

ISSN: 1135-9250



EDUTEC. Revista Electrónica de Tecnología Educativa

Número 43 / Marzo 2013

CONSTRUCCIÓN DE MODELOS ATÓMICOS A TRAVÉS DE SIMULACIONES

CONSTRUCTION OF ATOMIC MODELS THROUGH SIMULATIONS

Nora Raquel Nappa; noranappa@yahoo.com.ar
Susana Beatriz Pandiella; spandiella@yahoo.com

Universidad Nacional de San Juan- Argentina

RESUMEN

Este artículo presenta los resultados obtenidos en el aprendizaje por veintiocho estudiantes de secundaria al utilizar un recurso educativo abierto que modeliza la construcción de iones y átomos a fin de: construir modelos de átomos; identificar una especie neutra; determinar el valor del número másico y del número atómico de una especie. Los alumnos demostraron un alto grado de satisfacción en el uso del recurso como así también mejores desempeños académicos.

PALABRAS CLAVE: Simulaciones, modelos atómicos, estudiantes de secundaria.

ABSTRACT

This article presents the results obtained in the learning by twenty-eight high school students to use an open educational resource that treats the construction of ions and atoms in order: build models of atoms; identify a neutral species; determine the value of the mass number and atomic number of a species. The students showed a high degree of satisfaction with the use of the resource as well as also better academic performance.

KEYWORDS: Simulations, atomic models, secondary school students.

1. INTRODUCCIÓN

La estructura de la materia constituye un concepto estructurante de la Química y como tal son de gran importancia su aprendizaje y su comprensión para que los estudiantes puedan entender todos los fenómenos químicos. A su vez, la estructura de la materia y la constitución de los átomos conllevan dificultades para su aprendizaje, por un lado debido a que son conceptos abstractos con los cuales el estudiante no puede interactuar directamente, por otro lado, existen numerosos modelos atómicos, con representaciones estructurales que se han ido conformando a lo largo de la historia científica (modelo de Dalton, de Thomson, Rutherford, Bohr y modelos actuales) a fin de explicar su comportamiento y propiedades.

Una manera de facilitar el modelaje que realizan los alumnos sobre la constitución de los átomos es utilizar simulaciones que ayudan a la comprensión a partir de diversas actividades. Por otra parte se promueve el acceso y utilización de las tecnologías informáticas incorporando aspectos de la alfabetización digital básica, trabajando desde la perspectiva del modelo 1 a 1 (una computadora para cada alumno) que facilita y alienta el trabajo colaborativo (Sagol, 2012), donde la computadora se convierte en un asistente digital para el aprendizaje (Livingston, 2009).

El objetivo del presente trabajo es utilizar un recurso educativo abierto que modeliza la construcción de átomos e iones a fin de: construir modelos de átomos en función del número de protones, neutrones y electrones; identificar una especie neutra; explicar el valor del número másico de una especie; explicar el valor del número atómico. También se evaluó el aprendizaje logrado por los estudiantes y, la opinión de ellos sobre el uso de la simulación para aprender Química.

2. REFERENTE TEÓRICO

El aprendizaje en general se produce por medio de una evolución cognitiva de las concepciones y modelos iniciales de los alumnos, los cuales pueden servir de anclaje a los nuevos modelos generados, hacia el modelo consensado o aceptado por la comunidad científica (Clement, 2000). Esto quiere decir que es necesario diferenciar entre conocimiento previo del estudiante y conocimiento o contenido a enseñar, como así también distinguir entre contenido científico y contenido escolar, considerando éste último como resultado de la transposición didáctica del primero y verdadero referente externo del aprendizaje (Oliva et al., 2003).

En el aprendizaje de las Ciencias, los contenidos científicos son adaptados y modelizados para convertirse en contenidos escolares y así surgen modelos con restricciones, reducciones, limitaciones; esos modelos de enseñanza producen en el estudiante un modelo mental que es la conjugación entre el contenido modelado enseñado y sus propios conocimientos cotidianos. Es por eso que en ocasiones los modelos generados en el aprendizaje, distan bastante de ser cercanos o parecidos a los modelos científicos.

Para Galagovsky et al., (2003) los “conceptos centrales tales como electrón, unión química, fotones, moléculas, etc. son ideas que están más allá de nuestros sentidos y los alumnos no tienen experiencia previa que les facilite dar un significado preciso a estas palabras”.

Por su parte Johnstone (1991) considera que el problema que subyace a todo aprendizaje de la Química está relacionado con la naturaleza de la ciencia y a los métodos que la ciencia enseña.

En los últimos años se han incorporado las TIC a la enseñanza de las Ciencias y su uso le permite al alumno adquirir diversos contenidos correspondientes a las tres dimensiones. Entre los contenidos conceptuales se pueden mencionar los relacionados con fenómenos naturales físicamente inaccesibles, peligrosos, complejos, que necesitan montajes experimentales caros. Así también contenidos procedimentales como la interpretación de observaciones, datos, la manipulación de modelos analógicos y dentro de los contenidos actitudinales el reconocimiento de la influencia de los modelos en la elaboración del conocimiento científico y el reconocimiento del carácter provisional y perfectible de los modelos (Perales et al., 2005).

Entre las TIC se encuentran las simulaciones que le ayudan al estudiante a progresar de la fase concreta de su desarrollo a la fase formal (Valente y Neto, 1992).

Las simulaciones como juegos educativos deben ser consideradas como uno de los recursos más importantes dentro de una metodología de aprendizaje activo de la Química (Orlik, 2002). Participar en juegos focalizados promueve la motivación y le permite al estudiante ser protagonista de su propio aprendizaje (Yager 1991).

Aproximarse al conocimiento a través del juego brinda posibilidades para crear y desarrollar una serie de estructuras mentales (Piaget, 1979), que abren una vía al desarrollo del pensamiento abstracto (Vygotsky, 1982; Piaget e Inhelder, 1984), así como una estimulación en aspectos relacionados con la atención y el recuerdo, la creatividad y la imaginación del alumno (Vygotsky, 1982; Bruner, 1986).

El uso de juegos con simulaciones en la enseñanza de la Química ha aumentado notablemente en los últimos años gracias al avance y al desarrollo de las nuevas tecnologías (Franco Mariscal et al., 2012).

