



# *Ideas y esquemas conceptuales de los alumnos de enseñanza secundaria sobre la corriente eléctrica: primeros resultados*

Ruiz Saenz de Miera, A.

I. B. Silverio Lanza, Getafe

Rosado, Luis.

UNED. Facultad de Ciencias. Madrid

## RESUMEN

*En este trabajo se estudian las ideas de alumnos del Bachillerato Unificado Polivalente (BUP) y del Curso de Orientación Universitaria (COU), en torno a la corriente eléctrica, mediante cuestionarios de preguntas con respuesta libre, tests de elección de palabras y árboles conceptuales. Se ha obtenido un "universo conceptual" en torno a la corriente eléctrica para los alumnos de cada nivel. Los árboles conceptuales construidos por alumnos de segundo de BUP (16 y 17 años) no están apenas estructurados (árboles lineales, con muy pocas ramificaciones), mientras que en los cursos superiores (17, 18 y 19 años) organizan los conceptos de forma mucho más rica (árboles con mayor número de ramificaciones). Los resultados obtenidos ponen de manifiesto la progresiva adecuación del léxico de los alumnos al modelo "científico" de corriente eléctrica, aunque el modelo "vivencial" o "ambiental" persiste en muchos de ellos. En los cursos superiores aparecen errores conceptuales graves.*

## Introducción

El conocimiento de las ideas de los alumnos, de sus modelos representacionales, constituye la base de cualquier desarrollo curricular y, por supuesto, del aprendizaje posterior. Como dice Ausubel: "De todos los factores que influyen en el aprendizaje, el más importante consiste en lo que el alumno ya sabe" (Ausubel, 1983). Acceder a las ideas de los alumnos supone un proceso complejo, existiendo distintos procedimientos desde diversas perspectivas y con objetivos diferentes. Una posibilidad es la obtención de las ideas de los alumnos en forma gramatical, mediante procedimientos basados en la técnica de entrevista clínica de Piaget: entrevista sobre ejemplos (Osborne y Gilbert,



1980), entrevista sobre fenómenos (Osborne, 1980). Otros autores prefieren obtener las ideas de los alumnos en forma de mapa o diagrama conceptual; en este caso, además de la entrevista (Novak y Gowin, 1988), se emplean técnicas como asociación de palabras (Preece, 1976), definiciones de conceptos (Kempa y Hodgson, 1976) y construcción de árboles conceptuales (Matews y otros 1984, Novak y Gowin, 1988).

Algunos autores se han ocupado de las ideas de los alumnos sobre la corriente eléctrica. Osborne (1985) establece la existencia de diversos modelos sobre el modo en que la corriente fluye por un circuito formado por una pila y una bombilla, en alumnos comprendidos entre 10 y 17 años: unipolar, de corrientes encontradas, de atenuación de la corriente a lo largo del circuito y científico. En su investigación, casi un 40 % de los alumnos de 17 años aún no han alcanzado el modelo científico. Shistone (1985) estudia las opiniones de los alumnos de la escuela secundaria sobre la corriente eléctrica en un circuito formado por una batería y una bombilla situada entre dos resistencias variables, analizando la influencia que ejercen éstas en el brillo de la bombilla; para porcentajes elevados de alumnos de todos los cursos (40 % en los de sexto grado, 17 años) sólo influye la resistencia situada antes de la bombilla. Solomon (1985) investiga el punto de vista de los alumnos de primero y tercero de secundaria (11-12, 13-14 años) sobre la electricidad, empleando un cuestionario con tres preguntas: ¿Qué es la electricidad?, ¿A qué se parece la electricidad? y ¿Dónde hay electricidad?. Los resultados ponen de manifiesto que en ambos grupos existe un tronco común de conocimiento social, con una variación muy pequeña en sus interpretaciones, no apreciándose un avance significativo en las concepciones del grupo de mayor edad.

En este trabajo se estudian las ideas de los alumnos de BUP y COU en torno a la corriente eléctrica, mediante cuestionarios de preguntas con respuesta libre, tests de elección de palabras y árboles conceptuales.

