los temas de la primera fase haciendo hincapié en la comprensión de los temas tratados y dejando un cuestionario para que de manera

- conjunta se respondiera y se debatiera las respuestas mas idoneas.
3. Se pidió de manera individual el desarrollo del Modelo de Toulmin para cada uno de los conceptos vistos.
 4. En la segunda fase se dio una clase frente a grupo por parte de la docente acerca de los temas, se respondió a preguntas específicas de los estudiantes y se aplicó la estrategia de “pensar en voz alta”, referida por John Biggs[13] para la resolvieron problema de tal manera que se describiera paso a paso el procedimiento de solución para cada ejemplo, luego se pidió a los estudiantes que en equipos de 2 a 3 máximo debatieran sobre el tema y dieran solución a problemas planteados por la docente. Durante la solución de los problemas por parte de los equipos la docente supervisó la participación de todos los estudiantes, aclaró dudas y contrastó las respuestas de los equipos, poniendo especial atención en aquellos que tuvieron mas dificultad en encontrar solución a los problemas planteados.
 5. Se pidió a los estudiantes que de manera individual desarrollaran el Modelo de Toulmin para cada uno de los temas vistos

La estrategia planteada involucra la participación activa tanto del docente como de los estudiantes, así como el trabajo colaborativo e individual. En la primera fase se dio tiempo para que los estudiantes analizaran detenidamente el Modelo de Toulmin, hicieran preguntas acerca de la construcción del mismo y elaboraran ejemplos que no necesariamente fueron sobre los temas del curso, esto con el fin de que construyeran modelos mentales que les permitieran entender de manera profunda el modelo. En las dos fases siempre se trabajó en equipos maximo de 3 personas, esto con el fin de fomentar la participación activa de todos los estudiantes. Para la construcción del Modelo se solicito fuera de manera individual ya que se pretendía una construcción del conocimiento profunda y de larga duración.

B. El grupo de Control

En este grupo se siguió también una enseñanza activa, se llevó a cabo la práctica de laboratorio incentivando el trabajo colaborativo y las preguntas para aclaración de dudas. En la segunda fase se aplicó la estrategia de “pensar en voz alta” [13], y trabajo colaborativo para la resolución de problemas. Lo único que no se incluyó en este grupo fue el desarrollo de la argumentación de Toulmin.

IV. ANALISIS DE RESULTADOS: RESULTADOS DEL PRE-TEST

En esta sección se analizan los resultados obtenidos tanto el pre-test como en el post-test, en el grupo experimental como en el grupo de control, también se incluyen la elección de modelos que los estudiantes establecieron en resolución de los test.

A. Ideas sobre la relación entre la relación entre cargas eléctricas y campo eléctrico

En los resultados encontrados en el pre-test (TABLA III) se denota que los estudiantes tanto del grupo experimental como del grupo de control tienen dificultades para hacer un análisis cualitativo. Por ejemplo en la pregunta referente a la distribución de carga en un plano infinito (pregunta 1) solo el 15.62% del grupo de control (17.39% del grupo experimental) pudieron determinar la distribución de la misma. La tabla III muestra la distribución de las opciones tomadas por los estudiantes con respecto a la pregunta 3 en donde se cuestiona la existencia de un campo eléctrico dentro de una esfera hueca y en donde interactúan cargas del mismo signo. Las repuestas de los estudiante como lo muestra la tabla se centran en un solo modelo conceptual (incorrecto), centrado en a) en donde refieren que el campo eléctrico tiene una dirección hacia la izquierda, ya que infieren rechazo de cargas del mismo signo, pero no toman en cuenta que la esfera es hueca y que por lo tanto hay cero campo eléctrico dentro de ella (en condiciones estáticas). Sin embargo, en la pregunta 2 a la pregunta de distribución de carga en una esfera hueca responden correctamente con un solo modelo conceptual centrado en b), aquí el 46.87% (47.82% del grupo experimental contestan correctamente y sienten la pregunta también moderadamente difícil.

Se debe hacer notar que en la pregunta 11 referente a la interacción de cargas y el vector de campo eléctrico sólo el 15.65% del grupo de control (13.04% del grupo experimental) pudieron determinar la dirección del mismo, ya que vuelven a denotar confusión entre las relaciones del campo eléctrico y cargas eléctricas. Es evidente que en los dos grupos tanto el de control como el experimental hay problemas en la construcción de modelos conceptuales que les permitan comprender las relaciones que existen entre las cargas eléctricas y el campo eléctrico.

