

# ESTUDIO MULTIMODAL SOBRE EL USO DE FOROS DE DISCUSIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

Fco. Javier Sierra Vázquez

Alexandria21

www.alexandria21.net <javier.sierra@alexandria21.net>

## RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados de un estudio multimodal (cualitativo y cuantitativo) sobre el funcionamiento que tienen los foros de discusión en Internet, cuando son aplicados como instrumentos didácticos en la enseñanza de la física en bachillerato. A partir de un análisis breve de la situación de la enseñanza de esta asignatura y de las necesidades y preferencias de los jóvenes que están familiarizados con el uso de las TIC, se presenta un modelo conceptual que permite definir una metodología de análisis. Se estudian dos tipos de foros: aquellos que están orientados a la discusión de conceptos, en el tema del electromagnetismo y sus aplicaciones; y los que se usan para la resolución de problemas, en el tema del cálculo de energía mecánica.

## INTRODUCCIÓN

La sociedad actual está demandando cambios que requieren gran creatividad para lograr que la educación sea más congruente con un mundo acelerado, que se encuentra inmerso en tecnología y que está agobiado por graves problemas. Dentro de este marco general, la física es considerada una disciplina básica para la comprensión del mundo y diversas tecnologías se han beneficiado con su desarrollo. Sin embargo, la enseñanza de la física ha estado acotada tradicionalmente por programas de estudio en los que las actividades de aprendizaje no se manifiestan explícitamente. Muchas veces los programas están reducidos a simples listas de temas que se deben enseñar. Esto ha propiciado que los maestros conviertan frecuentemente los cursos de física en cursos de álgebra aplicada, en los que las leyes de la física se toman como axiomas y se deducen sus consecuencias mediante la resolución repetitiva de ejercicios numéricos.

Los cursos de física en el bachillerato deberían proporcionar a los alumnos los conocimientos propios de la disciplina, las habilidades para plantear y resolver problemas; y los elementos para el uso apropiado de los principios y procesos científicos. Sin embargo, la escuela puede producir en los alumnos creencias y sentimientos acerca del aprendizaje que pueden perturbar su comportamiento. En un salón de clases típico, a los estudiantes se les presenta el conocimiento nuevo en lecciones y ellos esperan encontrar lo que el maestro piensa que es la respuesta correcta o la forma ideal de alcanzarla. Ellos saben que su trabajo es repetir perfectamente esa respuesta en el examen, e infieren (correctamente) que deben aprender a reproducir resultados ideales, en vez de entender y ver qué pueden hacer con los conocimientos aprendidos. El costo emocional de este fenómeno es la creencia por parte de los estudiantes de que lo que aprenden no tiene utilidad y su motivación decrece. Además, consideran que si no pueden reproducir la respuesta esperada, ellos fallan, se sienten ansiosos, insatisfechos y culpables. El reto para los maestros es reincorporar a los alumnos en el gozo del aprendizaje.

La manera de organizar la enseñanza ha cambiado junto con la utilización de diversas tecnologías en la educación. Durante mucho tiempo el recurso más utilizado ha sido el pizarrón. Sin embargo, hoy existe entre otras, una clara perspectiva constructivista para el aprendizaje apoyado en tecnología informática; y el uso de Internet ha venido a revolucionar el mundo de la educación. La computadora no sólo se utiliza

como instrumento para acelerar los cálculos numéricos, sino que permite obtener, clasificar, ordenar, analizar, sintetizar, organizar, almacenar y comunicar información.

El desarrollo de una sociedad digital, en la que la interacción humana ocurre de manera prácticamente instantánea a través de las redes computacionales, y que está inmersa en una economía global que exige alta competitividad; necesita jóvenes bien adaptados a este mundo complejo. Los estudiantes esperan buenas oportunidades de empleo en el futuro inmediato. Y ante esta situación, el entendimiento de la ciencia y las habilidades que se desprenden de las actividades científicas son tan importantes como el dominio de la Tecnología Informática y las Comunicaciones.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El proyecto se llevó a cabo en una institución del Sistema Incorporado de la UNAM. En los cursos convencionales de física del último año del bachillerato (modalidad ENP) se introdujo el uso de la computadora para apoyar el aprendizaje de los estudiantes. En este proyecto, se utilizó la tecnología informática y la comunicación a través de Internet con una doble finalidad: favorecer el dominio de estas tecnologías por parte de los estudiantes y fortalecer la comprensión de la física mediante ambientes de aprendizaje con el apoyo de Internet.

Este trabajo se centró en el tema del aprendizaje colaborativo de la física con apoyo tecnológico a las actividades en el aula, mediante el uso de la informática y las comunicaciones digitales como recursos didácticos.

El propósito fue estudiar el uso de los foros de discusión en actividades de aprendizaje en un ambiente colaborativo.

La meta consistió en determinar el comportamiento del trabajo colaborativo apoyado en tecnología informática en actividades de aprendizaje de la física mediante foros de discusión.

## **LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA**

Una de las dificultades más importantes de la enseñanza de la física consiste en la necesidad de modificar los principios en que están basados los conocimientos previos de los alumnos para que puedan contar con un nuevo sistemas de principios que sea compatible con los fundamentos del conocimiento científico. Pozo y Gómez Crespo (1998).

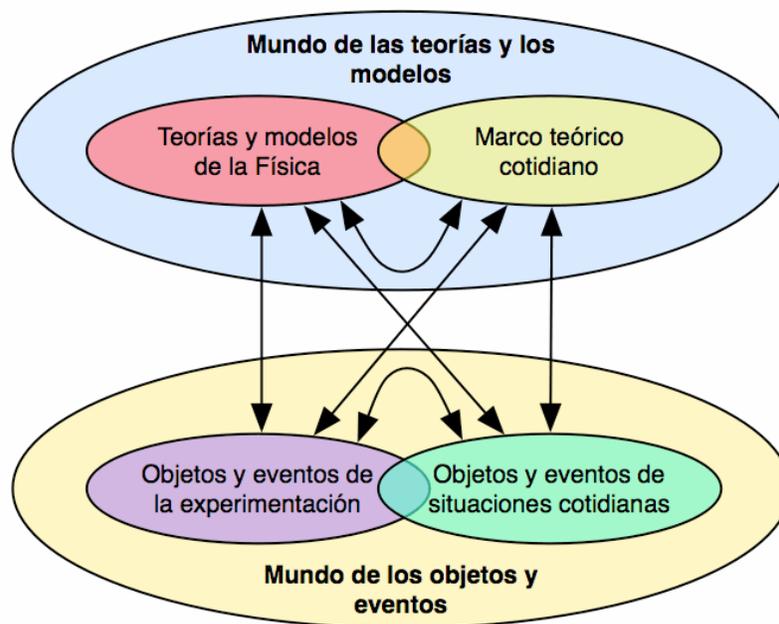
Cuando se hace referencia a la colaboración en el contexto del aprendizaje colaborativo con apoyo computacional (CSCL por sus siglas en inglés: Computer Supported Collaborative Learning), se entiende por colaboración la co-construcción del conocimiento mediante un compromiso mutuo de los participantes. Teasley y Roschelle (1993) definen la colaboración como un proceso en el que los individuos negocian y comparten significados relevantes en tareas de resolución de problemas. La colaboración es una actividad coordinada y sincrónica y es el resultado de construir y mantener una concepción compartida del problema que se pretende resolver.