## Parte experimental

### *Características de la muestra*

La investigación se ha llevado a cabo sobre tres grupos mixtos de alumnos de 20 de BUP, 30 de BUP y COU, de edades comprendidas entre 15 y 19 años. Todos pertenecen al Instituto de Bachillerato Silverio Lanza de Getafe (Madrid), en el que reciben una enseñanza tradicional, con exposiciones del profesor, resolución de ejercicios y problemas numéricos, incluyendo una hora de laboratorio quincenal. El centro está situado en una zona eminentemente industrial de la periferia de Madrid. Sociológicamente, los alumnos pertenecen a la clase media y media baja. En un porcentaje elevado sus padres son obreros con poca cualificación, existiendo también pequeños comerciantes y una minoría de cargos intermedios. En la tabla I se recogen algunas de las características de los grupos de alumnos que han intervenido en la investigación.



GRUPO	N. Alumnos	Edad media	Nivel de estudios de los padres %		
			superiores	medios	primarios
2º BUP	37	16.5	2.7	5.5	91.9
3º BUP	34	17.1	2.9	14.7	82.5
COU	36	18.3	1.4	13.8	79.1

Tabla I. Características de los alumnos sobre los que se ha realizado la investigación.

Todos los alumnos cursaban la asignatura de Física o Física y Química, aunque en el momento de realizar el estudio todavía no han llegado al tema de electricidad. Por consiguiente, las ideas que pusieron de manifiesto sobre la corriente eléctrica, se referían a la información y concepciones que retenían en la memoria, bien de cursos anteriores o adquiridas por otros procedimientos. Académicamente, los alumnos de 2º de BUP sólo habían estudiado aspectos muy genéricos de electricidad 2 ó 3 años antes, según su procedencia, en la Educación General Básica; los de 3º de BUP habían tratado la corriente eléctrica el curso anterior y los de COU la habían hecho los dos cursos anteriores.

## Metodología

### Recopilación de datos

La recogida de datos entre los alumnos se ha llevado a cabo en tres fases (cuestionario de introducción, test de selección de palabras y construcción de árboles conceptuales), separadas por períodos de 7 a 10 días, según los grupos, y siempre en el tiempo habitual de clase.

#### a) Cuestionario de introducción

Está constituido por un párrafo inicial, en el que se informa a los alumnos de que van a participar en una investigación que tiene como objeto estudiar sus ideas sobre la corriente eléctrica, y por un cuestionario de 9 preguntas con definiciones, explicaciones y valoraciones de distintos fenómenos relacionados con la corriente eléctrica. El tiempo para responder al cuestionario es de 30 minutos.

#### b) Test de selección de palabras

A partir de los resultados obtenidos en el cuestionario de introducción, de las referencias bibliográficas (Osborne y Freyberg, 1985, Solomon y cols, 1985), de los conceptos seleccionados por un grupo de profesores del centro y de otros sacados del programa de Física de estos niveles, se elabora una lista con 103 palabras que contiene: conceptos fundamentales de la corriente eléctrica, magnitudes eléctricas, unidades eléctricas, conceptos sacados de otras partes de la electricidad (campo eléctrico, electromagnetismo), palabras del lenguaje coloquial relacionadas con la electricidad, conceptos y términos de otras partes de la Física y de la Química, y nombres de aparatos de medida de magnitudes físicas. A cada alumno partici-



pante en la investigación se le da esta lista ordenada alfabéticamente y se le pide que marque las 20 palabras que considere fundamentales para explicar la corriente eléctrica y sus propiedades, aplicando el siguiente procedimiento: leer la lista completa sin marcar ninguna palabra, marcar 10 palabras en una segunda lectura y el resto en una tercera. El número de 20 palabras es sólo orientativo, admitiéndose también como válidos los cuestionarios que se desvíen de esta cantidad en 2 ó 3 por encima o por debajo, pero rechazando aquellos que lo hagan en un número mayor. De todos los cuestionarios considerados como válidos en un grupo se seleccionan las palabras elegidas por más de un 50 % de los alumnos, sin tener en cuenta las unidades. Estas palabras, que denominamos "universo-conceptual" del grupo, son las que se utilizarán en etapas posteriores.