TABLA III. Distribución porcentual de las opciones de los estudiantes.

GE %	Id	GC %	Id
56.62	Mod. difícil	53.12	Mod. difícil
17.39		21.87	
4.34		3.12	
0		0	
17.39		18.75	

B. Ideas sobre líneas, dirección e intensidad de campo eléctrico

En las preguntas referentes a las líneas de campo eléctrico, se observó que las respuestas de los estudiantes tanto del grupo de control como el experimental denotan algunas dificultades para establecer la dirección e interacción de las mismas, de tal manera que en la pregunta 4 en lo referente a la elección de esquemas que muestran líneas de campo correctas e incorrectas los estudiantes del grupo de control solo en un porcentaje del 21.87% pudieron seleccionar los esquemas correctos y en el grupo experimental solo el 39.13% lo logro. De lo anterior y de acuerdo a Peter Airasian [6] se puede determinar que los estudiantes no

pueden discernir, clasificar y seleccionar líneas de campo eléctrico. En lo referente a la pregunta 5 y 7 los estudiantes muestran dificultades para analizar y aplicar el concepto de líneas de campo eléctrico. En cuanto a la pregunta 9 se puede apreciar que los estudiantes construyeron dos modelos mentales el primero de manera incorrecta centrado en c) y en el cual 31.25% del grupo de control (34.78% del grupo experimental), creen que las líneas de campo eléctrico de una carga positiva se representan entrando hacia ella y las líneas de campo eléctrico en una carga negativa se representan saliendo de ella, en este contexto la pregunta se les hizo muy difícil. En segundo modelo conceptual 40.62% del grupo de control (47,82% del grupo experimental) tienen construido el modelo correctamente centrado en d) que es la respuesta correcta a la pregunta, la cual sintieron moderadamente difícil. Esto se puede apreciar en la siguiente figura:

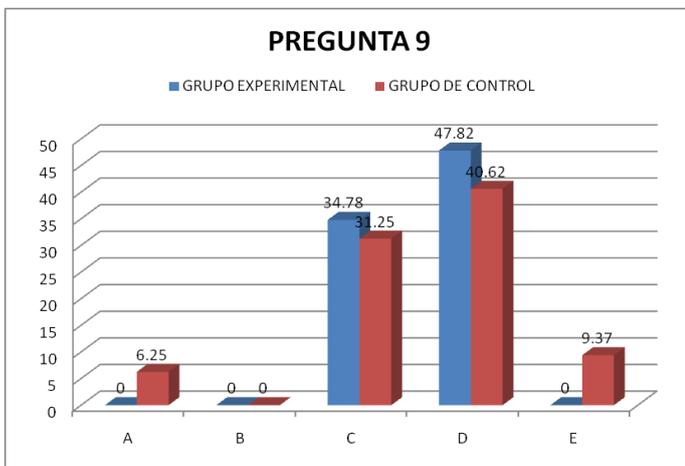


Figura 1. Distribución de las respuestas de los grupos de control y experimental para la pregunta 9. Se muestran dos modelos conceptuales uno correcto y uno incorrecto.

A. Resultados del Post-test

Al término de la aplicación de la estrategia propuesta se volvió a aplicar el cuestionario con el objetivo de determinar las nuevas ideas de los estudiantes con respecto a los temas objeto de estudio de esta investigación y determinar si la aplicación del Modelo Argumentativo de Toulmin mejoró la construcción de los modelos conceptuales de los estudiantes y si estos son correctos. Esto se llevó a cabo haciendo comparaciones entre los dos grupos.