Franco Mariscal et al., (2012) consideran que los juegos en Química contienen dos elementos esenciales en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Por un lado, constituyen un medio de enseñanza en sí mismo y por otro son una estrategia de enseñanza porque abordan los contenidos de Química de una manera determinada.

Las simulaciones utilizadas en el aprendizaje de la Química constituyen representaciones reduccionistas de los fenómenos que emulan, pero también pueden servir de ayuda a los alumnos por ser una actividad que estimula la motivación, además de contribuir a una participación activa.

En este sentido el modelo 1 a 1 (una computadora para cada alumno) posee varias ventajas respecto del trabajo grupal en una única computadora porque propicia que cada alumno pueda seguir con sus actividades de aprendizaje en el momento y en lugar que desee, extendiéndolo más allá de los límites del aula. Los estudiantes pueden descargar software y

contenidos digitales, realizar trabajos y enviarlos por e-mail, trabajar en forma colaborativa y participar de redes (Sagol, 2012).

Asimismo, el modelo 1 a 1 hace posible que los trabajos de los alumnos tengan las siguientes características (Sagol, 2012):

Continuidad en las tareas dentro y fuera de la escuela.

Visibilidad de lo trabajado y la posibilidad de transmitirlo y publicarlo, facilidad de evaluación y autoevaluación.

Interactividad, se favorece la actividad simultánea de los alumnos en el aula. La computadora permite la interactividad constante y los estudiantes se transforman de consumidores a productores.

Trabajo en equipo que permite el intercambio de los contenidos en formato digital. El modelo 1 a 1 facilita y alienta el trabajo colaborativo.

Nueva relación entre el estudiante y el conocimiento al tener la posibilidad de gestionar gran cantidad y diversidad de información.

En contextos educativos 1:1, el rol del docente cambia totalmente, el profesor ya no es la figura central de la enseñanza, es una guía permanente, un mediador del consumo de información y su presencia e intervención se hace cada vez menos necesaria cuanto más autónoma es la actividad de sus alumnos (Sagol, 2012).

En síntesis puede decirse que en un contexto de enseñanza con un modelo 1 a 1 y con las amplias posibilidades que plantean actualmente las TIC, utilizar las simulaciones para el aprendizaje de temas abstractos de Química, que es necesario modelizar para su tratamiento y comprensión, es una interesante opción para lograr aprendizajes significativos y duraderos.

3. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo el estudio previsto se hizo uso de una metodología activa y participativa, en la cual se pidió a los estudiantes que interactuaran con el recurso educativo siguiendo una guía de actividades. En esta secuencia se emplea la simulación interactiva de ciencia, desarrollada por el departamento de Química de la Universidad de Colorado. Esta simulación puede trabajarse en línea o descargarse a la computadora personal en forma gratuita desde el siguiente enlace: <http://phet.colorado.edu/>. La simulación se utilizó para el aprendizaje de la constitución de los átomos, seguida de una evaluación realizada a través de un juego interactivo, que forma parte del recurso. Para completar el estudio, se administró una encuesta de opinión sobre el uso de simulaciones en las clases de Química, que se construyó con ese fin.

3.1. Muestra

La intervención didáctica fue implementada en el contexto natural de una clase de Química, de este modo participaron todos los estudiantes de tercer año de una escuela secundaria de

gestión estatal de la provincia de San Juan-Argentina. El grupo estaba formado por 15 varones y 13 mujeres con una edad promedio de 15,5 años provenientes de clase social media baja. El historial en la materia Química señala que 9/28 alumnos tiene la asignatura sin aprobar (la materia se considera aprobada cuando el promedio es igual o superior a 6) y el promedio general del curso es de 6,13. También es necesario comentar que la mayoría de los alumnos manifestó su poco interés por las Ciencias

3.2. Fuentes de recolección de datos

A- Protocolo de actividades

El protocolo de actividades está constituido por 8 ítems y tiene información necesaria para su uso directo por los estudiantes de manera adecuada y expedita. Está escrito en un lenguaje apropiado para los alumnos destinatarios y evita contenidos irrelevantes para ellos, además las instrucciones se dan en forma directa al alumno.

En el primer punto se solicita describir lo que observan en la pantalla del recurso a fin de que se familiaricen con él y exploren las diferentes maneras en que se presenta la información. En los puntos 2, 3 y 4 se solicita que verbalicen sus ideas sobre ciertas representaciones utilizadas en el recurso tales como las líneas concéntricas y esferas. En los puntos 5, 6 y 7 se interroga sobre *cuál es el número másico, el número atómico y la carga neta de algunas especies*, justificando su respuesta en cada caso.

B- Juegos de distintos niveles del simulador

El recurso educativo utilizado posee dos pestañas o solapas en su cinta de opciones, una de ellas "Construir un átomo", permite realizar el modelo de diferentes especies químicas (átomos, cationes y aniones), la otra, "juegos" posee actividades de autoevaluación con ejercicios en 4 niveles de complejidad.

Cada nivel de juego posee cinco actividades que deben resolver los estudiantes asignando dos puntos por respuesta correcta. Cada actividad tiene dos posibilidades de intervenir en caso de no indicar la respuesta correcta en la primera vez. Luego el simulador le muestra en pantalla la respuesta correcta. Si responde de primera intención suma 2 puntos, si no responde correctamente en la primera vuelta y sí lo hace en el primer intento suma 1 punto. Si la respuesta correcta la da el programa no se asigna puntaje. Esta simulación tiene la posibilidad de mostrar en pantalla el tiempo que tarda el estudiante en resolver el nivel. En esta intervención didáctica el tiempo fue una variable no considerada.

C- Encuesta de opinión sobre el recurso

Se diseñó un instrumento para conocer la opinión de los estudiantes sobre diferentes aspectos de la implementación de simulaciones en la enseñanza y el aprendizaje de la Química. El instrumento para medir la actitud de los estudiantes hacia la incorporación de simulaciones en la clase de Química fue una encuesta con escala de actitudes del tipo Likert (Hernández Sampieri, et al., 1998). La misma se aplicó al finalizar la jornada de implementación de la estrategia a los 28 alumnos presentes de manera autoadministrada

(se le entregó a cada estudiante la encuesta quien marca respecto a cada afirmación la categoría que mejor describe su reacción, es decir marca su respuesta).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A- Protocolo de actividades

Teniendo en cuenta los objetivos planteados, los resultados se organizan según los mismos.

