

Universidad Internacional de La Rioja
Facultad de Educación

Trabajo fin de máster

Recursos TIC en la enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza en Enseñanza Secundaria Obligatoria. Aproximación práctica al estudio de la motivación y la comprensión con el uso de TIC.

Presentado por: César Puche Benavides
Línea de investigación: Tecnologías de la información y la comunicación aplicadas a la educación
Director/a: Vanessa Moreno
Ciudad: Madrid
Fecha: 28/9/2012

Índice

1. Resumen	3
2. Introducción	4
3. Marco teórico.....	6
3.1. Antecedentes y estado actual del tema	6
3.1.1 La tecnología y su relación con las ciencias.....	9
3.1.2 Posibles funciones de las TIC en la educación.....	11
3.1.3 Estudio del impacto de las TIC en la educación	13
3.1.4 Algunos aspectos de diseño de recursos TIC para la educación.....	16
3.2. Aplicaciones del software educativo en ciencias de la naturaleza	20
4. Justificación de la investigación.....	23
5. Desarrollo	25
6. Resultados	30
7. Discusión	42
8. Conclusiones.....	44
9. Limitaciones del estudio.....	45
10. Prospectiva.....	47
11. Referencias bibliográficas.....	48
12. Anexos.....	56

Índice de tablas y gráficos

Gráfica 1. Indicadores mundiales de la telecomunicaciones / TIC.

Figura 1. Aplicación Iniciación Interactiva de la materia.

Figura 2. Texto Física y Química 3º de ESO. Oxford.

Gráfico 1. Puntuación media a las preguntas sobre Interés personal previo.

Gráfico 2. Puntuación media a las preguntas sobre el conocimiento previo.

Gráfico 3. Puntuación media a las preguntas sobre interés previo (tabletas).

Gráfico 4. Puntuación media a las preguntas sobre interés previo (texto).

Gráfico 5. Puntuación media a las preguntas sobre interés posterior (tableta).

Gráfico 6. Puntuación media a las preguntas sobre interés posterior (texto).

Gráfico 7: Puntuación media a las preguntas sobre comprensión adquirida (tableta).

Gráfico 8: Puntuación media a las preguntas sobre comprensión adquirida (texto).

Índice de abreviaturas

TIC: Tecnologías de la Información y la Comunicación.

ITU: International Telecommunications Union.

TAC: Tecnologías del Aprendizaje y del Conocimiento.

UNESCO: United Nations Educational Scientific and Cultural Organization.

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.

INE: Instituto Nacional e Industria.

WPIIS: Working Party on Indicators for the Information Society.

IE: Information Economy.

ONU: Organización de Naciones Unidas.

NUI: Natural User Interface.

FCL: Foster Communities of Learners.

CSCL: Computer Supported Collaborative Learning.

PISA: Programme of International Student Assessment.

CSILE: Computer Supported Intentional Learning Environments.

DEGREE: Distance education Environment for Group ExperiencEs.

NSF: National Science Foundation.

ICT4E: Information and Communication Technology for Education.

HCI: Human Computer Interaction.

FEASP: Fear, Envy, Anger, Sympathy, Pleasure.

CTMAL: Cognitive Theory of Multimedia Learning.

ATC21S : The Assessment and Teaching of 21st-Century Skills .

ESO: Enseñanza Secundaria Obligatoria.

1. Resumen

La irrupción de las nuevas tecnologías ha condicionado en gran medida la manera en la que la sociedad se comunica, se informa y se relaciona. El auge de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), también ha tenido lugar de manera significativa en el sistema educativo, abriendo interesantes debates sobre los beneficios y las oportunidades de cambios metodológicos que estos recursos tecnológicos pueden generar en la educación.

El eje central de esta investigación es analizar cómo ha evolucionado la adopción de las TIC en el entorno educativo, el impacto que estas tecnologías pueden producir en la educación y qué condicionantes pueden afectar a su calidad para el objetivo de mejora de los procesos de construcción del conocimiento. Para ello se evaluará, mediante un estudio bibliográfico y un estudio de campo comparativo con el método tradicional si las aplicaciones que aportan las nuevas tecnologías, ayudan a aspectos como la captación del interés inicial del estudiante, la generación de motivación intrínseca, o implican una mejora en la comprensión y el aprendizaje significativo, al ser utilizadas en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

De una manera algo más específica, también se analizarán algunos estudios centrados en el óptimo diseño de recursos educativos para el aprendizaje y la enseñanza de las Ciencias Experimentales y como estos pueden ayudar a la comprensión de conceptos abstractos cuyo entendimiento es complejo y los cuales dan lugar a erróneas ideas preconcebidas de forma recurrente.

Abstract

The appearance of new technologies has conditioned in great measure the society communication way, the society get-information and the society relationships. The rise of Information and Communication Technologies (ICT), has also happened significantly in the Education System, opening interesting debates about the benefits and opportunities of methodological changes that these technological resources can generate in Education.