En cuanto a los datos obtenidos para los conceptos que relacionan la carga eléctrica y el campo eléctrico en los dos grupos hubo un aumento significativo en las respuestas correctas, pero se nota que en el grupo experimental se obtuvo aún un mayor número de preguntas contestadas correctamente. Para la pregunta 1 en el grupo de control hubo un incremento de 3.13% solamente, mientras que en el grupo experimental hubo un incremento de 30.43%, en la pregunta 2 en el grupo de control se observó un incremento de 9.38% mientras que en el grupo experimental se observó el 30.44% de incremento, la pregunta 3 obtuvo incrementos de 31.25% en el grupo de control y 17.39% en el experimental, por último para esta fase en la pregunta 11 se

observan incrementos de 18.75% en el grupo de control y 8.69% en el experimental, lo cual se puede observar en la figura 2:

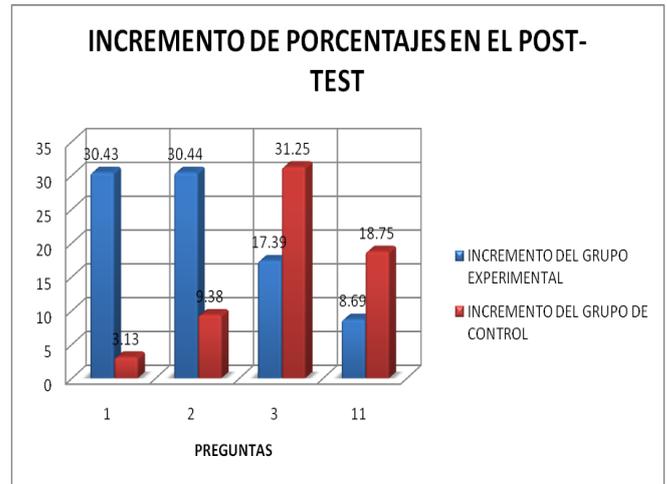


Figura 2. Incremento de porcentajes en las preguntas de relación de cargas con campo eléctrico.

En cuanto a la construcción de modelos conceptuales en la pregunta 1 se construyó un modelo correcto fue el que mayor porcentaje tuvo (47.82% para el grupo experimental y 18.75% para el grupo de control) centrado en d), para el grupo experimental la pregunta les resultó moderadamente difícil y para el grupo de control fue muy difícil.

En cuanto a la pregunta 2 se observó la construcción de un modelo conceptual correcto centrado en b) donde en el grupo experimental obtuvo un 78.26% de respuestas correctas y en el grupo de control un 56.25% de respuestas correctas por lo que la mayoría de los estudiantes tienen una idea clara de la distribución de carga, el grupo experimental sintió la pregunta muy fácil y el de control moderadamente difícil. Esto se puede observar en la figura 3.

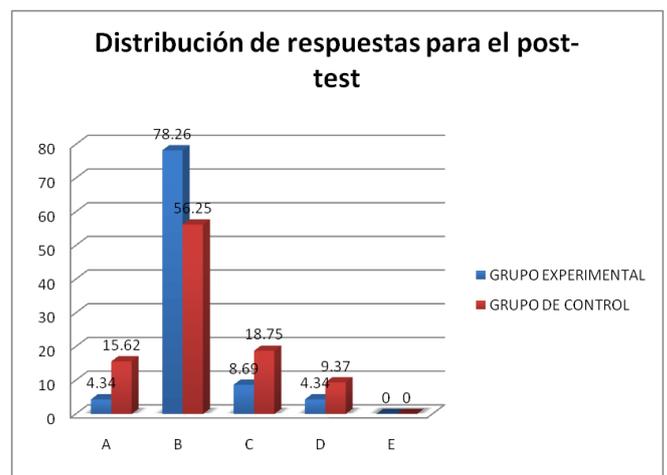


Figura 3. Distribución de respuestas para los grupos de control y experimental de la pregunta 2. Se exhibe un modelo conceptual centrado en la opción b.

En cuanto a la segunda fase, la conceptualización de las líneas de campo eléctrico su intensidad y el manejo de unidades también se observaron incrementos considerables

en las respuestas correctas de los estudiantes, en la figura 4 se pueden apreciar estos incrementos:

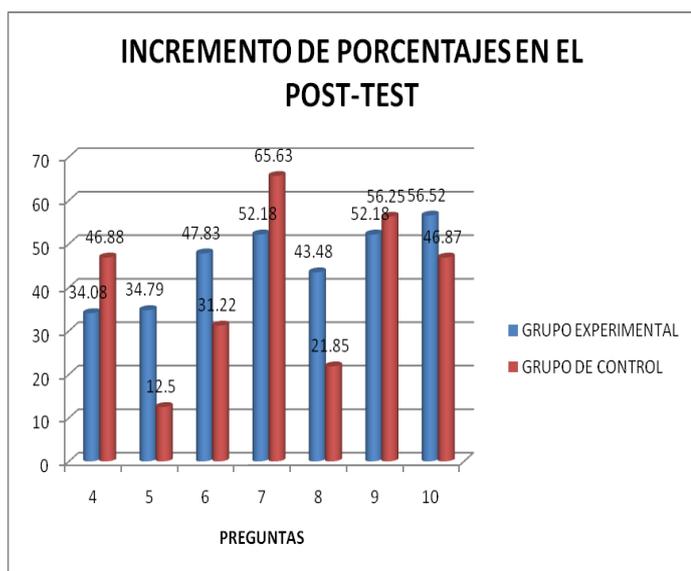


Figura 4. Incremento de porcentajes en las preguntas de líneas, intensidad y manejo de unidades del campo eléctrico.

Como se puede observar en la gráfica en la pregunta 4 hubo un incremento de 46.88% para el grupo de control, mientras que para el grupo experimental un 34.08%, para la pregunta 5 el incremento para el grupo de control fue 12.5% y para el grupo experimental de 34.79%, en la pregunta 6 el incremento en el grupo de control fue de 31.22% y en el experimental de 47.83%, para la pregunta 7 el incremento en el grupo de control fue de 65.63% y para el experimental de 52.18%, en la pregunta 8 el incremento en el grupo de control es de 21.85% y en el experimental de 43.48%, en la pregunta 9 el incremento en el grupo de control fue de 56.25% y en el experimental de 52.18%, por último en la pregunta 10 el incremento en el grupo de control fue de 46.87% y en el experimental fue de 56.52%.

En cuanto al análisis de cada una de las respuesta con base al planteado por Lei Bao [5] y Peter W. Airasian [6] se puede inferir que en la pregunta 4 los estudiantes tanto del grupo de control como el experimental lograron seleccionar y discernir con mayor precisión las líneas de campo eléctrico. En la pregunta 5 que es de tipo restringida los estudiantes del grupo experimental aumentaron considerablemente las habilidades de contrastar y explicar las interacciones del campo eléctrico en cargas positivas y negativas, mientras que en el grupo de control estas habilidades tuvieron un ligero incremento. Para la pregunta 6 que fue del tipo jerarquización los estudiantes del grupo experimental tuvieron un incremento en las habilidades de comprensión y aplicación de la intensidad del campo eléctrico, en el grupo de control también hubo incremento en estas habilidades pero de menor magnitud. Para la pregunta 7 que también es del tipo restringida los estudiantes del grupo de control aumentaron su capacidad de contrastar y explicar cómo son las líneas de campo eléctrico entre superficies geométricas determinadas, esto también sucedió con el grupo experimental pero en menor medida. Para la pregunta 8 que es de jerarquización los estudiantes del grupo de control lograron aumentar su capacidad de comprensión y aplicación de la intensidad del campo eléctrico, aunque el

grupo experimental logro hacerlo mejor. En la pregunta 10 la cual es una pregunta de ejecución, los estudiantes del grupo de control lograron aumentar su capacidad de análisis y ejecución en el manejo dimensional de las unidades del campo eléctrico, pero los del grupo experimental lograron un incremento aun mayor es estas habilidades.

Para la pregunta 9 se presenta la tabla IV en donde podemos observar que la construcción del modelo conceptual referente a la interacción que existe en las líneas de campo eléctrico y las cargas eléctricas en el grupo experimental es hecha por el total (100%) de los estudiantes que representan a la muestra, además la pregunta en este contexto se les hizo muy fácil, para el grupo de control también hubo una construcción casi total del modelo conceptual, llegando a un total de 96.87% de respuestas correctas y la pregunta les pareció muy fácil. Interesante notar que en pre-test la pregunta a los dos grupos se les hizo de moderadamente difícil a muy difícil.

Es importante hacer notar que aunque en la figura que muestra el incremento de porcentajes para esta pregunta, el grupo de control obtuvo un mayor incremento, es en el grupo experimental donde se logro un 100% de respuestas correctas.