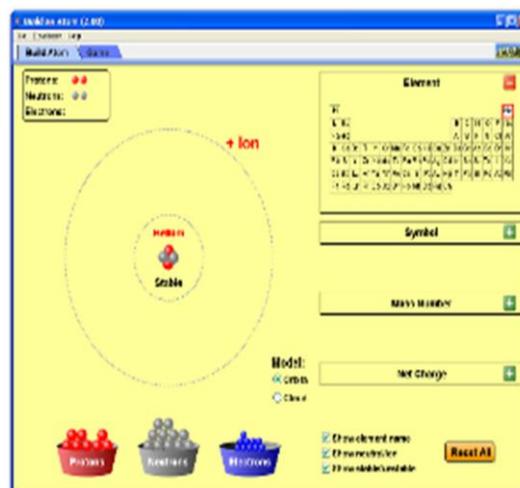
- **Construir modelos de átomos en función del número de protones, neutrones, y electrones.**

En cuanto a la interpretación del modelo de átomo utilizado en el recurso, los alumnos consideran que las líneas concéntricas al núcleo del átomo representan:

órbita de electrón (12), orbitales (2), átomo (6), niveles de energía (4), zona periférica (2), línea de los electrones (2).

Tabla 1: Respuesta de los alumnos sobre la interpretación del modelo. Figura 1: Recurso educativo

Líneas concéntricas	Porcentaje de alumnos -Cantidad de alumnos
Órbita de electrón	46,4 - 12
Orbitales	7,1 - 2
Átomo	21,4 - 6
Niveles de energía	14,2 - 4
Zona periférica	7,1 - 2
Línea de los electrones	7,1 - 2



Esto indica, por un lado, que existe una confusión que se ponen de manifiesto cuando algunos alumnos mencionan órbitas y orbitales. Estos conceptos hacen referencia a diferentes modelos de átomos, el modelo atómico clásico de Bohr en que los electrones se encuentran en órbitas circulares alrededor del núcleo y el modelo actual del átomo que postula orbitales como zonas de probabilidad de encontrar el electrón.

También se pone de manifiesto el modelo mecánico-ondulatorio del átomo que predice niveles de energía, aunque este concepto también corresponde al modelo de Bohr quien supuso que los electrones sólo pueden moverse en orbitas determinadas, caracterizadas por su nivel energético.

Puede observarse que los estudiantes se han apropiado del lenguaje científico, pero no totalmente de su significado ya que se entremezclan diferentes modelos atómicos.

Los alumnos que consideran las líneas concéntricas como *zona periférica* (21,4%) y *átomo* (7,1%) conciben un modelo de átomo delimitado por una superficie perfectamente definida; esta idea es reforzada por el modelo del simulador.

Los estudiantes que consideran a las líneas concéntricas como línea de los electrones (7,1%), están haciendo referencia a órbitas del electrón y por ende al modelo de Bohr.

El 100% reconoce las tres partículas que conforman el átomo del modelo.

La modelización que generan los estudiantes involucra la categoría *átomo* delimitado y conformado por neutrones, electrones y protones y la otra categoría *electrones* que pueden ubicarse en órbitas, orbitales o líneas concéntricas. Lo expresado se muestra en la Figura 2.

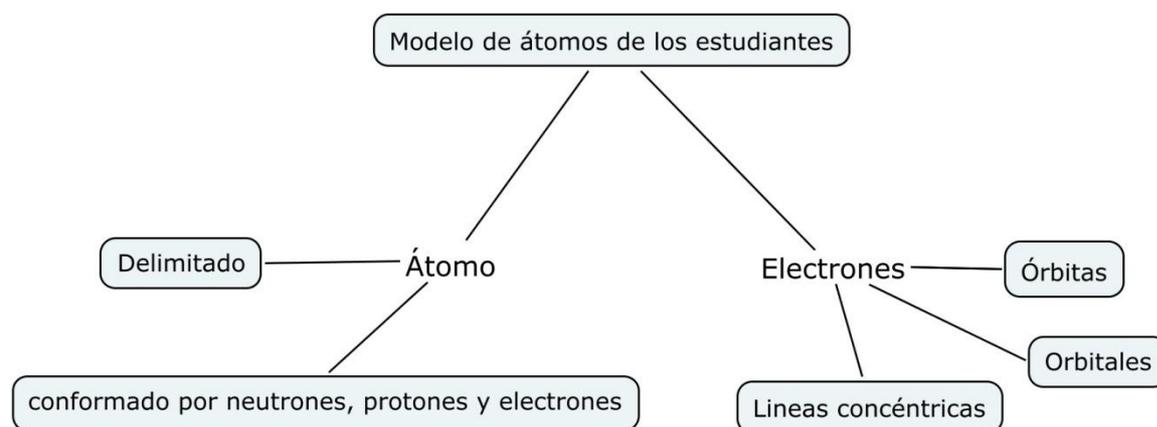


Figura 2: Categorías del modelo atómico referido a átomo y electrones

- **Identificar una especie neutra**

Con respecto a la neutralidad de los átomos (pregunta 4), las causas aludidas son las siguientes: igual cantidad de protones que de electrones (8), porque es estable (4), igual cantidad de carga positiva que negativa (10), se ha formado un elemento (2), porque tiene carga neta igual a cero (2).

Neutralidad de los átomos	Porcentaje de alumnos- Cantidad de alumnos
Igual cantidad de protones que de electrones	28,5 - 8
Porque es estable	14,2 - 4
Igual cantidad de carga positiva que negativa	35,7 - 10

Se ha formado un elemento	7,1 - 2
Porque tiene carga neta igual a cero	7,1 - 2
No contesta	7,1 - 2

Tabla 2: Categorías para la identificación de una especie neutra, pregunta 4

La explicación de la carga neta igual a cero para los elementos (pregunta 7) contiene las siguientes categorías: igual cantidad de carga negativa y positiva (8), igual cantidad de protón positivo y electrón negativo (4), igual cantidad de protón que de neutrón (2), porque no es ni negativo ni positivo, es 0 pero no justifica (8) y no contesta (2). En la Tabla 3 se muestran estos resultados.