The central point of this research is to analyse how the ICT adoption has evolved in the educational environment, the impact that they can involve in education. Besides it will be study which conditionings can affect its quality towards the goal of improving knowledge building processes. To achieve that, this research will evaluate, through literature review and comparative fieldwork with traditional method, whether the applications that new technologies provide, used in educational and learning processes, help in aspects such as: the capture of the student's initial interest; the generation of intrinsic motivation, or it implies a significant improvement in comprehension and learning.

In more detail, it will be also analyzed studies focused in the educational resources optimal design used for the learning and teaching of Experimental Sciences and how these can help on the understanding of abstract concepts whose understanding is complex. This complexity creates recurrent misconceptions.

2. Introducción

Las tecnologías de la información y la comunicación, esto es TIC, agrupan los elementos y las técnicas usados en el tratamiento y la transmisión de la información, principalmente la informática, el uso de internet y las telecomunicaciones.

Ya en el año 2000, Marqués (2000) afirmaba sobre las TIC que “*son incuestionables y están ahí, forman parte de la cultura tecnológica que nos rodea y con la que debemos convivir Amplían nuestras capacidades físicas y mentales. Y las posibilidades de desarrollo social*” (p. 1).

Tras una revisión de la bibliografía e informes disponibles, se evidencia un uso cada vez mayor de estas tecnologías de la información y la comunicación así como de dispositivos diversos en todos los ámbitos de nuestra vida, incluido el ámbito educativo. Esta afirmación se ve refrendada entre otros, en el informe anual realizado por la Union Internacional de Telecomunicaciones (ITU)¹ (2011), que constata un continuo crecimiento de los servicios TIC y la adopción de estas tecnologías en todo el mundo en el curso de los dos últimos años.

Si atendemos al informe sobre el uso de las tecnologías de la información y comunicación por los niños y jóvenes del mundo, elaborado por la ITU (2008), se observa un elevado uso de Internet y dispositivos móviles entre los jóvenes, comparado con la media de la población. En él se destaca un uso frecuente de ordenadores e internet tanto en los segmentos de edad de 5-14 años (niños) como en el de 15-24 (adolescentes). En ambos casos se obtienen cifras por encima del 60 % de jóvenes europeos que se conectan al menos una vez al día a internet. Según un estudio realizado por la Fundación Pfizer (2009), el 98% de los jóvenes españoles de 11 a 20 años es usuario de Internet, siendo siete de cada diez los que afirman acceder a la red por un tiempo diario de, al menos, 1,5 horas.

Estos datos inciden en la idea de que los estudiantes de enseñanza secundaria obligatoria y bachillerato, ya nativos digitales, no sólo manejan con soltura y gran destreza estos dispositivos y tecnologías sino que, desde el punto de vista educativo, los docentes no pueden ignorar este hecho si quieren ofrecer una enseñanza adecuada (Prensky, 2001).

Hasta tal punto este hecho es así, que se abre un nuevo debate en el entorno educativo, donde aparece el concepto TAC (tecnologías del aprendizaje y del conocimiento) como una evolución orientada de las TIC hacia usos más formativos.

¹ International Telecommunication Union (ITU)

Las TAC tratarían de incidir especialmente en la metodología y en los usos de la tecnología para el aprendizaje y la docencia, y no únicamente en asegurar el dominio de una serie de herramientas informáticas. (Lozano, 2011).

Las preguntas centrales en torno a las que se plantea el presente trabajo, se consideren tecnologías de innovación o de aprendizaje, es si realmente estos nuevos materiales y herramientas ayudan no sólo a captar el interés inicial del estudiante, sino a generar una mayor motivación intrínseca hacia los contenidos presentados, y si implican una mejora en el aprendizaje significativo en el campo de las ciencias experimentales frente a los generados y adquiridos mediante el modelo tradicional.

Para contestarlas, se ha dividido el trabajo en dos partes: una primera, de carácter teórico, que incluirá una revisión bibliográfica de algunos trabajos científicos que han abordado las cuestiones centrales que nos ocupan en este trabajo en concreto. Y una segunda parte en la que abordaremos, teniendo en cuenta el tiempo que hemos tenido para ello, un esbozo de un trabajo de campo con un recurso TIC seleccionado, aplicado a una unidad didáctica en concreto.

3. Marco teórico

3.1. Antecedentes y estado actual del tema

A lo largo de la historia se han sucedido diferentes hitos que han marcado las distintas etapas en la evolución del hombre. Las dos últimas transiciones son las producidas desde la sociedad post industrial de mediados del siglo XX hasta la sociedad de la información (Bell, 1973) y la actual transición de nuestra sociedad a la llamada ‘sociedad del conocimiento’ (UNESCO, 2005).