TABLA IV. Distribución porcentual de las respuestas de los estudiantes, la pregunta se les hizo muy fácil.

GE %	Id	GC %	Id
0		0	
0		0	
0		3.12	
100	Muy fácil	96.87	Muy fácil
0		0	

D. Ganancia Normalizada

El cálculo para la ganancia normalizada se llevó a cabo según la propuesta de Doran [4]:

$$G = (\text{postS} - \text{preS}) / (\text{MPS} - \text{preS})$$

Donde:

- PostS = score del post-test
- PreS = score del pre-test
- MPS = máximo score posible

Por medio de esta fórmula se obtiene la ganancia normalizada para ambos grupos, misma que se muestra en la tabla V. Se puede observar que hay una diferencia de 6 puntos porcentuales favorables al grupo experimental. Si bien es cierto que esta diferencia no es muy grande, nos proporciona un indicio de las ventajas que se pueden obtener al aplicar el modelo argumentativo de Toulmin en la enseñanza activa.

TABLA V. Comparación de la ganancia normalizada entre los grupos de estudio.

GRUPO	GANANCIA NORMALIZADA
CONTROL	49%
EXPERIMENTAL	55%

V. CONCLUSIONES

Después de la aplicación de la enseñanza activa en los dos grupos se observa que aun prevalecen algunos modelos conceptuales erróneos. Se hace evidente que después de la aplicación de una enseñanza activa en los dos grupos hay un aumento considerable de aciertos en los dos grupos aunque en el grupo experimental este aumento es todavía mayor. Sin embargo es importante notar que prevalecen las ideas erróneas de la relación que existe entre una carga puntual y un plano infinito, en donde es imprescindible tomar en cuenta el campo eléctrico, en este contexto es necesario decir que para contestar adecuadamente esta pregunta es necesario tener conocimientos matemáticos de cálculo avanzado, cosa que muchos estudiantes carecen en el curso donde se imparte este concepto. Se observa sin embargo que un gran número de estudiantes tanto del grupo de control como del grupo experimental refieren una construcción de modelos conceptuales acertados cuando tienen que determinar cómo es la distribución de carga en una esfera hueca donde el campo eléctrico en el interior se anula y se confirma cuando se inserta la interacción de otra carga en donde el incremento de respuestas correctas es también alto. Cuando se introduce el concepto de vector para determinar la dirección del campo eléctrico cuando actúan dos cargas entre si se observa un incremento en el número de respuestas correctas tanto en el grupo de control como en el grupo experimental, sin embargo persisten algunos modelos conceptuales erróneos donde se confunde la dirección del vector campo con las líneas de campo eléctrico. En cuanto a la representación grafica de las líneas de campo eléctrico en cargas de signo positivo y negativo se observó un considerable incremento en las respuestas correctas tanto en el grupo experimental como en el de control lo que nos lleva a concluir que hay una construcción más acertada acerca de estas representaciones gráficas. La cuestión de determinar si las líneas de campo eléctrico se pueden o no cruzar es algo que a los estudiantes tanto del grupo de control como experimental les ha quedado muy clara. En cuanto a determinar la intensidad del campo eléctrico ya sea por interacción de cargas o en superficies irregulares, los estudiantes de los dos grupos denotaron un considerable incremento en la construcción de modelos conceptuales correctos y el aumento en las habilidades de analizar, comparar, deducir y aplicar. En el manejo de unidades dimensionales también se observó un incremento en la aplicación de procesos que lleven a inferir el uso correcto de unidades para el campo eléctrico.

En cuanto al número de aciertos logrados por el grupo experimental con respecto al de control se observó que si hay un mayor número de estos en el grupo experimental, en este sentido la media aritmética muestra un incremento favorable para el grupo experimental. En la tabla VI se muestran estos resultados

TABLA VI. Resultados del Post-test para ambos grupos.

GRUPO	MEDIA	D. Estándar
CONTROL	6.11	1.37174391
EXPERIMENTAL	6.89	1.62494889

Se puede observar que la media de los dos grupos se incrementó en 4 puntos para los dos grupos a partir de la aplicación de una enseñanza activa, sin embargo se muestra un ligero incremento en el grupo experimental que sin ser significativo nos indica el beneficio de incluir en la enseñanza activa el modelo argumentativo de S. Toulmin.