Carga neta de los átomos	Porcentaje de alumnos- Cantidad de alumnos
Igual cantidad de carga negativa que positiva	28,5 - 8
Igual cantidad de protón positivo y electrón negativo	14,2 - 4
Igual cantidad de protón que de neutrón	7,1 - 2
Porque no es positivo ni negativo	14,2 - 4
Es 0, no justifica	28,5 - 8
No contesta	7,1 - 2

Tabla 3: Categorías para la identificación de una especie neutra, pregunta 7

Las explicaciones vertidas por los alumnos indican que más del 71 % para la pregunta 4 y más del 57% en la pregunta 7, tienen una clara noción en lo que respecta al balance eléctrico que debe existir en un átomo, como así también del tipo de carga eléctrica (positiva o negativa) de cada una de las partículas elementales constituyentes de los átomos. Un bajo porcentaje (28,5% para la pregunta 7) es capaz de determinar la carga neta de una especie química pero no lo justifica y un pequeño porcentaje no contesta o justifica en forma incorrecta.

Se puede decir que los estudiantes han podido internalizar o modelizar la estructura del átomo teniendo los modelos algunas importantes características. La categoría neutralidad está basada en la igualdad del número de cargas positivas y negativas y la asignación de la carga correspondiente a cada partícula elemental, neutrones, protones y electrones. La Figura 3 muestra los conceptos relacionados con la categoría neutralidad (una de ellas, igualdad de protones y neutrones, involucra conceptos erróneos).

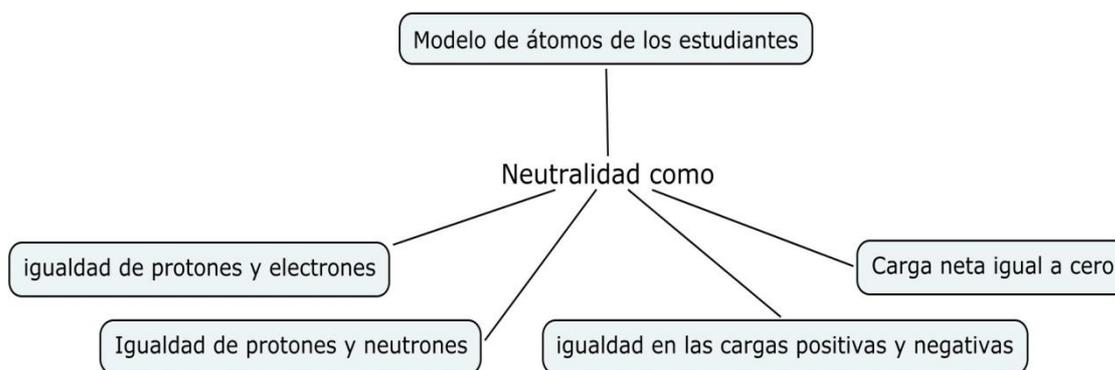


Figura 3: Categorías del modelo atómico referido a neutralidad

- **Explicar el valor del número másico de una especie**

Indican correctamente el valor del número másico 24 de los 28 alumnos, 14 estudiantes lo justifican y lo hacen a partir de los siguientes argumentos: porque es la suma de neutrones y protones (10), por tener un electrón y un protón (2), porque tiene un neutrón (2).

Explicación de número másico	Porcentaje de alumnos- Cantidad de alumnos
Indica correctamente el número y justifica como suma de protones y neutrones	35,7 - 10
Indica correctamente el número y justifica mal como suma de protones y electrones	7,1 - 2
Indica correctamente el número y justifica mal como número de neutrones	7,1 - 2
No justifican	50,0 - 14

Tabla 4: Categorías para la determinación de número másico

Un gran número de alumnos (24/28) es capaz de determinar el número másico correctamente pero muchos tienen dificultad en explicar cómo lo obtienen, así es que la mitad del grupo directamente no da ninguna justificación y sólo el 35,7% lo hace correctamente.

Pensamos que la dificultad se basa en que no identifican cuáles son las partículas que poseen una masa considerable y cuál es la que tiene una masa despreciable, es decir si tuvieran claro el concepto de que la masa del átomo se encuentra concentrada en el núcleo, no tendrían problemas en justificar el número másico como la suma de neutrones y protones.

En este sentido, la simulación utilizada no brinda gran ayuda para indicar que la mayor parte de la masa de un átomo se encuentra en el núcleo, por el contrario, si bien los electrones son simbolizados con esferas más pequeñas que las que simbolizan neutrones y protones, las tres partículas tienen tamaños similares.

Las categorías encontradas para la modelización de *masa* y *número másico* se sintetizan en la Figura 4.

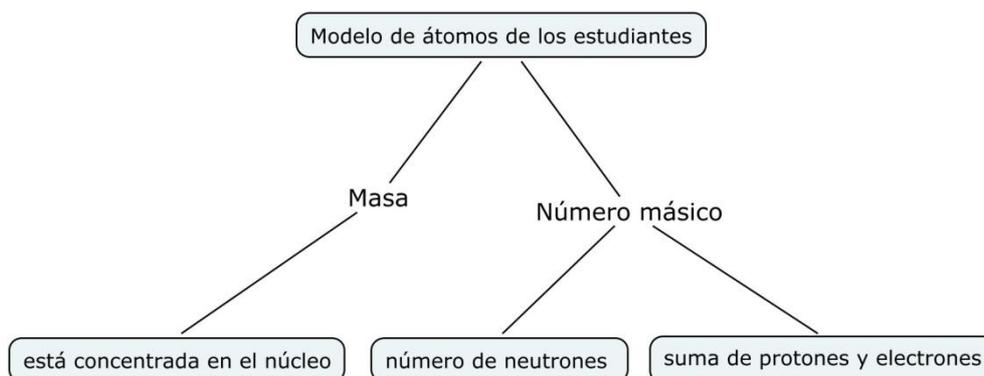


Figura 4: Categorías del modelo atómico referido a número másico

- **Explicar el valor del número atómico**

La determinación del número atómico no presenta gran problema para los alumnos ya que 26/28 alumnos lo indican correctamente, de ellos 12 lo justifican de modo certero diciendo que corresponde al número de protones, 8 lo expresan como la cantidad de electrones ya que en un átomo neutro coincide con el número de protones, 2 indican que es la suma de neutrones y protones y 6 no justifican. En la Tabla 5 se presentan las categorías para la determinación de número atómico.