#### c) Obtención de árboles conceptuales

En primer lugar, se enseñó a los alumnos a construir diagramas arbóreos, mostrándoles distintos ejemplos ya contruidos, explicándoles el procedimiento de construcción y pidiéndoles que realizasen un ensayo a partir de una lista con conceptos sobre relaciones familiares (padre, madre, hijo, tío, etc.). A continuación se les ofrece la lista de palabras que compone el "universo conceptual" del grupo, obtenido en el apartado anterior, y se les pide que, de forma individual, construyan un árbol conceptual con ellas. Para esta última tarea dispusieron de un tiempo comprendido entre 35 y 45 minutos, según los grupos.

El procedimiento para la construcción de diagramas arbóreos es el siguiente: de la lista de palabras dada se eligen las dos que se consideren más importantes, se escriben en el papel una al lado de la otra y se unen con una línea sobre la que se pone un 1. De las que quedan en la lista se toma la siguiente en importancia, se escribe sobre el papel relacionándola con alguna de las anteriores mediante otra línea sobre la que se pone un 2. Se continúa el proceso hasta situar en el diagrama todas las palabras de la lista. En un determinado momento puede ocurrir que existan grupos de palabras separadas del diagrama principal, formando un segundo diagrama; esto no supone ningún inconveniente, siempre que al final se relacionen entre sí dando un único diagrama. Los diagramas que no cumplan estos requisitos son rechazados, y no se tienen en cuenta en etapas posteriores.

## Resultados y discusión

### *Cuestionario de introducción*

En la tabla II se resumen los resultados al cuestionario de introducción expresados en %. Únicamente la primera pregunta debe contestarse eligiendo una opción (sí/no), las demás son de respuesta libre, pudiendo presentarse el caso de un alumno que escriba más de una respuesta con lo que el porcentaje total supere el 100%. Resulta interesante comprobar que la idea de corriente eléctrica como algo que fluye (pregunta 1 de la tabla) apenas está presente en segundo, aumentando en tercero y alcanzando el máximo en COU, casi un 70%.

Las respuestas a la segunda pregunta muestran un gran desconocimiento, en los alumnos de todos los cursos, de cuáles son las magnitudes que intervienen en la corriente eléctrica; así, como una confusión, que se va consolidando de segundo a COU; entre magnitudes y unidades. Respecto a la tercera pregunta se pueden destacar los altos por-



¿Significa lo mismo la palabra "corriente" en corriente eléctrica y corriente de agua?			
	2º BUP	3º BUP %	COU %
Si	27,7	58,8	69,3
No	58,8	35,3	19,4
No contesta	13,9	5,9	11,2
¿Qué magnitudes físicas conoces relacionadas con la corriente eléctrica?			
	2º BUP %	3º BUP %	COU %
Diferencia de potencial	0	23,5	19,4
Intensidad	5,5	20,6	30,5
Resistencia	13,9	20,6	25,0
Potencia	47,2	26,5	8,3
Da unidades en vez magnitudes	11,1	23,5	55,5
Otras respuestas	55,5	17,6	11,1
¿Cómo puedes saber si en un "sitio" hay corr. eléctrica?			
	2º BUP %	3º BUP %	COU %
Metiendo los dedos da calambre	47,2	41,2	27,7
Al enchufar un aparato funciona	33,3	41,2	30,5
Con aparatos eléctricos	2,7	8,8	0
Con un amperímetro	0	0	5,5
Otras respuestas	19,3	2,9	11,1
Con un voltímetro	0	14,7	22,2
¿Qué es para ti la corriente eléctrica?			
	2º BUP %	3º BUP %	COU %
Permite utilizar aparatos	25,0	17,6	11,1
Resuelve problemas vida diaria	19,4	20,6	19,4
Movimiento o flujo de cargas	11,1	35,3	41,7
Energía	30,5	0	2,8
Otras respuestas	11,1	14,7	5,5

Tabla II. Resultados al cuestionario de introducción



centajes que alcanzan las dos primeras contestaciones en todos los cursos, respuestas que corresponden a experiencias vivenciales muy arraigadas en los alumnos. También puede detectarse una deficiencia importante en el conocimiento y utilidad de los aparatos de medida de magnitudes eléctricas; de todos los alumnos, tan solo un 5,5% de los de COU considera el amperímetro como algo adecuado para saber si en un sitio hay corriente eléctrica. En el mismo sentido, se detecta una confusión entre el uso del voltímetro y el amperímetro que se consolida de tercero a COU.