Se puede concluir a partir de estos datos y los obtenidos de la ganancia normalizada nos dan una pauta positiva para seguir aplicando y mejorando esta estrategia de enseñanza, basada en el desarrollo del Modelo Argumentativo de Toulmin.

REFERENCIAS

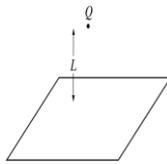
- [1] Greca, I. M. y Moreira, M. A., *Modelos Mentales Y Aprendizaje De Física En Electricidad Y Magnetismo*, Enseñanza de las Ciencias **16**, 289-303 (1998).
- [2] The Physics Classroom Topics, On line: <http://www.physicsclassroom.com/Class/>, fecha de consulta: 08/06/2012.
- [3] Maloney, D., Van Heuvelen, A., O’Kuma, T., Heiggelke, C., *Conceptual Survey in Electricity*, Am. J. Phys., Education Research **69**, 12-23 (2001)
- [4] Doran, R., *Basic measurement and evaluation of science instruction*, (National science teacher association, Washintong, D. C., 1980).
- [5] Bao, L., Redish, E., *Concentration analysis: A quantitative assessment of student state*, Am. J. Phys. **69**, 45-53 (2001).
- [6] Alrasian, P. W., *La evaluación en el salón de clases*, (Mc Graw Hill, México, 2002).
- [7] Serway, R., *Física, Vol. II*, (Mc. Graw-Hill, México, 2009).
- [8] Rodríguez Bello, L. I., *El Modelo argumentativo de Toulmin en la escritura de artículos de investigación educativa*, [en línea]. Revista Digital Universitaria. 31 de enero de 2004, <<http://www.revista.unam.mx/vol.5/num1/art2/art2.htm>> [Consulta: 13 de mayo de 2012].
- [9] Ong, W. *Oralidad y escritura*, (Fondo de Cultura económica, México, 1987).
- [10] Toulmin, S. *The uses of argument*. Cambridge, (Cambridge University Press, England, 1958).
- [11] Henao Sierra, B. L., *Hacia la construcción de una ecología Representacional: aproximación al Aprendizaje como argumentación, desde la Perspectiva de Stephen Toulmin*, Tesis Doctoral, Universidad De Burgos (2010)
- [12] Alzugaray, G., *Variables que afectan la comprensión del concepto de campo eléctrico*. Enseñanza de las Ciencias, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, 1942-1945 (2009) . <http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-1942-1945.pdf> Fecha de consulta: 22/07/2011
- [13] Biggs, J., *Calidad del Aprendizaje Universitario*, 2da Edición (Narcea S. A. Ediciones, Colección Universitaria, México, 2006) pp. 153
- [14] Furió, C, Guisasola, J, Zubimendi, J., *Problemas históricos y dificultades de aprendizaje en la interpretación newtoniana de fenómenos electrostáticos considerados elementales*, Investigações em Ensino de Ciências **3**, 165-188 (1998).

[15] Furió, C, Guisasaola, J, Zubimendi, J., *Problemas Históricos y Dificultades de Aprendizaje en la Interpretación Newtoniana de fenómenos electrostáticos Considerados elementales*, Investigações em Ensino de Ciências 3, 165-188 (1999).

[16] Vázquez Alonso, A., Manassero, M. A. y Acevedo, J. A.. *Análisis cuantitativo de ítems complejos de opción múltiple en ciencia, tecnología y sociedad: Escalamiento de ítems*. Revista Electrónica de Investigación Educativa 7, (2005) (1). Consultado: 13/07/2011 en: <http://redie.uabc.mx/vol7no1/contenido-vazquez.html>

APENDICE

1.

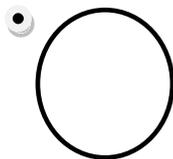


Una carga positiva Q está situado a una distancia L por encima de un plano infinito de tierra, como se muestra en la figura anterior. ¿Cuál es el total de carga inducida en el plano?