Explicación de número atómico	Porcentaje de alumnos- Cantidad de alumnos
Indica correctamente el número y justifica como número de protones	42,8 - 12
Indica correctamente el número y justifica mal como electrones	28,5 - 8
Indica correctamente el número y justifica mal como número de neutrones más protones	7,1 - 2
No justifican	21,4 - 6

Tabla 5: Categorías para la determinación de número atómico

La modelización generada por los alumnos respecto del *número atómico* puede agruparse en tres categorías, tal como se muestra en la Figura 5.

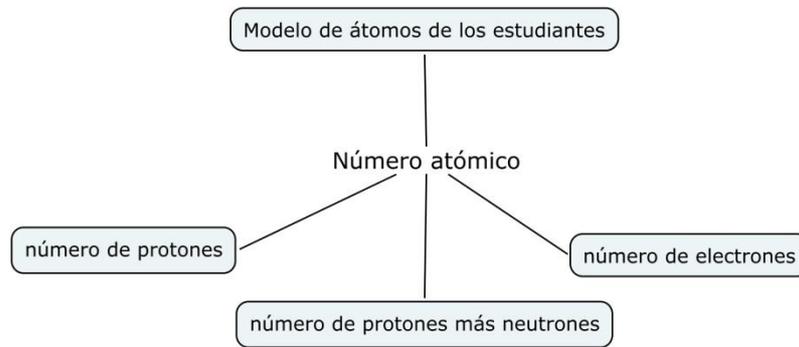


Figura 5: Categorías del modelo atómico referido a número atómico

A modo de síntesis, se presenta en la Figura 6 todas las categorías establecidas para los modelos mentales que construyeron los estudiantes de esta muestra sobre la constitución del átomo al hacer uso de la simulación. Es importante destacar que se han colocado “en celeste” las categorías encontradas que resultan erróneas según los modelos científicos.

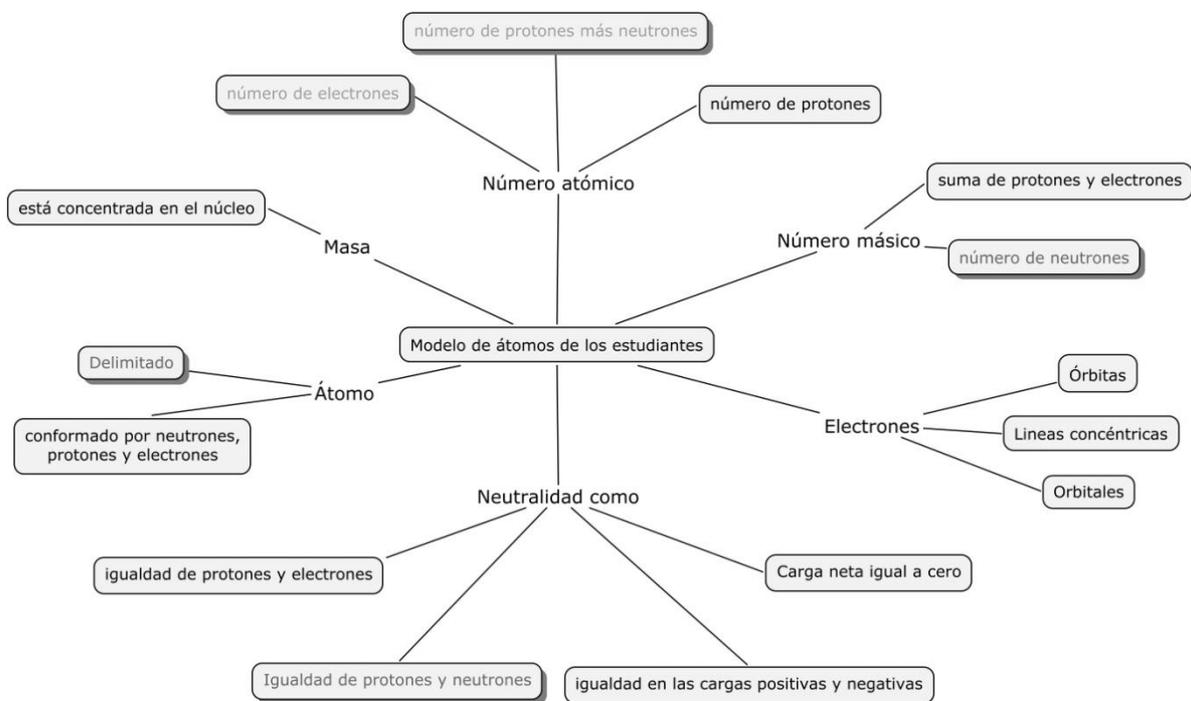


Figura 6: Categorías del modelo atómico de los estudiantes

B- Juegos de distintos niveles del simulador

Cada nivel de juego, como ya se explicó, posee cinco actividades que deben resolver los estudiantes asignando puntaje de 1 a 10 de acuerdo al desempeño.

Los cinco ítems del nivel 1 corresponden a encontrar el elemento en la tabla periódica dado el número de protones, electrones y neutrones presentando los datos de diferentes maneras (Figura 7). Este nivel de juego es el que obtiene el resultado promedio más elevado 8,85 puntos.



Figura 7: Imagen del simulador del nivel 1 del juego.

En el nivel 2 se solicita *calcular el número másico* (2 ítems) y *cuál es la carga del elemento* (3 ítems) (Figura 8). Este nivel obtiene como resultado promedio 8,78 puntos.