Esta última transición ha sido posible en parte, gracias al sector de las tecnologías de la información y la comunicación, esto es, a las TIC.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE)² tiene un papel importante en el estudio del sector TIC a nivel internacional. La definición de TIC es uno de los principales hitos que ha sido definido por el Grupo de Trabajo sobre la Sociedad de la Información (WPIIS)³, creado en 1999. A partir de estos organismos, surge una definición formal del Sector TIC en dos fases: la primera se centraría en la definición de industrias TIC y la segunda en confeccionar un listado exhaustivo de productos TIC. (Instituto Nacional de Estadística, 2010) (INE).

Entre las industrias TIC que conforman la denominada Economía de la Información (IE)⁴, se hayan incluidas aquellas cuyos productos, bienes y servicios, tienen por objeto desempeñar o permitir el procesamiento de la información y su comunicación por medios electrónicos, incluyendo su transmisión y presentación visual, y las industrias incluidas en el sector de Contenidos y Medios cuyo objeto es la producción, publicación y/o distribución electrónica de productos de contenido.

La segunda fase, relativa a la definición de productos TIC, parte principalmente de dos principios generales. En primer lugar definir un bien TIC como “aquel que sirve para facilitar la comunicación y el procesamiento y transmisión de la información mediante medios electrónicos” (INE 2010, p. 6), así como “aquel que permita medir o registrar electrónicamente fenómenos físicos, y el que sirva para controlar un proceso físico mediante medios electrónicos” (INE 2010, p. 6).

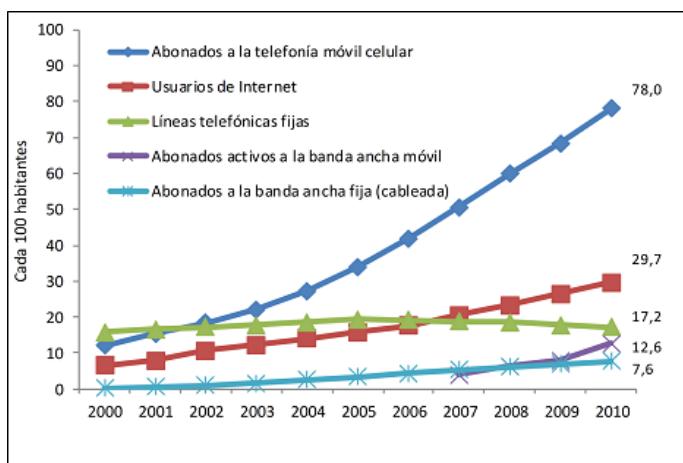
² The Organization for Economic Cooperation and Development (OECD)

³ Working Party on Indicators for the Information Society (WPIIS)

⁴ Information Economy

En segundo lugar definir un servicio TIC como “aquel que facilite las funciones de comunicación y de proceso automático de la información a través de medios electrónicos, incluyendo su transmisión y presentación visual” (INE 2010, p. 8).

La propagación y uso de las TIC a nivel mundial presenta un incremento constante tal como se evidencia en el informe anual realizado por la Union Internacional de Telecomunicaciones, en el que los 152 países contemplados en el Índice de Desarrollo de las TIC (IDI), presentan mejoría en todas las tecnologías analizadas, con la excepción de las líneas de telefonía fija, tal como se muestra en la Gráfica 1. (Observatorio Nacional de las Telecomunicaciones y de la SI., 2011).



Gráfica 1. Indicadores mundiales de la telecomunicaciones / TIC
(Fuente: Base de datos de la UIT 2011)

A nivel mundial, en 2011 la cifra de internautas se sitúa en 2.400 millones de usuarios de Internet en el mundo, lo que representa un incremento del 18,2% (Observatorio Nacional de las Telecomunicaciones y de la SI., 2011).

Concretando en España, se constata que en cuanto a índices de desarrollo de la Sociedad de la Información, globalmente se encuentra en una posición de desventaja respecto a la media europea y la OCDE. (Ministerio de Ciencia y Tecnología, Ed. 2003). Pese a todo, los datos indican que en 2011 siete de cada diez españoles de entre 16 y 74 años se conectaron a Internet en alguna ocasión, experimentando un incremento interanual de 2,3 puntos porcentuales. Esto significa que en 2011, 16,5 millones de personas se conectaron a Internet diariamente, de los cuales el 12,4 % correspondió a internautas entre 16 y 24 años. (Instituto Nacional de Estadística, 2011).

Hoy en día puede afirmarse por lo tanto que las Tecnologías de la Información y la Comunicación “se están integrando rápidamente en todos los ámbitos, laborales e

incluso en el uso cotidiano, ya sea para trámites administrativos, en el acceso a la información, o simplemente para el ocio y entretenimiento" (Sáez López, 2010 p.262).