La solución de un problema obtenida en forma colaborativa, rara vez es el producto de la acumulación de propuestas individuales, sino que emerge como resultado de un proceso en el que cada participante transforma las contribuciones de los otros y se dan situaciones de negociación. Mephu-Nguifo, Baker y Dillenbourg (1999) han estudiado la resolución colaborativa de problemas mediante el análisis de la relación entre aprendizaje y diálogo, cuando se trata de dos sujetos.

Harrer (2004) muestra que la discusión en un ambiente de colaboración se puede analizar si el propio estudiante clasifica sus intervenciones de acuerdo a una serie de categorías y subcategorías que expresan la posible intención de su participación en la discusión. Para que el estudiante haga la selección adecuada, tiene tres opciones: usa frases predefinidas que escoge de un catálogo para iniciar su comentario, escoge un formato de participación y modifica lo parámetros que definen el contenido o expresa libremente su

comentario. Sin embargo, el modelo que propone Herrer establece el análisis de la conversación en cada pareja. Cuando se trata de un grupo de discusión, la conversación de cada pareja tiene un impacto en el resto del grupo y el análisis tiene que hacerse en dos niveles: primero de la interacción entre los individuos y luego el impacto en el grupo. Además Herrer también propone hacer una distinción entre las discusiones dentro del área de conocimiento y las que se dan en el ámbito de la coordinación como elaborar planes y coordinar esfuerzos, que finalmente se convierten en actividades dentro del área de conocimiento. La intención de Herrer al automatizar el análisis de las categorías es llegar a la integración de agentes informáticos que puedan participar en la discusión como compañeros, mediadores u observadores en aquellos casos en los que la programación computacional permite que el agente intervenga en el diálogo. Por ejemplo, si el estudiante dice: *“Me gustaría saber más de ...”*, el agente reconoce que puede dar una definición o una explicación breve previamente almacenada en la computadora y contestar automáticamente esa intervención como por ejemplo con la frase: *“Permíteme decirte que ...”*.

Una relación estrecha entre la investigación educativa y la enseñanza en el aula sirvió para que Tiberghien (2000) analizara diversas situaciones de aprendizaje en la enseñanza de la física. Esta autora sostiene que el conocimiento que debe ser enseñado, el entendimiento de ese conocimiento por parte de los estudiantes y los recursos didácticos deben ser considerados igualmente importantes y con una influencia potencial recíproca. En el modelo que propone, considera que el conocimiento se da mediante la interacción de dos mundos, uno de ellos constituido por Teorías y Modelos; y el otro, por Objetos y Eventos (véase la figura 1).



**Figura 1**

## **SISTEMA INTEGRADO DE APRENDIZAJE COLABORATIVO**

Para este estudio se propuso un modelo conceptual que se ha llamado Sistema Integrado de Aprendizaje Colaborativo (SIAC), a partir de cinco postulados. El establecimiento de las actividades de aprendizaje de este proyecto están basados, en primer lugar, en el postulado de que el estudiante, en la construcción de significados, establece vínculos entre los dos mundos referidos en el modelo de Tiberghien.

Un segundo postulado radica en la importancia que tiene la resolución de problemas mediante un proceso cíclico que comprende la reflexión metacognitiva. Este postulado va orientado a promover una estrategia general para resolver problemas.

El tercer postulado se fundamenta en la necesidad de una estructura compartida en la que la colaboración propicia el diálogo y la construcción de significados, para apartar el sentido común como elemento apoyo en los juicios científicos y aproximar al alumno a los cánones científicos.

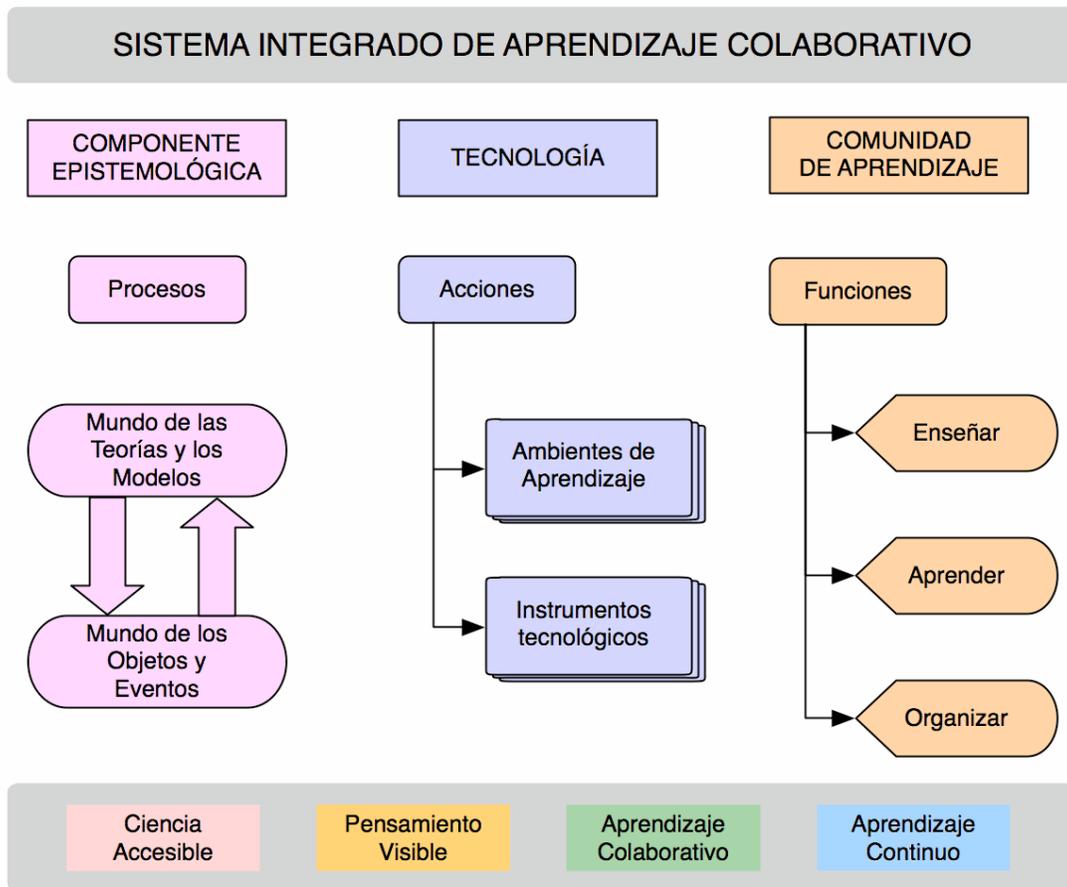
El cuarto postulado establece las posibilidades didácticas de las TIC debido a que permiten la construcción de ambientes compartidos para el aprendizaje y la comprensión a través de la colaboración, con el propósito de enriquecer la resolución de problemas mediante la incorporación de procesos de participación colaborativa. Finalmente, el quinto postulado establece la posibilidad de auditar académicamente el discurso colaborativo de los estudiantes en sus procesos de aprendizaje (véase la figura 2).