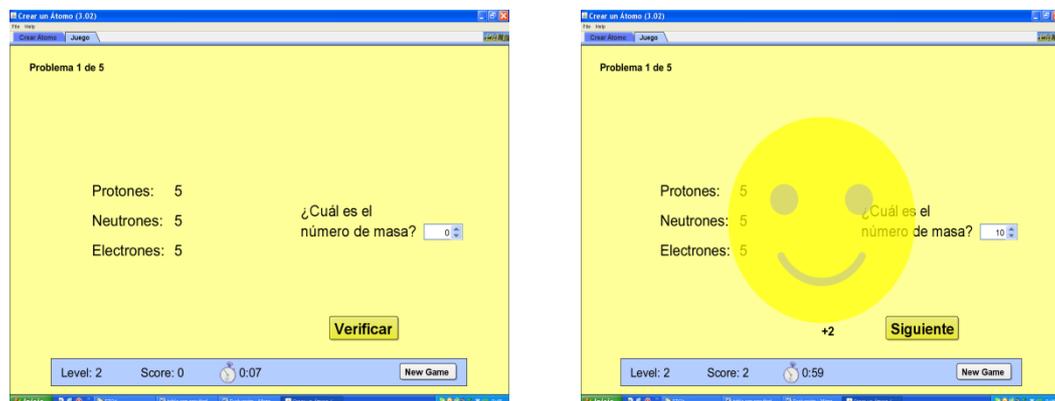


Figura 8: Imagen del simulador del nivel 2 del juego.

En el nivel 3 se pregunta *cuál es la carga total* (2 ítems) *cuántos protones* (1 ítem), y *cuál es el número másico* (2 ítems) (Figura 9). En el nivel 3 el promedio obtenido es de 8,07.

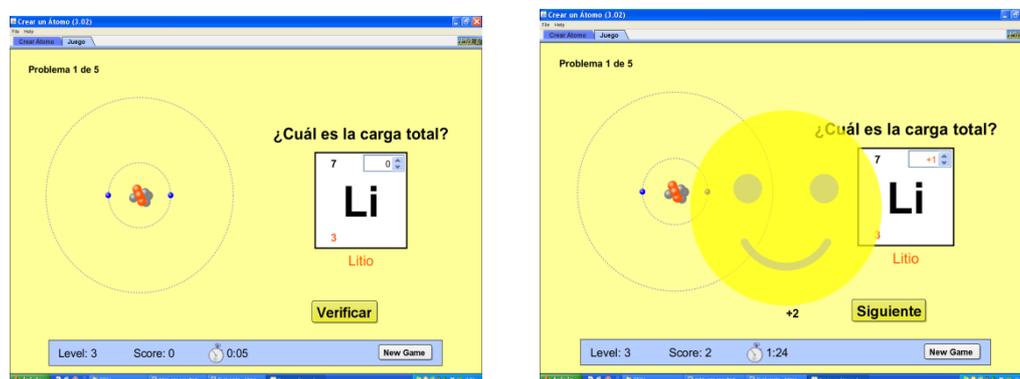


Figura 9: Imagen del simulador del nivel 3 del juego.

El nivel 4 indaga *cuántas partículas hay* (1 ítem), *completa el símbolo* (3 ítems), *completa el modelo* (1 ítem). Este nivel obtiene como puntaje 6,28 puntos (Figura 10).

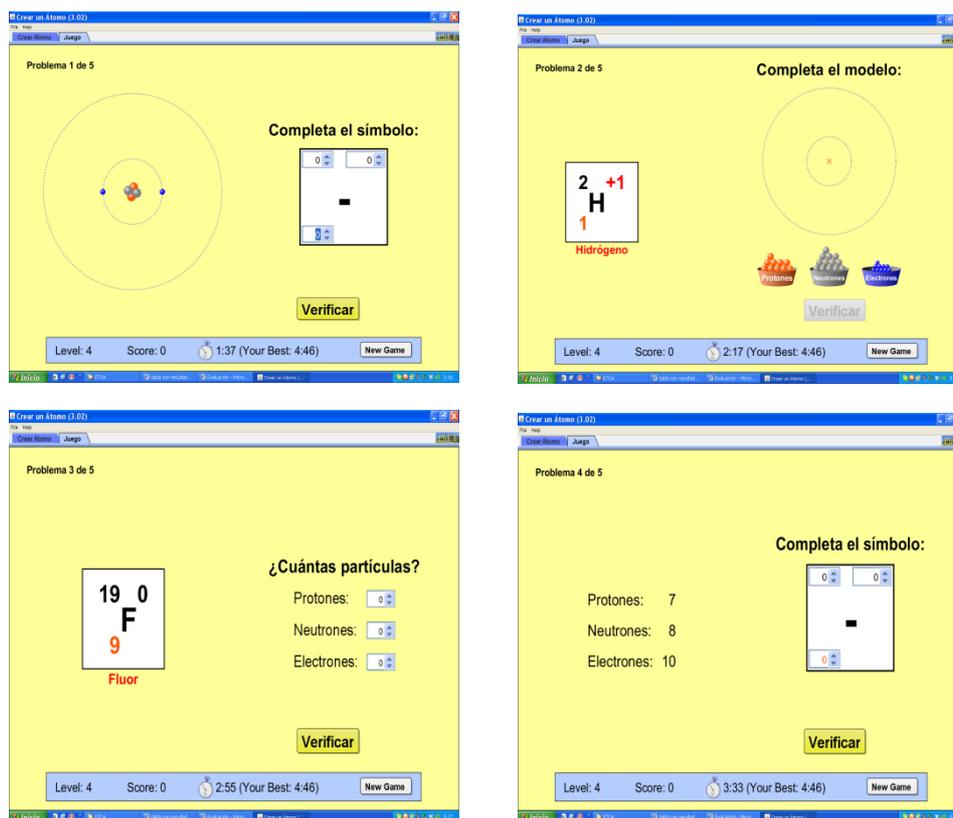


Figura 10: Imágenes del simulador del nivel 4 del juego.

Para una mejor visualización de los resultados, se presenta la distribución de estudiantes por cuartil de rendimiento en los cuatro niveles del juego (Gráfico 1). Se observa claramente la diferencia entre los cuatro niveles, con la mayoría de los estudiantes con buenos desempeños en los niveles más bajos de dificultad del juego (nivel 1-100% y nivel 2-86%), mientras que en los niveles más elevados los porcentajes descienden (nivel 3-61% y nivel 4-50%). No obstante esta tendencia puede decirse que en general los resultados han sido satisfactorios al analizar en conjunto el Gráfico 1 y el desempeño del grupo clase en cada nivel del juego.