- (A) $2Q$
- (B) Q
- (C) 0
- (D) $-Q$
- (E) $-2Q$

2. Una esfera de metal hueca es eléctricamente neutra (sin exceso de carga). Una pequeña cantidad de carga negativa de repente se puso en un punto P de esta esfera de metal. Si revisamos este exceso de carga negativa a los pocos segundos nos encontraremos con una de las siguientes posibilidades:

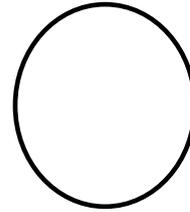
- (A) Todo el exceso de carga se mantiene alrededor del punto P .
- (B) El exceso de carga se ha distribuido de manera uniforme sobre la superficie exterior de la esfera.
- (C) El exceso de carga se distribuye uniformemente sobre la superficie interior y exterior.
- (D) La mayoría de la carga no está en el punto P , pero algunos electrones se han extendido sobre la esfera.
- (E) No habrá exceso de carga a la izquierda.



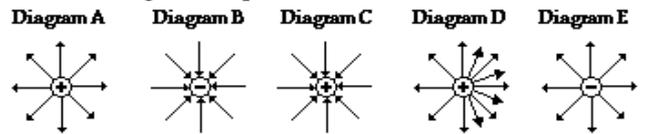
3. La siguiente figura muestra una esfera de metal hueca en la que inicialmente se distribuyó una carga positiva (+) en su superficie. A continuación, una carga positiva $+Q$ se ubica cerca de la esfera. ¿Cuál es la dirección del campo eléctrico en el centro de la esfera después de que la carga positiva $+Q$ se coloca cerca de ella?

- (A) Izquierda
- (B) Derecha
- (C) Arriba

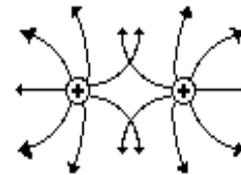
- (D) Abajo
- (E) Cero campo eléctrico



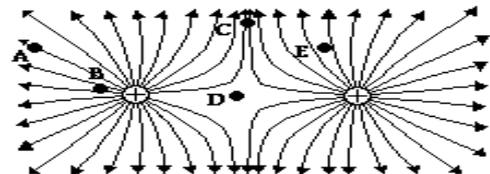
4. Varios modelos de líneas de campo eléctrico se muestran en los diagramas de abajo. ¿Cuáles de estos patrones son incorrectos? Explicar lo que está mal con todos los diagramas que son incorrectos



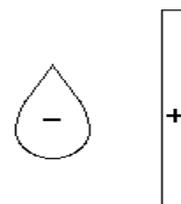
5. Se señalaron las siguientes líneas del campo eléctrico para una configuración de dos cargas. ¿Qué está mal en el diagrama que se dibujo? Explique.



6. Tenga en cuenta las líneas de campo eléctrico establecido en la siguiente figura para una configuración de dos cargas. Varios lugares están marcados en el diagrama. Clasifique estos lugares con el fin de establecer la intensidad de campo eléctrico - de menor a mayor



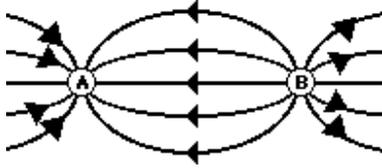
7. Dibuje las líneas de campo eléctrico para la siguiente configuración de dos objetos. Coloque flechas en las líneas de campo.



8. Describa la intensidad de campo eléctrico en las seis ubicaciones de la figura en forma irregular que representa un objeto cargado. Utilice las frases "cero", "relativamente

débil", "moderado", y relativamente fuerte ", para hacer sus descripciones.

9. Tenga en cuenta las líneas de campo eléctrico que se muestran en el siguiente diagrama. A partir del diagrama, se desprende que el objeto A es ____ y el objeto B es ____



10. La siguiente unidad no es la unidad estándar para expresar la cantidad de fuerza del campo eléctrico: $\text{kg} \cdot \text{m} / \text{s}^2 / \text{C}$. Sin embargo, podría ser aceptable para una unidad de

E. Haga un análisis de las unidades para identificar si el conjunto es una unidad aceptable para la intensidad de campo eléctrico.

11. Se tienen dos globos y se observa que un globo está cargado negativamente. El globo B ejerce un efecto de repulsión en globo A. ¿El vector del campo eléctrico creado por el globo B se encaminará a B o fuera de B? _____ Explique su razonamiento

- a) ++
- b) -, -
- c) +, -
- d) -, +
- e) Información insuficiente