**Figura 2**

La idea principal de este modelo conceptual (SIAC) consiste en considerar que se pueden desarrollar actividades de aprendizaje para los cursos de física de bachillerato mediante la coexistencia de tres subsistemas. El primero de ellos constituye una componente epistemológica que considera la manera como los alumnos reestructuran sus ideas científicas, el segundo subsistema define la forma de usar la tecnología como instrumento didáctico, y el tercero representa las funciones que desempeñan los agentes que participan en el aprendizaje colaborativo cuando se constituyen en pequeñas comunidades (Barojas y Sierra, 2002).

La figura 3 muestra los tres subsistemas que coexisten en el Sistema Integrado de Aprendizaje Colaborativo (SIAC) y muestra que la integración de estos subsistemas está basada en los cuatros principios prácticos de Linn (Linn y Hsi, 2000).



**Figura 3**

## LOS FOROS DE DISCUSIÓN

El trabajo experimental para este estudio se llevó a término en tres ciclos escolares en el Colegio Francés del Pedregal ubicado en la Ciudad de México y es una institución perteneciente al Sistema Incorporado de la UNAM y dedicada a la instrucción femenina. Se estudiaron en total cuatro foros. En los foros sobre Electromagnetismo (EM 1 y EM 2) participaron tres equipos de alumnas en cada uno.

La tabla 1 muestra un resumen de las características de los foros estudiados. El primer foro sobre Energía (Energía 1) se aplicó en un grupo que no se subdividió en equipos. En el caso del foro 2 sobre energía (Energía 2), que estuvo organizado en diez equipos pequeños, el último reglón contiene los valores totales para todo el foro para facilitar la comparación con el foro Energía 1. En la tabla se dan los nombres de los equipos, el número de alumnas participantes en cada equipo y el número total de intervenciones que se tuvieron por parte de cada equipo. También se indica el número de aportaciones (A), el número de réplicas

(R), el número promedio de intervenciones por participante (I/P) y la razón de réplicas a intervenciones en forma porcentual (R/I %).

**Tabla 1**

Foro	Equipo	Participantes	Intervenciones	A	R	I/P	R/I (%)	
EM 1	Verde-Amarillo	6	42	30	12	7	28.6	
	Rosa-Blanco	8	56	24	32	7	57.1	
	Azul-Naranja	8	68	23	45	8.5	66.2	
Energía 1	Todo el grupo	19	381	24	357	20.1	93.7	
EM 2	Cereza	13	171	76	95	13.2	55.6	
	Piña	13	114	70	44	8.8	38.6	
	Limón	12	101	79	22	8.4	21.8	
Energía 2	Rojo (R)	4	43	28	15	10.8	34.9	
	Naranja (N)	4	4	2	2	1	50	
	Amarillo (A)	4	21	17	4	5.3	19	
	Verde (V)	4	36	13	23	9	63.9	
	Azul (Z)	4	35	1	34	8.8	97.1	
	Rosa (S)	3	5	1	4	1.7	80	
	Morado (M)	4	21	3	18	5.3	85.7	
	Primavera (P)	3	11	8	3	3.7	27.3	
	Verano (E)	4	31	14	17	7.8	54.8	
	Otoño (T)	4	11	7	4	2.8	36.4	
	TOTAL Energía 2		38	218	94	124	5.7	56.9

## MODELO PARA EL ANÁLISIS DE LOS FOROS DE DISCUSIÓN

En la construcción de una perspectiva científica por parte de los alumnos, es importante distinguir entre la comprensión y la comprensión aparente. La verdadera comprensión va más allá de enunciar los conceptos que el estudiante puede leer y memorizar. Wiggins y McTighe (1998) han desarrollado una perspectiva que han llamado “las seis facetas de la comprensión” y que constituyen seis criterios para juzgar la calidad de la comprensión. Para este trabajo de investigación, se han adaptado esas seis cualidades y se han clasificado en dos grupos. Además se propusieron otros tres elementos con el propósito de analizar la colaboración.

En primer lugar se definió una *Dimensión Cognitiva* del problema con las primeras tres facetas consideradas por Wiggins y McTighe en el texto mencionado. Las otras tres facetas de estos autores implican una reflexión sobre el proceso de comprensión, que en este caso está motivado por las posibilidades de acceso inmediato a una cantidad enorme de información y la necesidad de alcanzar una comprensión crítica de los acontecimientos; y estos tres elementos definen una *Dimensión Metacognitiva*. Finalmente, por ser la colaboración una parte esencial para el funcionamiento de la comunidad de aprendizaje, se definió una *Dimensión Colaborativa*.

La figura 4 representa las tres dimensiones del aprendizaje colaborativo y sus relaciones con las componentes del SIAC. La dimensión cognitiva es el resultado de la componente epistemológica y la tecnología. La dimensión metacognitiva resulta de la componente epistemológica y la comunidad de aprendizaje. Y la dimensión colaborativa se obtiene con la comunidad y la tecnología.

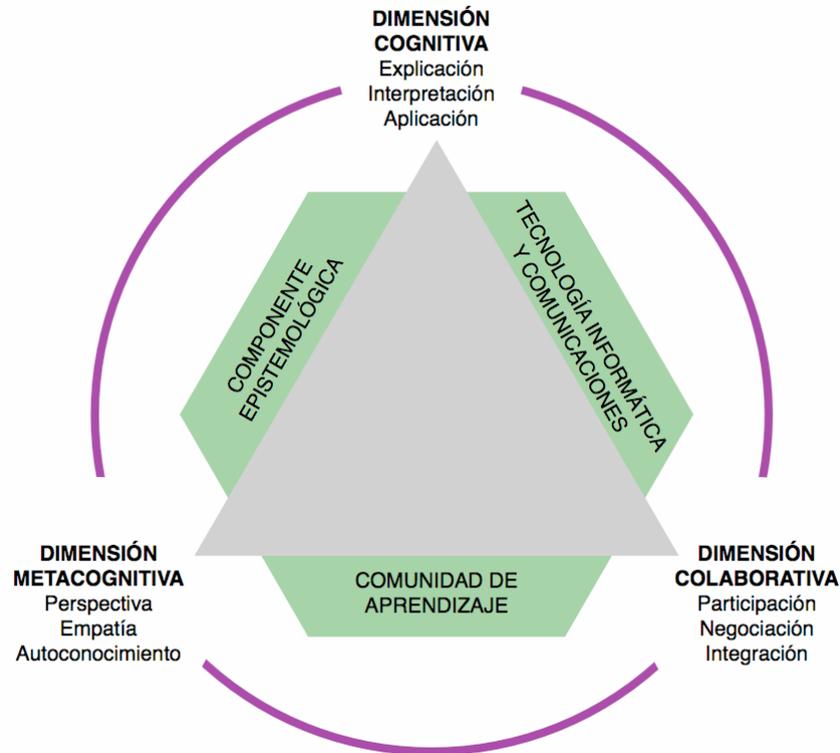


Figura 4

## INSTRUMENTOS PARA EL ANÁLISIS DE LOS FOROS DE DISCUSIÓN

En los cursos impartidos durante los tres ciclos escolares estudiados, se crearon ambientes de aprendizaje colaborativo en espacios virtuales, que se materializaron mediante los instrumentos de colaboración constituidos por los foros de discusión. En estos ambientes de aprendizaje se llevaron a cabo las actividades educativas que fueron analizadas a partir de los datos obtenidos de las observaciones, y estudiadas mediante las categorías definidas en el diagrama de tres dimensiones (véase la figura 4). Es importante hacer notar que el análisis no sólo permite caracterizar al instrumento de colaboración, sino que también influye en la forma de utilizar dicho instrumento a través de las normas que se pide que los usuarios respeten durante el uso de ese recurso didáctico, y esto puede, en principio, afectar el alcance de los instrumentos de análisis (véase la figura 5).



añadir información complementaria o incluso contradictoria, plantear dudas o manifestar una postura ante lo expresado en el foro.