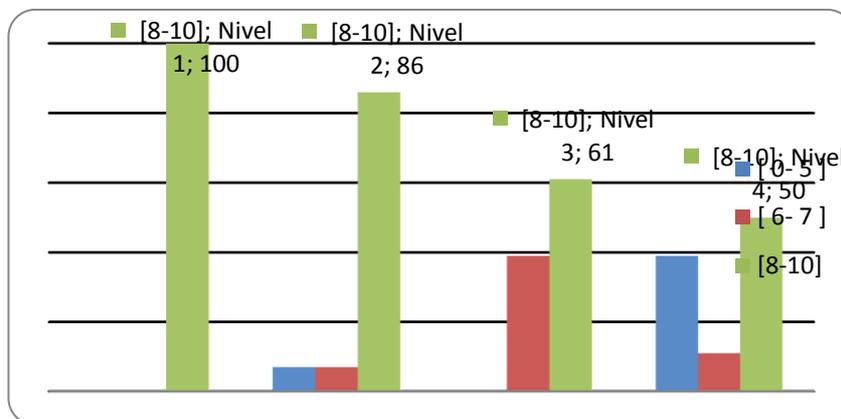


Gráfico 1: Agrupamiento (en %) de los estudiantes por cuartil de rendimiento en los diferentes niveles del "juego".

C- Encuesta de opinión sobre el recurso

La encuesta con escala de actitudes del tipo Likert utilizada tiene cinco reactivos con cinco categorías cada uno (1 a 5). El menor puntaje que puede obtener un alumno es cinco (1+1+1+1+1) y el mayor 25 (5+5+5+5+5) porque posee cinco reactivos. Los resultados expresados en porcentajes obtenidos de la encuesta de opinión, se muestran en la Tabla 6 y en el Gráfico 2.

	1 Nada	2 Casi Nada	3 Algo	4 Bastante	5 Mucho
A-¿Cuánto aprendiste con las simulaciones en Química?	-	-	25,0	57,2	17,8
B-¿Cuánto te gustó el uso de las simulaciones en Química?	-	14,3	-	46,4	39,3
C-El uso de simulaciones aumentó tu interés por la Química	-	-	14,3	78,6	7,1
D-El estilo de las clases con simulaciones te ayudó a aprender Química	-	-	3,6	71,4	25,0
E-¿Acuerdas con que las otras materias de la secundaria también deberían utilizar simulaciones?	-	-	-	21,4	78,6

Tabla 6: Resultados porcentuales obtenido por cada reactivo de la encuesta de opinión

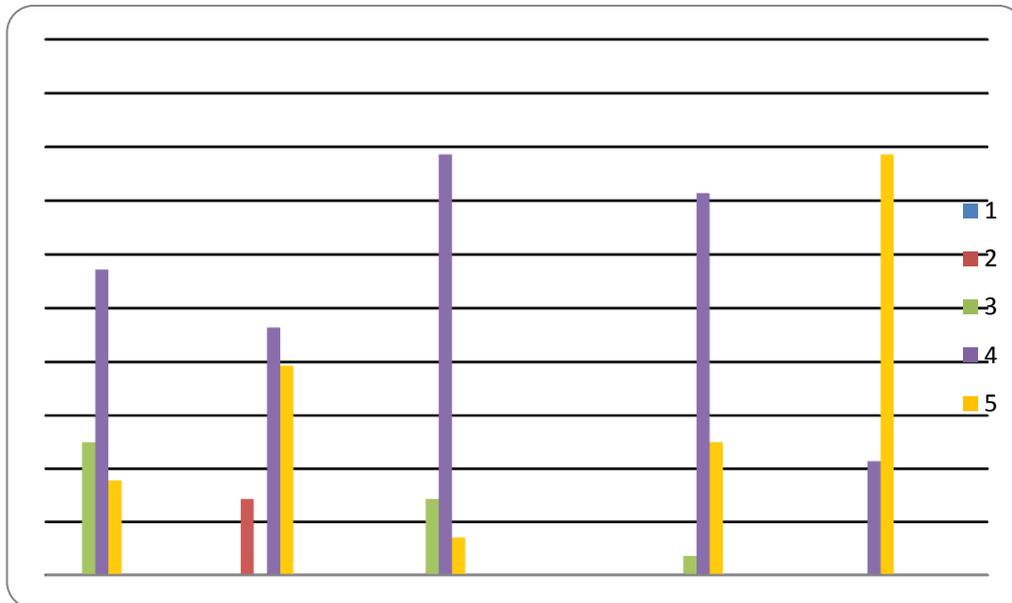


Gráfico 2: Porcentaje obtenido por cada reactivo de la encuesta de opinión.
(Referencias: 1-Nada; 2-Casi Nada; 3-Algo; 4- Bastante; 5- Mucho)

En la Tabla 7 se presenta la distribución de frecuencia de los puntajes totales obtenidos en la encuesta de opinión.

Puntajes totales de la escala	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)
16	1	4
17	1	4
18	2	7
19	2	7
20	4	14
21	5	18
22	6	21
23	4	14
24	3	11
Total	28	100

Tabla 7: Distribución de frecuencia de los puntajes totales obtenidos.

El rango real de la escala es de 5 a 25. El rango para esta investigación varió de 16 a 24 por ello se puede afirmar que los estudiantes se inclinaron hacia valores elevados de la escala. El valor de puntaje que más se repitió fue 22 (con una frecuencia relativa del 21%). En promedio los puntajes se ubican en 21. A partir del análisis de la tabla de frecuencia acumulada se observa que el 64% obtuvo puntajes iguales o superiores a 21. De acuerdo a los resultados se interpreta que los estudiantes de la muestra consideran que la

incorporación de simulaciones a la enseñanza de la Química es favorable para el aprendizaje y recomendarían que la estrategia sea incorporada a las clases de otras materias.

5. CONCLUSIONES

En este trabajo realizamos la recolección de datos sobre una muestra sin pretensiones de validez estadística y por ello las conclusiones que se describen no son extrapolables a ningún otro ámbito. La intervención didáctica se realizó con un grupo de alumnos cuyo rendimiento académico en Química es bastante bajo, no obstante, los resultados obtenidos en el aprendizaje del tema tratado, arrojó resultados muy satisfactorios en función de los puntajes obtenidos en los juegos que se realizaron a modo de evaluación. Esta situación es indicativa de la positiva influencia y motivación que causa el uso de simulaciones en el aprendizaje de temas de Ciencias, debido a que el alumno puede manejar sus tiempos de ejercitación y aprendizaje, dando continuidad a las tareas dentro y fuera de la escuela, si lo considera necesario y favoreciendo la actividad simultánea de los alumnos en el aula, pasando como lo indica Sagol, (2012) de ser consumidores a productores, de sus propios aprendizajes.