En cuanto a la cuarta pregunta, el sentido de las respuestas es coincidente con el de las anteriores. Por un lado, el porcentaje de alumnos que consideran, de forma explícita, la corriente eléctrica como un flujo de electrones, aumenta sistemáticamente de segundo a COU. Las dos primeras respuestas, con altos porcentajes, nos remiten de nuevo a una idea utilitaria y vivencial de la corriente eléctrica.

### *Test de palabras*

La tabla III resume los resultados obtenidos en el test de elección de palabras, en ella aparecen las que han sido elegidas por más de un 50 % de los alumnos en, al menos, uno de los grupos, indicando el porcentaje de elección en cada caso y ordenadas alfabéticamente. De nuevo se observa, que aquellas palabras del lenguaje habitual que forman parte de lo que puede llamarse un modelo "vivencial" de corriente eléctrica, consiguen porcentajes de elección más altos en segundo y van descendiendo al pasar a tercero y COU; tal es el caso de alta tensión, interruptor y pila. A la inversa, palabras con una importancia básica en el modelo "científico" de corriente eléctrica, apenas son elegidas en segundo, aumentando los porcentajes al pasar a tercero y COU. Esto sucede con amperio, conductor, diferencia de potencial, intensidad, y en menor medida, asociación en paralelo, circuito, corriente continua, generador y resistencia. Además pueden detectarse en la tabla III algunas confusiones graves compartidas por porcentajes muy altos de alumnos de todos los grupos. Así ocurre con conceptos como vatio (83,3/ 90,9/ 80,5), ley de Coulomb (50/ 69,7/ 83,3) o campo eléctrico (70/ 66,6/ 72,2), que, claramente, presentan porcentajes de elección superiores a su importancia en un modelo científico de corriente eléctrica. También resulta interesante la sustitución que tiene lugar, de segundo a COU, del concepto de pila (46,7/ 36,4/ 25) por el más amplio de generador (46,7/ 72,7/ 66,6) (ver Tabla III).

Aunque no aparece en la tabla, resulta indicativo de la poca adecuación del modelo de corriente eléctrica de los alumnos, el concepto de fuerza electromotriz, que se incluía en la lista de palabras y, de todos los alumnos, únicamente fue elegido por un 5,5 % de los de COU.

La figura 1 es una interpretación diferente de los resultados al test de elección de palabras. En este caso se han representado los porcentajes de elección de cada palabra (eje de ordenadas) frente a las palabras, situadas en las abscisas de las más elegidas a las menos en cada grupo. La gráfica obtenida permite ilustrar la idea constructivista de que los alumnos comparten significados (verdaderos o erróneos). Las hipotéticas gráficas deben variar entre la posibilidad de que todos los alumnos elijan las mismas 20 palabras (rectángulo vertical) y una elección al azar que daría porcentajes análogos a todas ellas (línea horizontal). En nuestro caso se observa cómo los alumnos de segundo (línea continua) comparten sus ideas en menor medida que los de tercero (línea de rayas) o los de COU (línea con puntos negros). Esta idea se refuerza por el hecho de que de la lista de



	% de alumnos que marcan la palabra		
	2º BUP	3º BUP	COU
Alta tensión	63,3	33,3	16,6
Amperio	43,3	69,7	72,2
Asociación paralela	20,0	54,5	47,2
Cargas eléctricas	73,3	72,7	66,7
Campo eléctrico	70,0	66,7	72,2
Circuito	53,3	48,5	80,5
Conductor	36,7	51,5	72,2
Corriente alterna	73,3	66,7	61,1
Corriente continua	53,3	63,6	80,5
Electrones	63,3	42,4	47,2
Diferen. potencial	3,3	75,7	72,2
Generador	46,7	72,7	66,6
Interruptor	60,0	30,0	16,6
Intensidad	23,3	69,7	63,8
Ley de Coulomb	50,0	69,7	83,3
Ley de Ohm	83,3	75,7	86,1
Ohmio	60,0	87,9	58,3
Pila	50,0	36,4	25,0
Potencia	6,7	60,6	33,3
Resistencia	46,7	90,9	94,4
Vatio	83,3	90,9	80,5
Voltímetro	53,3	39,4	33,3
Asociación serie	20,0	51,5	47,2

Tabla III. Resumen de los resultados al test de elección de palabras



103 palabras recibidas por cada grupo, hubo 35 en tercero y 27 en COU que no fueron elegidas por ningún alumno, mientras que en segundo sólo quedaron 15 sin elegir.