La figura 6 muestra que las categorías intermedias se refieren a las acciones que las alumnas realizaron en el foro de discusión, mientras que las categorías de análisis del aprendizaje colaborativo se refieren a las propiedades que definen las dimensiones cognitiva, metacognitiva y colaborativa.

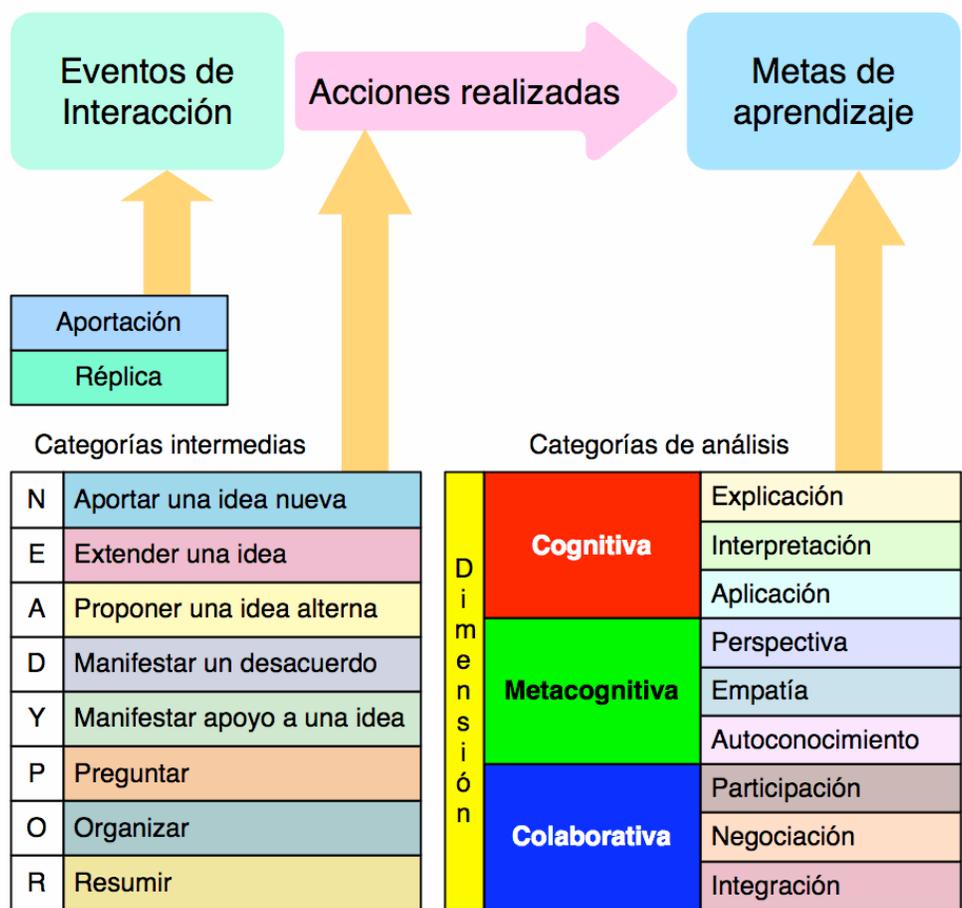
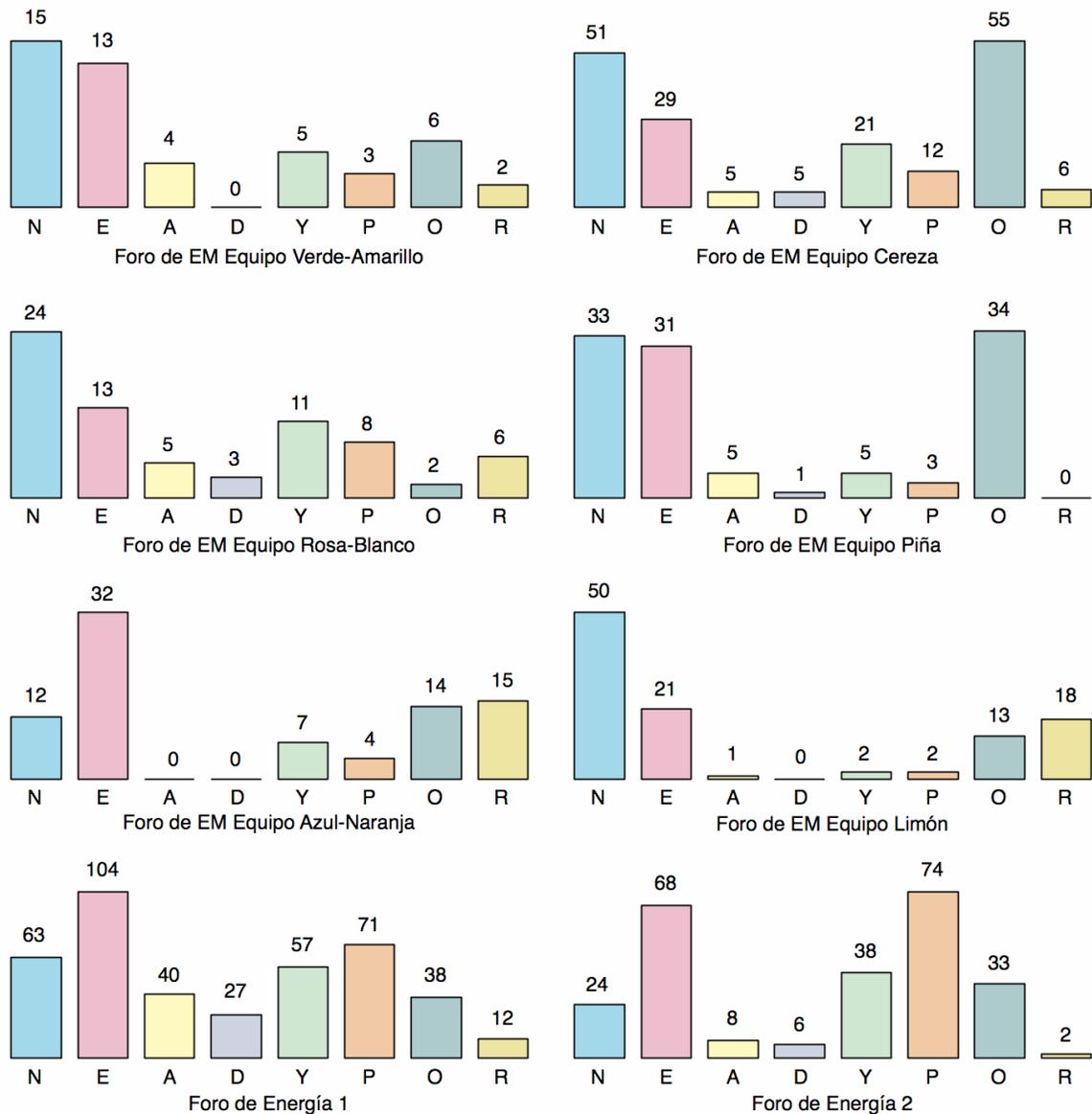


Figura 6

De acuerdo con este diagrama, el análisis se realiza en tres etapas: primero se estudian los eventos de interacción, es decir las intervenciones en los foros (Sierra y Barojas, 2004); segundo, se analizan las acciones realizadas que son consecuencia de las intervenciones, valoradas a través de las categorías intermedias; y por último, se valoran las propiedades del aprendizaje colaborativo definidas por las nueve categorías del modelo tridimensional, mediante rúbricas definidas para este propósito (Sierra y Barojas, 2003).