Por otra parte, el uso de la simulación como asistente promueve una nueva relación entre el alumno y el contenido a aprender y se constituye tanto como un medio de enseñanza en sí mismo como en una estrategia de enseñanza (Franco Mariscal et al., 2012) que favorece la visualización de fenómenos que suelen ser difíciles de modelizar y que ofrece la posibilidad de autoevaluación.

El modelo de Bohr constituyó un aporte muy significativo en la ardua tarea de explicar la constitución de la materia, pero en opinión de Franco Mariscal et al., (2012), la enseñanza de dicho modelo en el nivel secundario no sería adecuado. Sin embargo, y aunque hay una tendencia en los libros de texto de nivel universitario a obviar el desarrollo histórico del modelo de átomo, muchos de los libros de texto de nivel secundario como también los currículos de las asignatura de Química General abordan el modelo de Bohr presentándolo como uno de hitos en la evolución del modelo atómico. Asimismo existen muchas simulaciones para la construcción de los átomos (incluyendo la usada en este trabajo desarrollada en la Universidad de Colorado) que se basan en el modelo de Bohr.

Debido a la utilización del recurso digital que representa el modelo de Bohr, los modelos generados poseen algunas de las características fundamentales de la constitución atómica, ya que los estudiantes identifican las partículas subatómicas y sus correspondientes cargas (neutrón, protón y electrón), determinan el número atómico y el número másico sin mayor dificultad, pueden justificar la neutralidad de los átomos e indicar el núcleo como lugar de concentración de la masa atómica.

Por todo lo expuesto se puede manifestar que el uso de la simulación ofrecida por Phet para el estudio de la constitución atómica ha sido beneficioso en la intervención didáctica planteada, ayudando a los estudiantes en su aprendizaje y en la consecuente modelización del átomo. Otro aspecto para destacar en el uso de las TIC en el aula, también referenciado por Peñaherrera (2012), es que fomenta en el alumnado una alta motivación para aprender.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRUNER, J. (1986). Juego, pensamiento y lenguaje. *Perspectivas*. 16 (1), 79-85.
- CLEMENT, J. (2000). Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*. 22 (9), 1041-1053.
- FRANCO MARISCAL, A.; OLIVA MARTÍNEZ, J. y BERNAL MÁRQUEZ, S. (2012). Una revisión bibliográfica sobre el papel de los juegos didácticos en el estudio de los elementos químicos. Segunda parte: los juegos al servicio de la comprensión y uso de la tabla periódica. *Educ. quím.* 23 (4), 474-481.
- GALAGOVSKY, L., RODRÍGUEZ, M., STAMATI, N. Y MORALES, L. (2003). Representaciones mentales, lenguajes y códigos en la enseñanza de ciencias naturales. Un ejemplo para el aprendizaje del concepto de reacción química a partir del concepto de mezcla. *Enseñanza de las Ciencias*. 21 (1), 107-121.
- HERNANDEZ SAMPIERI, R.; COLLADO FERNÁNDEZ C. Y BATISTA LUCIO, P. (1998). *Metodología de la Investigación*. México D.F.: Mc Graw Hill, Segunda Edición.
- JOHNSTONE, A. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *J. Computer Assisted Learning*, 7, 75-83.
- LIVINGSTON, P. (2009). 1 to 1 learning, Washington, International Society for Technology in Education.
- OLIVA, J.M.; ARAGÓN, M.M.; BONAT, M. Y MATEO, J. (2003). Un estudio sobre el papel de las analogías en la construcción del modelo cinético-molecular de la materia. *Enseñanza de las Ciencias*, 21 (3) 429-444.
- ORLIK, Y. (2002). *Química: métodos activos de enseñanza y aprendizaje*, Capítulo 10: Organización moderna de clases y trabajo extraclase en Química. México: Ed. Iberoamérica.
- PEÑAHERRERA, M. (2012). Uso de TIC en escuelas públicas de Ecuador: Análisis, reflexiones y valoraciones. *EDUTEC, Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 40. Recuperado el 20/09/12 de http://edutec.rediris.es/Revelec2/Revelec40/uso_TIC_escuelas_publicas_Ecuador_analisis_reflexiones_valoraciones.html.
- PERALES, F. y SIERRA, J. (2005). Los trabajos de investigación en el aula de física con simuladores informáticos: interactive physics versus mobile. *Revista de Enseñanza de las Ciencias*, número extra VII.
- Phet Universidad de Colorado. Crear un átomo: <http://phet.colorado.edu/en/simulations/category/chemistry>.
- PIAGET, J. (1979). *La formación del símbolo en el niño*. México: Fondo de Cultura Económica.
- PIAGET, J. e INHELDER, B. (1984). *Psicología del niño*. Madrid: Morata. 12ª edición.

- SAGOL, C. (2012). El modelo 1 a 1. De qué hablamos cuando hablamos de modelos 1 a 1. Especialización docente de nivel superior en educación y TIC. Buenos Aires: Ministerio de Educación de la Nación.
- VALENTE, M.; NETO, A. (1992). El ordenador y su contribución a la superación de las dificultades del aprendizaje en mecánica. *Enseñanza de las Ciencias*, 10 (1), 80-85.
- VYGOTSKY, L. (1982). El juego y su función en el desarrollo psíquico del niño. *Cuadernos de Pedagogía*, 85, 39-49.
- YAGER, R. (1991). The constructivist learning model, towards real reform in science education. *The Science Teacher*, 58 (6), 52-57.

Para citar este artículo:

NAPPA, N.R. Y PANDIELLA, S.B. (2013). Construcción de modelos atómicos a través de simulaciones. *EDUtec, Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 43. Recuperado el dd/mm/aa de http://edutec.rediris.es/Revelec2/Revelec43/construccion_modelos_atomicos_simulaciones.html

Fecha de recepción: 2012-03-01
Fecha de aceptación: 2013-01-11
Fecha de publicación: 2013-03-27