También en el ámbito educativo la integración de las TIC es cada vez más extensa y parece algo excesiva la afirmación de Pérez Moreno (2003) en la que sostiene que "la aplicación de las TIC carece de un objetivo pedagógico y didáctico específico" (p. 566). Prueba de ello es la Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información realizada en Ginebra donde se refleja una preocupación expresa sobre las relaciones entre TIC y educación y en cuyo plan de acción se incluyen objetivos para conectar las TIC con las instituciones educativas, adaptando los currículos para alcanzar los desafíos de la Sociedad de la Información. De manera adicional se remarca la importancia de la capacitación y alfabetización en las TIC y se declara la importancia en su contribución al objetivo de la educación universal (Organización de Naciones Unidas, 2003).

Posteriormente, en la Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información de Túnez del año 2005, el artículo 11 hará referencia al potencial de las TIC para facilitar el acceso a una educación de calidad así como facilitar el proceso mismo de aprendizaje (Organización de Naciones Unidas, 2005).

También en la Declaración de Valparaíso, fruto de la Reunión de la XVII Conferencia Iberoamericana de Educación, tres de los 15 acuerdos totales generados hacen referencia a la importancia de que las TIC penetren en los centros educativos. (Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación la Ciencia y la Cultura, 2007).

Más recientemente, en el Informe Horizon, se detalla la tendencia de esta penetración de las TIC en las aulas en los próximos años, y se describen los seis nuevos tipos de tecnologías que, según el estudio, van a ser de uso generalizado en los centros escolares españoles de enseñanza primaria y secundaria dentro del plazo de uno a cinco años (Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado, 2012).

Según este último estudio, en un tiempo de adopción comprendido entre un año o menos, se espera un gran auge en el uso de dispositivos móviles y aplicaciones y en el empleo de tabletas electrónicas en las aulas como sustitutas de los libros de texto, y en un tiempo de adopción de dos a tres años se prevé una mayor inserción del aprendizaje basado en juegos por un lado y de los entornos personales de aprendizaje por otro. Por último, el informe también incide, de un lado en la reflexión sobre el impacto de estas tecnologías en la enseñanza, el aprendizaje, la

investigación y la expresión creativa, y de otro lado incide en dos nuevas tecnologías cuyo tiempo de adopción se estima entre cuatro y cinco años, que son la Realidad Aumentada y los Interfaces Naturales de Usuario (NUI) (Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado, 2012).

Trasladando y concretando estas directrices y previsiones en España, se han realizado diversas actuaciones en el ámbito educativo. En el año 2005 el Ministerio de Educación auspició el programa Internet en el Aula, y en el 2010 vio la luz el proyecto Escuela 2.0, con actuaciones en infraestructuras, servicios y formación de docentes por un lado y actuaciones en aplicaciones y contenidos por otro, como el repositorio federado de contenidos AGREGA. (Observatorio Nacional de las Telecomunicaciones y de la SI., 2011).

De la misma manera, siguiendo las recomendaciones de la Comisión Europea presentadas en 2005 sobre el aprendizaje permanente y su propuesta de incluir la competencia digital como una de las competencias clave en la educación, se incluye en la Ley Orgánica de Educación de 2006, el Tratamiento de la Información y Competencia Digital como parte del currículo. (Instituto de Tecnologías Educativas, 2011).

El Instituto de Evaluación y Asesoramiento Educativo. Neturity (2007) señala que:

En torno al 70% de los centros incorpora de manera habitual las TIC en sus proyectos educativo y curricular, que son los documentos donde el profesorado acuerda las decisiones educativas más relevantes. Pero esta planificación, aunque resulta imprescindible, no parece ser suficiente para extender el uso educativo de las TIC en el centro. (p. 18)

3.1.1 La tecnología y su relación con las ciencias

Concretando en el área de ciencias, observamos que desde finales del siglo XX se ha dado gran importancia a la integración de la tecnología con la ciencia, y como ejemplo de ello tenemos varios informes editados por la *Division of Science Technical and Environmental Education*: (UNESCO, 1986; UNESCO, 1988; UNESCO, 1990).

Existen, al menos, dos grandes líneas de estudio e investigación sobre las TIC, que a menudo se hayan interrelacionadas. Una primera es la que engloba todos aquellos trabajos que realizan aproximaciones psicológicas y pedagógicas a la inclusión y contribución de las TIC en la enseñanza de las ciencias desde un enfoque constructivista y una segunda que incluye todos aquellos trabajos que se centran en

las propias tecnologías como herramientas, estudiando toda su potencialidad y buscando su optimización tanto desde un punto de vista técnico como productivo hacia el objetivo de la enseñanza y el aprendizaje significativo (Sáez López, 2010). En ambos casos, las evaluaciones sobre la efectividad de las TIC en el logro de estos aprendizajes y el incremento de la motivación son referencias útiles para los fines buscados en el presente trabajo.