## ANÁLISIS DE LOS FOROS

La figura 7 muestra histogramas con las frecuencias de las ocho categorías intermedias para los diferentes foros que se analizaron. Los histogramas no están dibujados con la misma escala. A continuación se discuten las diferencias y semejanzas que se observaron.



**Figura 7**

En los foros sobre desarrollo de significados (electromagnetismo: EM) la cantidad de intervenciones para aportar una idea nueva (N) fue mayor que la cantidad de intervenciones para extender una idea (E), excepto en el caso del equipo Azul-Naranja. Sin embargo, en muchas ocasiones ocurre que las intervenciones para extender una idea son auto-réplicas, es decir, la misma alumna que hizo la aportación es quien extendió la idea. Esto se puede interpretar como una manifestación de ansiedad por participar en el foro, que lleva a la alumna a escribir su aportación antes de obtener suficiente información y luego, de forma casi inmediata o a veces al día siguiente, ella misma agrega más información acerca del mismo tópico. En el equipo Azul-Naranja este fenómeno se dio en tal grado que las alumnas hacían varias auto-réplicas a una misma aportación y por eso es mayor el número de intervenciones para extender ideas que para aportar una idea nueva. No obstante, en el caso de los foros sobre resolución de problemas, la situación es otra; las aportaciones para extender una idea en la mayoría de los casos, tienen efectivamente esa finalidad. Generalmente las ideas nuevas son incompletas y conforme se va desarrollando la discusión van surgiendo intervenciones para extender las ideas que se expresaron originalmente. (Sierra, 2008).

En los foros sobre resolución de problemas (energía), la proporción de intervenciones que plantean preguntas (P) es mayor que en los foros sobre desarrollo de significados. Se puede interpretar esta característica por el hecho de que cuando se expresan conceptos, datos o hechos, se confía en la información que se encuentra en los libros o en Internet; no se cuestiona, simplemente se agrega al foro y los participantes la aceptan tácitamente; mientras que al resolver problemas hay una actitud de búsqueda de claridad y cuando una aportación no es clara, cuando no se ve cuál fue el razonamiento lógico o matemático, no se acepta tácitamente. En el caso los foros EM 2 y Energía 2 fueron las mismas alumnas las que participaron en los dos tipos de foros y la frecuencia relativa de intervenciones para preguntar (P) con respecto de las intervenciones para extender una idea (E) es muy diferente.

También se observa que la proporción de intervenciones que proponen ideas alternas (A) a las ya expresadas (N) es mayor en los foros de resolución de problemas (sobre energía) que en los de desarrollo de significados (sobre electromagnetismo). Nuevamente se puede interpretar una participación más pasiva en los foros de desarrollo de significados: no se busca la novedad, más bien se aporta al foro lo que se encuentra. En cambio, en la resolución de problemas, si algo no se tomó en cuenta o se aplicó mal, se sigue buscando hasta encontrar un camino que lleve a una solución que sea satisfactoria no solo individual sino colectivamente.

Otro aspecto que se observa en los foros sobre resolución de problemas es que la proporción de intervenciones que manifiestan apoyo a ideas expresadas (Y) es mayor que en los foros sobre desarrollo de significados. En la búsqueda de soluciones aceptables se vuelve una necesidad imperiosa manifestar cuándo se está de acuerdo con una idea. Por otro lado, en los foros sobre desarrollo de significados, la proporción de intervenciones para manifestar desacuerdos (D) es menor que en los foros sobre resolución de problemas.

La mayoría de las intervenciones en los foros sobre desarrollo de significados fueron para aportar nuevas ideas (N), extender una idea (E) y organizar la información (O), las otras acciones fueron poco frecuentes; por otro lado, en los foros sobre resolución de problemas fue más homogénea la distribución de los diferentes tipos de acciones que se dieron. Es decir, en los foros de desarrollo de significados las acciones están dirigidas a juntar información y organizarla, mientras que en los foros de resolución de problemas la discusión es más rica, se manifiestan apoyos, ideas alternas, desacuerdos y dudas.

En la tabla 1 se puede observar que el foro Energía 1 presenta actividad sobresaliente, se tuvieron 381 intervenciones y sin embargo, el foro Energía 2 sólo tuvo 218 intervenciones a pesar de que el número de alumnas participantes fue del doble (38). Esto se atribuye a que en el foro Energía 2, las alumnas podían leer todas las participaciones, pero solamente podían replicar a las compañeras de su mismo equipo, no a las de otros equipos del mismo foro.

En el caso de los foros sobre energía, el foro Energía 1 estuvo constituido por el grupo completo y el foro Energía 2 trabajó en equipos pequeños. Para llevar a cabo el análisis estadístico de ambos foros se normalizaron los datos y se muestran en la tabla 2.

La primera parte de la tabla presenta los datos normalizados de las categorías intermedias (frecuencias) y la segunda parte de la tabla presenta los datos de las nueve categorías de análisis (valores de las rúbricas).

Se señalan con fondo rojo las tres categorías que pertenecen a la dimensión cognitiva; en fondo verde, las tres categorías de la dimensión metacognitiva y en fondo azul, las tres dimensiones de la categoría colaborativa.

**Tabla 2**

	N	E	A	D	Y	P	O	R
	Frecuencia							
Equipo2002	3.316	5.474	2.105	1.421	3.000	3.737	2.000	0.632
R (Rojo)	1.75	5.5	0.75	0	0.75	1.5	2	0
N (Naranja)	0.25	0.25	0	0	0	0.5	0.75	0
A (Amarillo)	0.25	0.75	0.25	0.5	1.25	3	1	0
V (Verde)	1.5	1.75	0	0.25	3	3	1	0
Z (Azul)	0	3.25	0	0	1.5	3.25	2	0
S (Rosa)	0.33	0.33	0	0	0	0.33	0	0
M (Morado)	0	1.75	0.5	0	1.5	3.25	0.5	0
P (Primavera)	0.33	0.33	0.33	1	0	0.66	0	0.66
E (Verano)	1	1.4	0.2	0	1	2.2	0.6	0
T (Otoño)	0.5	1.5	0	0	0.25	0.5	0.25	0

	Ex	Ip	Ap	Pe	Em	Au	Pa	Ne	It
	Valores de las rúbricas								
Equipo2002	1.105	0.947	1.316	1.211	1.211	1.211	1.474	1.105	1.211
R (Rojo)	1	1	0.75	0.75	0.5	0.75	0.75	0.5	0.75
N (Naranja)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A (Amarillo)	1.25	1.25	0.75	1	1	0.75	1	1.25	0.5
V (Verde)	1.25	1.5	1	1	1	1	1	0.5	0.75
Z (Azul)	1.25	1	0.75	1	1.25	1	1	0.75	0.75
S (Rosa)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M (Morado)	0.25	0.75	0.5	0.75	0.75	0.75	0.75	0.25	0.25
P (Primavera)	0	0.33	0	0	0	0.33	0	0	0
E (Verano)	0.6	1	0.4	0.6	0.8	0.8	0.8	0.2	0
T (Otoño)	0.75	0.25	0.25	0	0.25	0.25	0.5	0	0

A continuación se muestran las tablas con los coeficientes de correlación de todas las categorías. La tabla 3 corresponde al foro EM 1; la tabla 4 tiene los datos del foro EM 2; y la tabla 5 corresponde a los foros sobre energía (Energía 1 y Energía 2).