### Arboles conceptuales

Se han analizado las características estructurales de los árboles dibujados por los alumnos en los distintos grupos, según los siguientes criterios: longitud de la cadena de palabras más larga, número de ramificaciones y tipo de ramificaciones (triples, cuádruples, etc.). En general los diagramas de segundo de BUP están menos ramificados, con una estructura lineal. En tercero y COU los diagramas presentan una mayor riqueza estructural, con cadenas más cortas y mayor número de ramificaciones. En la tabla IV se muestran de forma numérica estas características.

En ella, la segunda fila se calcula dividiendo la longitud media de la cadena más larga entre el número de conceptos que componen el diagrama. La tercera fila nos da el número medio de ramificaciones que presentan los diagramas en cada uno de los cursos.

CARACTERISTICAS ARBOLES	SEGUNDO	TERCERA	COU
Nº de árboles con 0, 1, ó 2 ramificaciones	11	6	2
Tamaño medio de la cadena más larga	9.7/12	9.18/14	7.72/12
Nº medio de ramificaciones por diagrama	1.81	2.56	2.36

Tabla IV. Características estructurales de los árboles conceptuales.

En la figura 2 se incluyen tres árboles construidos por alumnos de COU. El A, con una disposición lineal, apenas permite descubrir alguna estructura en el modelo de corriente eléctrica. El alumno sitúa los conceptos atribuyéndoles un orden de importancia, pero es incapaz de establecer otro tipo de relación entre ellos. En segundo se obtuvieron 11 diagramas de este tipo sobre un total de 22. El diagrama B supone un estado intermedio; establece algunas relaciones significativas entre grupos de 2 ó 3 elementos: campo eléctrico-cargas eléctricas-ley de Coulomb, diferencia de potencial como magnitud característica de la corriente alterna y continua, resistencia-ley de Ohm. El árbol C presenta una buena estructuración; todo el diagrama se conforma, acertadamente, en torno al concepto de circuito, sin embargo incurre en algunos errores de bulto: la diferencia de potencial se considera únicamente una magnitud del campo eléctrico, la ley de Coulomb se relaciona con la intensidad, la ley de Ohm se relaciona sólo con la resistencia; en COU, de 22 árboles entregados, 15 de ellos incurrieron en ese mismo error, asociando la ley de Ohm únicamente a la resistencia (curiosamente, en todos los casos la ley de Ohm ocupaba el final de una rama, solamente 1 alumno asocia la ley de Ohm con resistencia, intensidad y diferencia de potencial).