En el primer grupo, el enfoque constructivista es actualmente uno de los más aceptados por los docentes para la mejora de los procesos de enseñanza-aprendizaje, a nivel general y para el uso de TIC en el aula en particular (Sáez López, 2010) (Hernández Requena, 2008) (Coll, 2004) (Solé & Coll, 1993). Sin embargo, a la hora de poner en práctica la metodología constructivista, estudios de campo en las aulas encuentran que aunque un 65% del profesorado considera que la metodología constructivista posibilita aprendizajes activos, sólo un 60% potencia aprendizajes significativos a partir de conocimientos previos, cuestión fundamental en la metodología constructivista, bajando a un 40,6 % el uso de tecnologías para la resolución de problemas y a un 38% el porcentaje de docentes que aplica un enfoque de enseñanza por descubrimiento o investigación dirigida en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Sáez López, 2010, p. 269). Y es que conviene diferenciar entre introducir la educación tecnológica en la enseñanza de las ciencias, con usar la tecnología, en concreto las TIC, en la educación científica, como herramientas o medios de enseñanza y aprendizaje.

Entre los artículos que se centran en las propias tecnologías como herramientas educativas merece ser destacado Cabero que habla de la generación de “Ambientes de Aprendizaje Enriquecidos” por el uso de los TIC (Cabero, 2008). Se trata de un estudio en el que se sintetizan las funciones de los medios tecnológicos a la luz de autores como Gimeno (1986), Salinas (1992), Sarramona (1992), Parcerisa (1996), Zabalza (1987) que coinciden en la función motivadora de las TIC, existiendo debate en torno a las funciones: estructuradora, que sostienen todos excepto Salinas e informativa, que sostienen todos excepto Sarramona. El resto de funciones, esto es, innovadora, solicitadora, formativa, instructiva o profesionalizadora, también son destacadas en este análisis, pero existe mayor discrepancia en el número de autores que sostienen cada una de ellas.

Todas estas funciones detalladas en el trabajo de Cabero (Cabero, 2008) aportan otra visión de las posibilidades que las TIC pueden ofrecer a la formación (Gonzalez, 2007).

El énfasis en la vertiente metodológica, en saber seleccionar y utilizar la tecnología adecuadamente para la adquisición de conocimientos y en función de las diferentes necesidades y perfiles, es un enfoque orientado totalmente al desarrollo de competencias metodológicas fundamentales como la de aprender a aprender. Se pasa de un “aprendizaje de la tecnología”, propio de un modelo de las TIC, a un “aprendizaje con la tecnología”, englobado bajo un nuevo concepto, el de las tecnologías del aprendizaje y del conocimiento (TAC). (Lozano, 2011).

3.1.2 Posibles funciones de las TIC en la educación

Para estudiar más en profundidad cómo influye la aplicación de TIC en las aulas, existen distintos principios que pretenden relacionar el uso de TIC con la motivación y el rendimiento del alumno, entre estos principios destacan los que se exponen a continuación, teniendo en cuenta los trabajos de distintos investigadores como: Amory, Naicker, Vincent & Adams; Brown; Cabero; Finlay; Gozález & Blanco; Lamon, Chan, Scardamalia, Burtis, & Brett; Lehetinen, Hakkarainen, Lipponen, Raikinen, & Muukkonen; Pintrich & Schunk; Ryser, Beeler, & McKenzie, Stoney & Oliver.

Algunos de los principios a los que la aplicación de las nuevas tecnologías puede contribuir son:

- Desarrollo de la conciencia del yo como agente del propio aprendizaje.
Está relacionado con la importancia en la motivación y la auto-eficacia, las creencias de expectativa y las creencias de control.
Se pueden utilizar recursos TIC que posibiliten de manera natural actividades donde deban realizarse elecciones sobre opciones e itinerarios diversos y control sobre el auto aprendizaje, así como la participación en tareas activas.
El aprendizaje activo *on-line*, soportado mediante aplicaciones informáticas está habitualmente enfocado al uso de recursos que involucren al estudiante en el desarrollo de alguna actividad, por ejemplo a través de la aplicación de la teoría o de su evaluación (Finlay, 2001). Una forma de conseguir la pro actividad del estudiante es el planteamiento de actividades que supongan la visualización y resolución de problemas (Amory, Naicker, Vincent, & Adams, 1999), requiriendo por su parte participación activa y demostración de que comprenden la materia. El estudiante para ello deberá hacer uso de sus capacidades de deducción, razonamiento inductivo, comprobación de información, crítica y de toma de decisiones.

- Suministro de oportunidades para la reflexión.

Está relacionado con la metacognición y autorregulación del aprendizaje.