**Tabla 3**

	N	E	A	D	Y	P	O	R	Ex	Ip	Ap	Pe	Em	Au	Pa	Ne	It
N	1.00																
E	-0.15	1.00															
A	0.00	0.03	1.00														
D	0.11	-0.16	0.55	1.00													
Y	0.33	0.42	0.26	0.26	1.00												
P	-0.11	0.27	0.35	0.09	0.48	1.00											
O	0.00	0.55	-0.09	-0.12	0.37	0.04	1.00										
R	-0.01	0.50	-0.10	-0.28	0.42	0.42	0.60	1.00									
Ex	0.28	0.28	-0.01	-0.26	0.38	0.13	0.22	0.22	1.00								
Ip	0.20	0.34	0.48	0.30	0.57	0.33	0.32	0.09	0.66	1.00							
Ap	0.26	0.38	0.30	-0.03	0.21	0.15	0.23	0.16	0.58	0.52	1.00						
Pe	0.05	0.38	0.55	0.42	0.62	0.39	0.16	0.13	0.40	0.72	0.55	1.00					
Em	0.02	0.36	0.47	0.42	0.61	0.31	0.31	0.06	0.31	0.75	0.34	0.76	1.00				
Au	0.31	0.18	0.47	0.43	0.59	0.20	0.08	-0.11	0.49	0.71	0.50	0.68	0.74	1.00			
Pa	0.00	0.50	0.10	-0.14	0.23	0.16	0.60	0.22	0.38	0.37	0.48	0.29	0.52	0.47	1.00		
Ne	-0.09	0.06	0.41	0.58	0.45	0.15	0.09	-0.18	0.14	0.47	0.17	0.47	0.68	0.81	0.38	1.00	
It	0.00	0.61	-0.01	0.04	0.53	0.20	0.58	0.33	0.33	0.43	0.40	0.36	0.63	0.53	0.70	0.55	1.00

**Tabla 4**

	N	E	A	D	Y	P	O	R	Ex	Ip	Ap	Pe	Em	Au	Pa	Ne	It
N	1.00																
E	-0.13	1.00															
A	-0.17	0.54	1.00														
D	-0.15	0.14	0.19	1.00													
Y	-0.13	0.35	0.73	0.12	1.00												
P	-0.22	0.07	0.40	0.59	0.47	1.00											
O	-0.20	0.14	0.41	0.53	0.20	0.78	1.00										
R	0.15	0.02	-0.13	-0.06	-0.03	0.11	0.11	1.00									
Ex	0.68	0.26	0.05	-0.18	0.09	-0.17	-0.17	0.13	1.00								
Ip	0.26	0.28	0.28	0.17	0.34	0.18	-0.07	0.09	0.31	1.00							
Ap	0.25	0.25	0.18	0.20	0.27	0.03	-0.06	0.42	0.37	0.53	1.00						
Pe	0.27	0.27	0.23	0.35	0.39	0.17	-0.11	-0.16	0.39	0.62	0.60	1.00					
Em	0.26	0.36	0.44	0.19	0.28	0.03	0.04	-0.12	0.43	0.49	0.47	0.64	1.00				
Au	0.35	0.19	0.37	0.16	0.39	0.02	-0.05	-0.13	0.36	0.59	0.65	0.75	0.72	1.00			
Pa	0.33	0.10	0.22	0.07	0.27	0.13	-0.05	0.25	0.40	0.32	0.40	0.49	0.46	0.39	1.00		
Ne	-0.07	0.32	0.62	0.41	0.72	0.26	0.04	-0.09	0.12	0.46	0.49	0.56	0.46	0.54	0.29	1.00	
It	0.14	0.13	0.33	0.33	0.25	0.39	0.40	0.40	0.27	0.39	0.56	0.41	0.52	0.44	0.56	0.42	1.00

**Tabla 5**

	N	E	A	D	Y	P	O	R	Ex	Ip	Ap	Pe	Em	Au	Pa	Ne	It
N	1.00																
E	0.74	1.00															
A	0.83	0.73	1.00														
D	0.58	0.26	0.73	1.00													
Y	0.63	0.53	0.52	0.39	1.00												
P	0.36	0.48	0.46	0.29	0.88	1.00											
O	0.55	0.86	0.52	0.18	0.58	0.61	1.00										
R	0.46	0.21	0.65	0.92	0.16	0.06	0.04	1.00									
Ex	0.43	0.59	0.25	0.14	0.70	0.69	0.74	-0.13	1.00								
Ip	0.38	0.45	0.23	0.15	0.79	0.82	0.59	-0.10	0.84	1.00							
Ap	0.70	0.75	0.62	0.39	0.92	0.86	0.79	0.14	0.86	0.83	1.00						
Pe	0.49	0.63	0.49	0.27	0.88	0.95	0.77	0.02	0.82	0.90	0.94	1.00					
Em	0.38	0.54	0.38	0.22	0.86	0.96	0.70	-0.03	0.83	0.86	0.89	0.96	1.00				
Au	0.55	0.68	0.53	0.35	0.88	0.92	0.72	0.16	0.79	0.89	0.92	0.95	0.94	1.00			
Pa	0.59	0.68	0.56	0.31	0.88	0.90	0.73	0.06	0.86	0.84	0.96	0.94	0.95	0.94	1.00		
Ne	0.43	0.52	0.52	0.45	0.68	0.79	0.72	0.13	0.80	0.72	0.84	0.87	0.82	0.75	0.83	1.00	
It	0.70	0.82	0.66	0.45	0.82	0.75	0.88	0.24	0.78	0.69	0.94	0.87	0.77	0.83	0.83	0.82	1.00

Los valores de los coeficientes de correlación de las categorías intermedias en los foros sobre electromagnetismo (zona amarilla de las tablas 3 y 4) son relativamente bajos y algunos son negativos. Esto indica que las categorías intermedias son poco interdependientes y algunas actúan de forma contraria a otras. En cambio, en los foros sobre energía (tabla 5), todos estos coeficientes fueron positivos y algunos con valores relativamente altos.

Los valores de los coeficientes de correlación de las nueve categorías del SIAC (zona azul de las tablas 3, 4 y 5) también tienen valores bajos en el caso de los foros de electromagnetismo y muy altos en el caso de los foros sobre energía. Esto significa que las relaciones entre las dimensiones cognitiva, metacognitiva y colaborativa son mucho más fuertes en el caso de los foros sobre energía que en los de electromagnetismo.