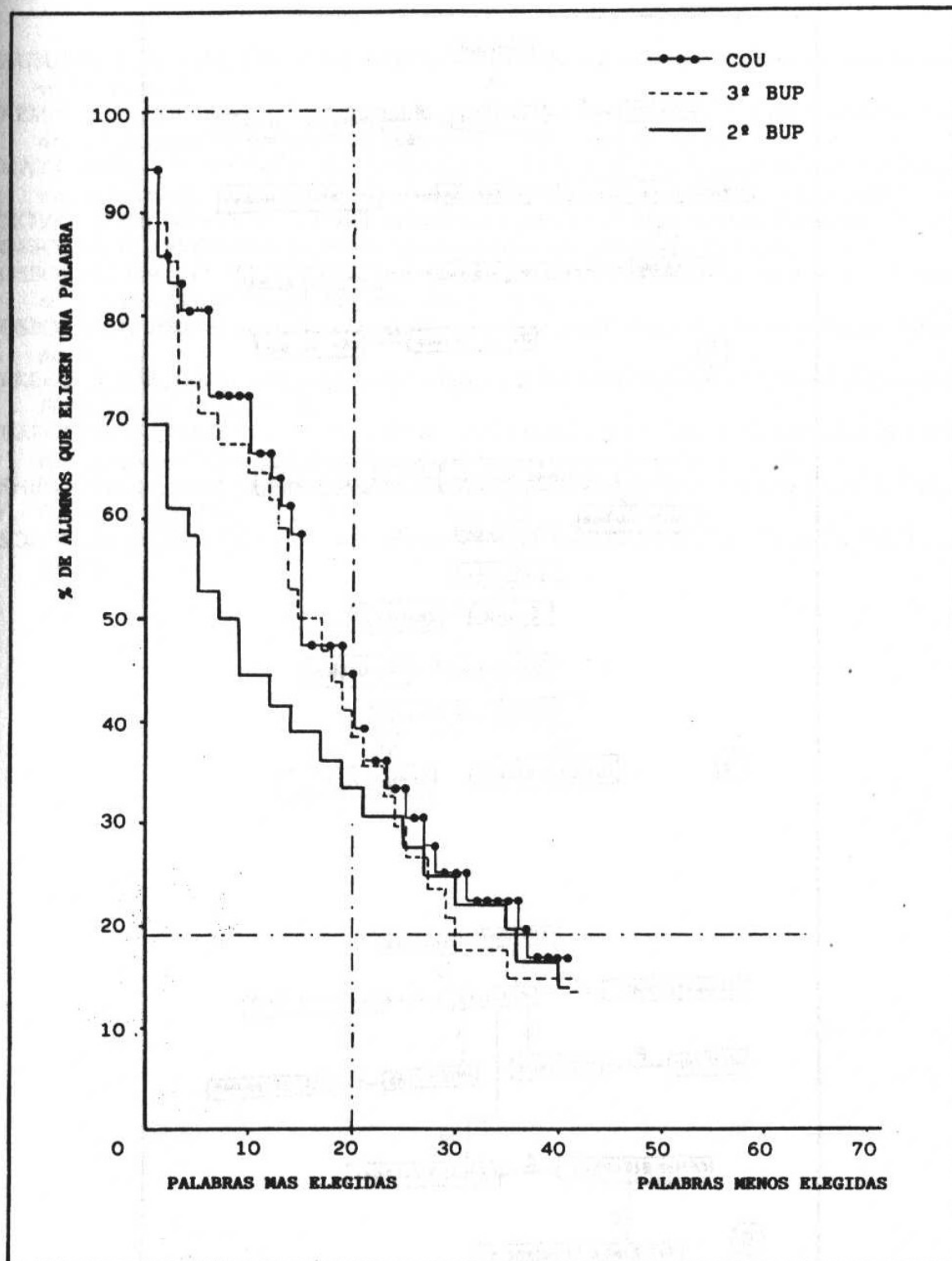


Figura 1. Tanto por ciento de elección de cada palabra frente a las palabras ordenadas de las más a las menos elegidas.