La tecnología facilita al educando el pensar en sus propias respuestas y cómo obtenerlas. Hay constancia de que los alumnos que utilizan entornos de aprendizaje constructivista basados en la utilización de ordenadores, presentan mayores niveles de auto concepto, una mejora en la capacidad de regular el propio comportamiento y un incremento en la habilidad de hacer juicios con criterio sobre las afirmaciones de terceros, que aquellos alumnos que no los utilizan (Ryser, Beeler, & McKenzie, 1995). El estudio llevado a cabo por (Stoney & Oliver, 1999) concluye que se logra una mayor implicación cognitiva durante mayores períodos de tiempo, a la vez que mayores niveles de pensamiento de orden superior, cuya característica es la reflexión en el propio aprendizaje, clave para la incorporación del nuevo conocimiento sobre los ya pre existentes.

- Naturaleza social del aprendizaje.

Esto es, creación de ambientes de colaboración y cooperación entre los estudiantes. Las nuevas tecnologías pueden favorecer las comunidades de aprendizaje y crear así oportunidades de actividad cognitiva compartida. Como ejemplo, Brown (1997) afirma que “la formación experta a través de correo electrónico dota a los programas de promoción de comunidades de aprendizaje (FCL), de un recurso esencial” (p.407).

Las TIC y en concreto los sistemas de aprendizaje colaborativo apoyados por ordenador, (CSCL)⁵, pueden favorecer la creación de procesos de interacción en los que los estudiantes pueden construir nuevo conocimiento a nivel intersubjetivo o social, coordinar las tareas en busca de objetivos, y desarrollar procesos cognitivos de orden superior y habilidades sociales. (Lamon, Chan, Scardamalia, Burtis, & Brett, 1993; Lehtinen, Hakkarainen, Lipponen, Raikinen, & Muukkonen, 1999).

- Uso de tareas, problemas y evaluaciones reales.

En ciencias suelen considerarse como auténticas aquellas acciones semejantes a las que los científicos abordan en sus investigaciones, aunque existen discrepancias al respecto. También se consideran relevantes aquellas que encuentran aplicación en la vida real.

⁵ Computer Supported Collaborative Learning (CSCL)

El empleo de laboratorios virtuales y simuladores, pueden posibilitar la creación de entornos auténticos en ambientes seguros y a costes muy bajos dando la oportunidad de múltiples repeticiones hasta la apropiación de los conceptos (Cabero, 2008). Las webquest por su lado, favorecen que los estudiantes se comprometan en experiencias e investigaciones científicas y de aplicación en el mundo real. La posibilidad de usar estas herramientas en entornos diferentes al del centro de estudios permite su uso como complemento formativo y para aportar un enfoque alternativo.

- Favorecer oportunidades de practicar formas diferentes de pensar y aprender.

Utilizar instrumentos que apoyen el aprendizaje de los estudiantes cuando trabajen en tareas desafiantes. “La ligera frustración que típicamente producen recursos como los videojuegos, unido a los factores intrínsecamente satisfactorios que incluyen éstos, puede ayudar a que los alumnos-jugadores sean más persistentes a la hora de ejecutar las tareas de aprendizaje y que se centren más en ellas” (Gozález & Blanco, 2008, p. 89).

Las TIC posibilitan una reducción de la carga cognitiva de los educandos permitiéndoles pensar y aprender de manera más efectiva. De manera adicional el aprendizaje es más divertido e interesante, lo cual incrementa las creencias de valor y provocan desarrollo de habilidades que desembocan en una mayor auto eficacia.

- Creación de diversas herramientas como informes, mapas conceptuales, modelos virtuales, gráficos,etc...

Todos ellos se facilitan enormemente por las TIC (Ríos, López, Lesca, Hernández & García, 2007)

Permiten concretar y compartir ideas y conocimientos, mejorando la auto reflexión sobre los mismos y el interés sobre los contenidos.

3.1.3 Estudio del impacto de las TIC en la educación

Resulta complejo abarcar en toda su dimensión el impacto que las TIC tienen en la educación. En primer lugar por la propia diversidad que el concepto TIC implica y en segundo lugar por la cantidad de variables involucradas en el proceso.

La valoración de impacto de las TIC parece además haber sido a menudo influida por el modo en el que se han llevado a cabo las investigaciones. Según Margaret Cox (Cox. et al, 2003) existen varios factores que pueden afectar los resultados como

son, el diseño de los cuestionarios, el historial de los alumnos y docentes , el campo y la naturaleza de las observaciones y las características y forma de uso del recurso sobre el que se medirá el impacto.

Claro (2010) diferencia tres dimensiones específicas sobre las que se podrían fundamentar estos estudios de impacto: tipos de uso de las TIC, condiciones de uso de las TIC y quién usa las TIC.

Bajo la primera aproximación encontramos estudios que evidencian el impacto positivo de las TIC suponiéndolas un refuerzo en la comprensión de conceptos en las clases de ciencias (Cox. et al, 2003), en cambio el estudio ImpaCT2 (Somekh et al., 2002) presenta también resultados positivos a pequeña escala pero poco consistentes y difíciles de generalizar.