La zona verde de estas tablas tiene los coeficientes de correlación entre los dos conjuntos de categorías, las intermedias y las del SIAC. Nuevamente se observa que los valores de estos coeficientes son menores en los casos de foros de electromagnetismo que en los foros sobre energía. En los foros de electromagnetismo se observa que la manifestación de desacuerdos, la organización de la información y la elaboración de resúmenes, presentan valores negativos para varias de las categorías de las tres dimensiones del SIAC.

En el caso de los foros sobre energía, solamente la elaboración de resúmenes tiene valores negativos y solo en tres categorías (Explicación, Interpretación y Empatía); y además los valores son muy cercanos a cero, es decir, la acción de resumir es casi irrelevante. Se puede observar que las categorías de la dimensión cognitiva (Explicación, Interpretación y Aplicación) están fuertemente relacionadas con la manifestación de apoyo (Y) y las preguntas (P). También se observa que las categorías de la dimensión metacognitiva (Perspectiva, Empatía y Autoconocimiento) están fuertemente relacionadas con la manifestación de apoyo (Y) y la acción de preguntar (P).

## **CONCLUSIONES**

### *EL SIAC*

Desde la perspectiva del desarrollo de nuevas estrategias de aprendizaje basadas en tecnología informática y en un contexto constructivista, los foros constituyen instrumentos en los que la colaboración se da en el sentido de promover la participación para alcanzar una solución (en el caso de la resolución de problemas) o para elaborar nuevas ideas y establecer relaciones entre ellas de manera conjunta (en el caso del desarrollo de significados). El SIAC que se propuso toma en cuenta tres elementos: una componente epistemológica, la tecnología informática y la comunidad de aprendizaje que se forma. Y la tecnología informática constituye el medio que permite que la comunidad sea una comunidad de aprendizaje que se promueve mediante el desarrollo de las acciones que constituyen la componente epistemológica.

Estas acciones ocurren en dos niveles: uno individual y el otro de colaboración colectiva. La acción individual se da en dos momentos, cuando la alumna escribe en el foro y cuando lee otras aportaciones del foro. Cuando la alumna escribe, pasa necesariamente por un momento de reflexión en el que decide qué escribir. Puede ser una aportación de una idea que le llamó la atención, una duda, una expresión de apoyo a alguna idea o una manifestación de desacuerdo. De aquí se desprende la utilidad de las categorías intermedias que se seleccionaron para representar estas acciones: aportar una idea nueva, extender una idea, proponer una idea alterna, manifestar un desacuerdo, manifestar apoyo a una idea, preguntar, organizar y resumir. Por otro lado, cuando la alumna lee también se da un momento de reflexión en el que toma decisiones, emite juicios, establece relaciones, crea nuevas preguntas o consolida su conocimiento. Según el modelo de Tiberghien (véase la figura 1) estos procesos cognitivos se dan por la interacción de los dos mundos, el de las teorías y los modelos y el de los objetos y eventos. (Tiberghien, 2000).

Se puede decir que el proceso completo del aprendizaje en comunidad pasa al menos por tres fases: una primera fase individual, después una fase de colaboración y nuevamente una fase individual. Esta característica se podría considerar en un esquema más detallado.

### *LA AUDITORÍA ACADÉMICA DEL DISCURSO COLABORATIVO.*

Uno de los problemas centrales de este trabajo fue auditar el discurso colaborativo. Cuando el discurso colaborativo se lleva a cabo de manera presencial, el diálogo y la discusión ocurren de manera continua y

prácticamente sin interrupción. Esta característica obliga a hacer un registro del discurso mediante grabaciones de audio o de video. En el caso de los foros por Internet, el instrumento tecnológico mantiene el registro del discurso.

En este estudio se analizó el discurso de dos maneras distintas. Con la transcripción en el orden en que se daba el diálogo se pudo analizar la secuencia de la discusión y cómo se iba elaborando la construcción de significados o se alcanzaba la solución del problema durante la colaboración de los participantes. Y con la transcripción de las participaciones agrupadas de cada participante se pudo analizar como evolucionaba el aprendizaje individual.

Dicho de otra manera: la unidad de análisis del discurso no fue única, se tuvo la oportunidad de hacer un análisis que tomara al individuo como unidad de análisis y otro análisis cuya unidad fue el grupo de alumnas que participaban en la discusión.

Además, en este último caso también se utilizaron los diagramas de intervenciones (Sierra y Barojas, 2004) que daban información sobre la manera en que se distribuía la discusión en el tiempo y/o alrededor de algunas alumnas en particular.

### *LA METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN*

En el estudio de la colaboración hay diferentes aproximaciones. Baker (2002) se concentró en el estudio de la colaboración en parejas y mediante un análisis cuantitativo con tres categorías de análisis cuyos valores eran binarios (presencia o ausencia de cada categoría). Avouris, Komis, Fiotakis y Margaritis (2003) desarrollaron un instrumento informático para estudiar la colaboración en la resolución de problemas mediante bitácoras con registros en tres niveles (eventos, acciones y metas), sin embargo, su trabajo se ha enfocado a la colaboración sincrónica. Andriessen (2006) plantea la necesidad de analizar cómo se puede caracterizar la discusión en foros y estudia, entre otros aspectos, la convergencia o divergencia de las discusiones y la influencia de las reglas de la discusión en la conexión entre los mensajes.

Mediante el estudio de casos Linn y Slotta (2006) analizan aspectos que están relacionados con los participantes, la estructura, los recursos y la evaluación en los foros. Con respecto a los participantes estos autores estudian: el tipo de audiencia, el tamaño del grupo, la diversidad, el liderazgo, las expectativas, la duración y la rapidez de la discusión. Con relación a la estructura, los elementos que estos autores analizan son: el alcance, el formato, la selección de los tópicos de discusión y la representación de la discusión.

Algunos de estos investigadores han usado métodos cuantitativos; otros, los cualitativos. En este trabajo se ha usado una metodología mixta o multimodal en la que los análisis cualitativo y cuantitativo se complementan. El estudio de las relaciones entre las diferentes categorías de análisis se puede cuantificar y se encuentran correlaciones estadísticas pero no se establece un vínculo causal; por otro lado, el análisis del discurso quedaría incompleto si se considera solamente la frecuencia de ciertas palabras o frases, es necesario dar una interpretación del discurso en función de las metas de aprendizaje. El desarrollo de la presente investigación muestra que resulta muy favorable utilizar la metodología multimodal.

### *LA RELEVANCIA DE LA COLABORACIÓN*

Como estrategia didáctica, los foros de discusión propician la colaboración. Sin embargo, se observa que en los dos tipos de foro analizados (foros para desarrollo y aplicación de significados y foros para resolución de problemas) la colaboración se da de manera distinta. El impacto que tienen las acciones que realizan las alumnas sobre las metas de aprendizaje en el caso de los foros para desarrollo de significados y aplicaciones es menor que en el caso de los foros para resolución de problemas. Sobre todo, es notablemente mayor la relevancia de la colaboración en los aspectos cognitivos y metacognitivos. Es importante hacer notar que en los foros de desarrollo de significados se detectaron tres acciones (manifestación de desacuerdos, organización de la información y elaboración de resúmenes) que tuvieron

un impacto negativo en las categorías que se utilizaron para cuantificar el aprendizaje. En este sentido, habría que analizar si se debe a que efectivamente estas tres acciones entorpecen el aprendizaje o si las categorías que se usaron no son adecuadas.