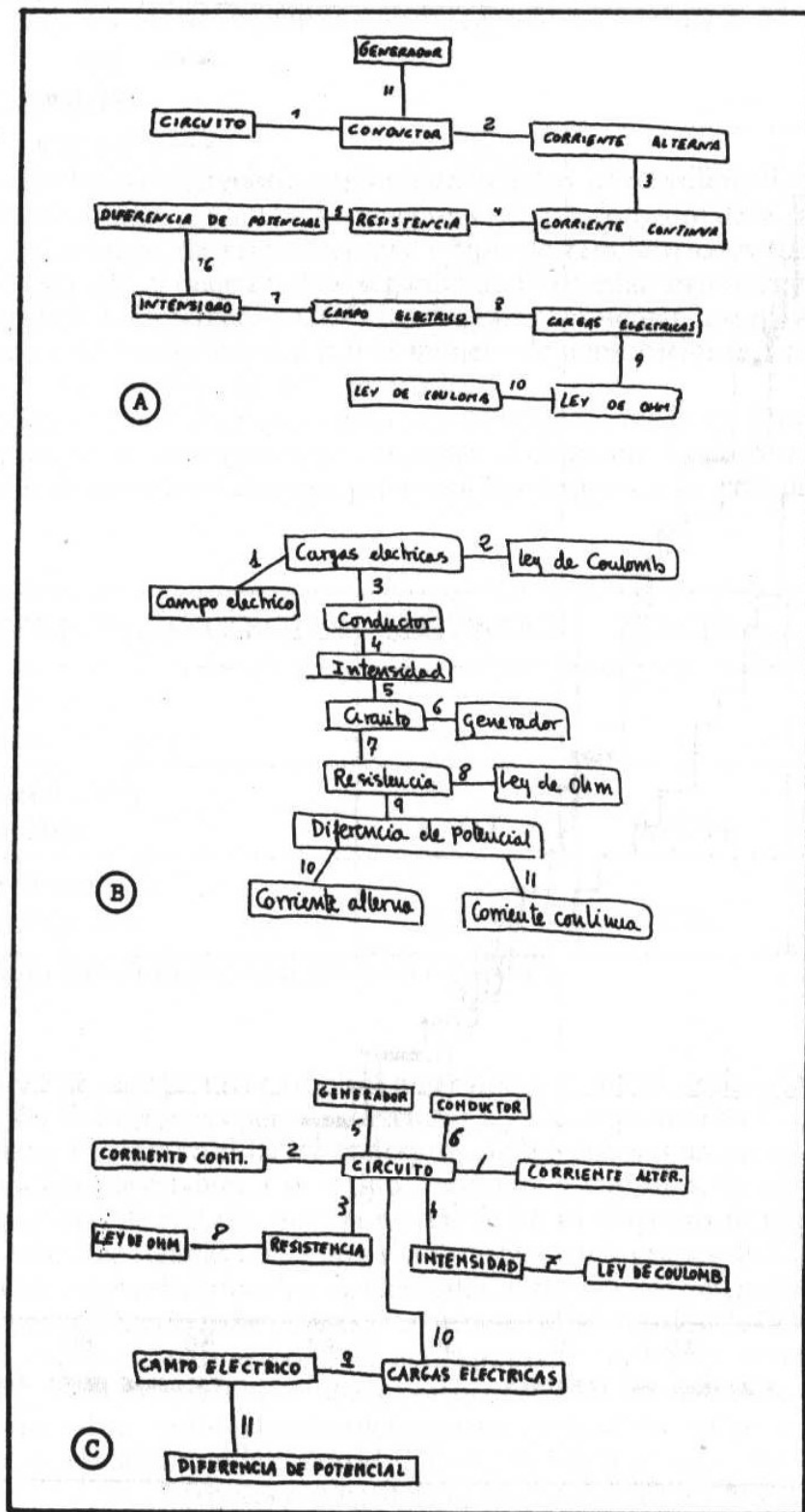


Figura 2. Arboles conceptuales construidos por alumnos de COU.



REFERENCIAS

- AUSUBEL, D., NOVAK, J. D. y HANESIAN, H., (1983). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. Trillas, Mexico.
- KEMPA, R. F. y HODGSON, G. H., (1976). "Levels of concept adquisition and concept maduration in students of chemistry". *British Journal of Educational Psychology*. Vol. 62, pp. 253.
- MATTHEWS, G. P., BROOK, V. G. y KHAN-GANDAPUR, T. H., (1984). Cognitive structure determinations as a tool in science teaching. *European Journal of Science Education*. Vol. 6, n. 2, pp. 169.
- NOVAK, J. D. y GOWIN, D. B., (1988). *Aprendiendo a aprender*. Ed. Martínez Roca, Barcelona.
- OSBORNE, R. y FREYBERG, P.; (1985). *Learning in Science*. Heinemann, Auckland.
- OSBORNE, R. y GILBERT, J., (1980). "A method for the investigation of concept understanding in science". *European Journal of Science Education*. Vol. 2, n. 3, pp. 311.
- OSBORNE, R., 1980. "Some aspects of students' views of the world". *Research in Science Education*. Vol. 10, pp. 11.
- PREECE, P.F.W., (1976). "Mapping cognitive structure: A comparison of method". *Journal of Educational Psychology*. Vol. 68, n.1, pp. 21.
- RAPOPOLT, A., (1967). "A comparison of two tree-construction methods for obtaining proximity measures among words". *Journal of Verbal Learning and Learning Behaviour*, Vol. 6, pp. 884.
- SHIPSTONE, D., (1985). *Children's Ideas In Science*. cap. 8, Electricity in Simple Circuits, pp. 33. R. Driver. Open University Press.
- SOLOMON, J., (1985). "The pupils view of electricity". *European Journal of Science Education*. Vol. 7, n. 3, pp. 281.