En los estudios a gran escala, que realizan pruebas estandarizadas a nivel nacional o internacional, surge la dificultad de determinar de manera aislada si el efecto de los resultados académicos se produce por efecto de las TIC u otros. Destaca entre otros, el informe PISA TIC 2006 (OCDE, 2010), cuya conclusión más relevante es que no existe relación directa entre el uso de las TIC en el aula y los resultados obtenidos en PISA. En cambio sí se encuentra una correlación positiva con el uso de las TIC en el hogar, probablemente debido a que su uso está más extendido que en los centros docentes.

Existen también estudios sobre el impacto de las TIC en habilidades como la colaboración el trabajo en equipo y la comunicación, observándose mayor nivel de colaboración y de trabajo en equipo con el uso de TIC (Lehetinen et al, 1999; Ramboll Management, 2006).

No obstante, a pesar de las buenas perspectivas ofrecidas por las TIC en entornos de aprendizaje cooperativo como CSILE, CLARE, Belvedere, SpeakEasy o DEGREE, facilitando la comunicación, la gestión, la organización o estableciendo modelos de análisis y monitorización (Barros & Verdejo, 2001), otros estudios ofrecen resultados frustrantes, principalmente por dos escollos: a) La clave de la eficacia del aprendizaje colaborativo radica en la interacción social, y no simplemente por el hecho de que las TIC la posibiliten, esta interacción tienen que producirse. b) Muchas veces no se atiende la dimensión psicosocial de esta interacción (Krejinsa, Kirschnerb, & Jochemsb, 2003).

Otro área de investigación seguida es sobre el efecto de las TIC en el desarrollo de destrezas de orden superior, es decir, las habilidad para el pensamiento crítico,

evaluación, resolución de problemas, capacidad de análisis y de síntesis y aunque en general se recogen resultados positivos (Balanskat, Blamire, & Kefala, 2006; Cox. et al, 2003; Stoney & Oliver, 1999), aún no existen instrumentos adecuados para medir estas nuevas formas de aprendizaje en una escala relevante.

El impacto de las TIC en la motivación es probablemente el área de investigación donde mayor dificultad hay para obtener evidencias empíricas. Si bien la teoría e investigación sobre la motivación en contextos educativos está bien documentada (Pintrich & Schunk, 2006) el resultado de su aplicación y puesta en práctica todavía es valorado de manera poco concluyente. Claro (2010) indica que la forma de abordar este tema en la investigación es variada.

Algunos estudios se basan en consultar directamente a estudiantes y profesores su opinión sobre los beneficios de usar las TIC en el colegio o directamente a los profesores si ven un efecto del uso de las TIC en la motivación de sus estudiantes. Tal es el caso del estudio realizado por (Korte & Husing, 2006) en el que el 86% de los profesores en Europa señalaron que los estudiantes están más motivados y atentos cuando se usan en las clases los ordenadores e Internet

Otros estudios han intentado medir la motivación de forma más objetiva y detallar su relación con el aprendizaje como por ejemplo, el estudio de (Passey, Rogers, Machell, & McHugh, 2004) que trabajó con ocho dimensiones de la motivación, llegando a la conclusión de que las TIC ayudaban a los estudiantes a tener tipos más positivos de motivación para el aprendizaje y enorgullecerse por su trabajo. Además, las TIC posibilitaban la visualización del éxito a los educandos y la finalización de las tareas en tiempo y forma. No obstante este estudio señaló que la sola presencia del recurso no es suficiente para lograr motivación sino que su uso debe ir acompañado de tareas de aprendizaje y orientaciones apropiadas de parte del profesor.

Cabe destacar la posible existencia de desajustes entre los métodos usados para medir los efectos y la naturaleza del aprendizaje potenciado por el uso específico de la TIC. Muchos investigadores han buscado analizar las mejoras en procesos y conocimientos tradicionales utilizando a su vez métodos de análisis tradicionales en lugar de en nuevos razonamientos y conocimientos que podrían surgir del uso de las TIC debido a su propia idiosincrasia (Claro, 2010).

Finalmente no conviene dejar de mencionar los trabajos de Cox & Marshall (2007) y Reeves (2008) en los cuales se evidencia la falta de respuestas concluyentes sobre la pregunta de los efectos en los logros educativos de los estudiantes a corto y largo plazo.

3.1.4 Algunos aspectos de diseño de recursos TIC para la educación.

El diseño de programas o aplicaciones con fines educativos, también denominado diseño instruccional, es un largo proceso que involucra habitualmente a muchas personas entre las que encuentran pedagogos, diseñadores, ilustradores y programadores.