Por otro lado, se destaca el resultado de que en los foros de resolución de problemas, las manifestaciones de apoyo a una idea y el planteamiento de preguntas de las alumnas al grupo de discusión tienen un fuerte impacto positivo en las dimensiones cognitiva y metacognitiva.

Existe una gran coincidencia entre los resultados del presente trabajo y las ideas que expresa Stahl (2006) cuando establece que hay cuatro temas que son muy importantes en el estudio del aprendizaje colaborativo apoyado en TIC: (a) la construcción del conocimiento colaborativo, (b) las perspectivas personales y de grupo, (c) los instrumentos de mediación y (d) el análisis de la interacción.

### *DIRECCIONES FUTURAS*

Los hallazgos de esta investigación abren nuevas preguntas para análisis futuro en el campo de los ambientes colaborativos de aprendizaje apoyados en tecnología informática y comunicaciones.

En este estudio se usaron las mismas categorías intermedias para los dos tipos de foros; no obstante, habría que preguntarse ¿cuáles son las categorías intermedias más adecuadas para caracterizar los foros sobre desarrollo de significados? ¿cuáles son las más adecuadas para los foros sobre resolución de problemas? Y además de éstos, ¿qué otros tipos de foros de discusión (como foros de discusión sobre experimentos, metodología, filosofía de la ciencia, teorías, obras de científicos, etcétera) tienen influencia en el aprendizaje de la física?

A partir de los resultados obtenidos y de los comentarios de las alumnas recogidos en una encuesta, se puede inferir que es necesario explorar qué ocurre cuando los foros tienen una estructura definida para la realización de la discusión (Sierra, 2008). Por ejemplo, en el caso de los foros para el desarrollo de significados ¿se tendrían mejores resultados si se define una etapa para la aportación de ideas nuevas, luego una etapa de discusión y finalmente una etapa para integrar el conocimiento?

En cuanto al SIAC, para cada una de las dimensiones (cognitiva, metacognitiva y colaborativa) ¿qué otras categorías de análisis podrían ser más adecuadas en el contexto de la enseñanza de la física en el bachillerato? ¿De qué manera cambiaría el esquema del SIAC si se extiende la investigación a otros contextos educativos (enfoques educativos, grados en que se imparte el curso, planes de estudio, niveles socio-culturales de los estudiantes, infraestructura tecnológica de los planteles, etcétera)?

Otro aspecto que abre una perspectiva futura es el desarrollo de programas para foros de discusión que ayuden a registrar las participaciones en los formatos adecuados para su análisis. ¿Es posible integrar en la misma base de datos que registra las aportaciones, el espacio para los datos sobre el comportamiento de las categorías intermedias para las acciones y las categorías de análisis del aprendizaje colaborativo?

En este proyecto la colaboración estuvo sustentada en los foros de discusión del sitio Web que se diseñó para los cursos. A través de los foros el intercambio de información se llevó a cabo mediante texto y fórmulas matemáticas en algunos casos. Sin embargo, Internet ofrece otros instrumentos de comunicación como las bitácoras, los archivos de audio y video, presentaciones electrónicas de diapositivas y generación colaborativa de documentos.

Las actividades de aprendizaje en la escuela, que tradicionalmente se han combinado con actividades complementarias en el hogar, las bibliotecas y los museos, ahora también se combinan con actividades en espacios virtuales. Cada día Internet ofrece nuevas aplicaciones y se diversifica más el uso educativo de estos recursos tecnológicos y por ende, es necesario contar con instrumentos de análisis, metodología de investigación y aplicaciones en contextos específicos, que permitan realizar innovaciones futuras en la integración de comunidades de aprendizaje.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andriessen, J. (2006). Collaboration in Computer Conferencing. En O'Donnell, A., Hmelo-Silver, C. y Erkens, G. (Eds.). Collaborative learning, reasoning and technology. New Jersey, USA: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Avouris, N., Komis, V., Fiotakis, G. y Margaritis, M. (2003). On tools for analysis of collaborative problem solving. Proc. of the The 3rd. IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'03). Atenas, Grecia. 9-11 Julio.
- Baker, M. (2002). Forms of cooperation in dyadic problem solving. En Salembier, P. & Benchekroun, H. (Eds). Cooperation and Complexity. Paris: Hermès.
- Barojas, J. y Sierra, J. (2002, Noviembre 2-6). Desarrollo de comunidades de aprendizaje con alumnas de física del Colegio Francés del Pedregal. XVIII Simposio Internacional de Computación en la Educación. SOMECE 2002. Zacatecas, Zac., México.
- Harrer, A. (2004). Analysis and Intelligent Support of Learning Communities in Semi-structured Discussion Environments. AIAI 2004: First IFIP International Conference on Artificial Intelligences Applications and Innovations. Toulouse France. 22-27 agosto.
- Hsi, S. (1997). Facilitating knowledge integration in science through electronic discussion: the Multimedia Forum Kiosk (PhD Thesis). University of California at Berkeley.
- Laughton, S. C. (1996). The design and use of Internet-mediated communication applications in education: An ethnographic study (PhD Thesis). Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Linn, M. C. y Hsi, S. (2000). Computers, Teacher, Peers: Science learning partners. USA: Lawrence Erlbaum Associates.
- Linn, M. y Slotta, J. (2006). Enabling Participants in Online Forums to Learn From Each Other. En O'Donnell, A., Hmelo-Silver, C. y Erkens, G. (Eds.) Collaborative learning, reasoning and technology. New Jersey, USA: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Mephu-Nguifo, E., Baker, M. J. y Dillenbourg, P. (1999). Knowledge Transformations in Agentes and Interactions: A comparison of Machine Learning and Dialogue Operators. En Dillenbourg, P. (Ed.), Collaborative Learning: Cognitive and Computational Approaches, pp. 122-146. Amsterdam: Pergamon/Elsevier Science.
- Pozo, J. I. y Gómez Crespo, M. A. (1998). Aprender y enseñar ciencia. España: Morata.
- Sierra, J. y Barojas, J. (2003, Octubre 25-29). Aprendizaje colaborativo de la física. XIX Simposio Internacional de Computación en la Educación. SOMECE 2003. Aguascalientes, México.
- Sierra, J. y Barojas, J. (2004, Octubre 16-20). Planeación y evaluación del trabajo colaborativo. XX Simposio Internacional de Computación en la Educación. SOMECE 2004. Puebla, Pue. México.
- Sierra, J. (2008). Foros electrónicos de discusión en el aprendizaje de la física en el bachillerato. (Tesis de doctorado). Universidad Pedagógica Nacional.
- Stahl, G. (2006). Group Cognition: Computer Support for Building Collaborative Knowledge. USA: MIT Press.
- Teasley, S.D. y Roschelle, J. (1993). Computers as cognitive tools. USA: Lawrence Erlbaum Associates.
- Tiberghien, A. (2000). Designing teaching situations in the secondary school. En: Millar, R., Leach, J. y Osborne, J. (Eds). Improving Science Education, the contribution of research. (pp. 27-47). Philadelphia: Open University Press.
- Wiggins, G. y McTighe, J. (1998). Understanding by Design. New Jersey: Merrill/Prentice Hall.