En primer lugar se deben tener en cuenta los aspectos pedagógicos, fijar los objetivos educativos, los contenidos, definir los destinatarios y establecer la estrategia pedagógica que se quiere emplear. Esta última es la más importante en el diseño, ya que comprende el conjunto de eventos, actividades, técnicas y medios instruccionales dirigidos a lograr los objetivos del aprendizaje. Es en esta etapa donde se decide, por ejemplo, si un programa multimedia debe enfatizar en métodos explicativos propios de metodologías expositivas, usando entonces textos, gráficos estáticos o animaciones que se reciben pasivamente, o enfatiza en métodos experimentales de enfoque constructivista, donde el alumno puede interactuar con objetos dinámicos y donde las explicaciones solo tienen un papel de apoyo. Este sería el caso de juegos, simuladores, applet y aplicaciones de realidad virtual. (Rieber, 2005).

Para que estas aplicaciones sean útiles a efectos educativos, los estudiantes deben ser capaces de interpretar las imágenes que producen. El papel del diseño por tanto es crucial, y para ello los expertos en psicología cognitiva, quienes aportan un punto de vista muy valioso sobre como los alumnos perciben y atribuyen los significados a los estímulos, deben colaborar de forma trasversal y multidisciplinar con pedagogos, diseñadores, ilustradores y programadores como ya se ha mencionado. Un ejemplo concreto de la importancia de este trabajo colaborativo multidisciplinar aplicado al campo de las ciencias, lo encontramos en la serie de colaboraciones internacionales llevadas a cabo por un diverso grupo de científicos, que fue iniciada en 2001 y organizadas por la Fundación Nacional de Ciencias (NSF)⁶. Estas investigaciones están centradas en como la representación y visualización molecular mediante ordenador incrementa el aprendizaje, ayudando por ejemplo a la comprensión de la estructuras y la dinámica molecular y abriendo líneas futuras de investigación en esta dirección. (Jones, Jordan, & Stillings, 2005).

Dada la complejidad en los procesos de diseño y producción de programas educativos, surgen varios modelos y guías enfocados en esta tarea, entre los que

⁶ National Science Foundation (NSF)

destacamos el Modelo de Desarrollo Evolutivo (EDM)⁷ (Rodríguez, Nussbaum, & Dombrovskiaia, 2012) cuya intención es la producción de programas TIC para la educación (ICT4E), económicos y sostenibles. Para ello se establecen tres pasos creados en condiciones educativas reales:

1. Eficacia, que se consigue si, aplicando la tecnología en un entorno controlado, se consiguen mejorar los resultados de los estudiantes buscados.
2. Efectividad, que se consigue si la tecnología realmente mejora los resultados de los estudiantes en el contexto para la que fue diseñada.
3. Eficiencia, que mide la amplitud de consecución de los efectos buscados o resultados en función de su coste. Este factor es fundamental para evaluar la posibilidad de aplicación y difusión real en las escuelas y la escalabilidad del programa.

Una vez definidos estos objetivos, se definen y crean los recursos artísticos siguiendo las instrucciones funcionales prescritas por los equipos de diseño (Morales, 2006).

No obstante, en algunos ámbitos del diseño instruccional existe una cierta controversia en la asignación del predominio entre la función de los programas, con énfasis en su facilidad de uso y utilidad, o sus aspectos formales o estéticos. Según las investigaciones de Tractinsky, Katz, & Ikar (2000) en el que se analizaron las percepciones sobre la facilidad de uso y la belleza de programas informáticos, se desprende una fuerte correlación entre las percepciones de la estética y las de la facilidad de uso, antes y después de las medidas experimentales. Las conclusiones inciden en la importancia de estudiar los aspectos de diseño estéticos de la interacción persona – ordenador (HCI) y como estos pueden estar relacionados con otras dimensiones como el factor emocional o la motivación hacia el uso.

Para Villasana & Dorrego (2007) es determinante que la flexibilidad y la facilidad de uso prime sobre otros aspectos de forma a la hora de crear un entorno virtual, facilitando así el poder realizar trabajos de aprendizaje colaborativo satisfactorio.

Atendiendo al tratamiento e influencia de los factores emocionales en el diseño del software educativo, parece inevitable tener en cuenta que la generación actual de estudiantes difiere de generaciones anteriores y no quiere tener un papel pasivo ante las TIC, si no que prefieren la interactividad y la manipulación de los medios de una forma emocional (Prensky, 2001). Surge aquí el concepto de informática afectiva

⁷ Evolutionary Development Model (EDM)

referida al enriquecimiento de los sistemas y programas informáticos con comprensión afectiva y cuyo desarrollo no ha hecho más que comenzar.

Para Akbiyik (2010) las emociones pueden influir en la motivación académica. A partir de la literatura relacionada en su estudio, se infiere que las emociones tienen varios efectos en el aprendizaje. “Éste está asociado no sólo con nuestras habilidades cognitivas sino también con nuestras emociones, expectativas, prejuicios, eficacia personal y nuestras necesidades sociales. Las emociones pueden servir como vehículo potente para realzar o inhibir el aprendizaje”. (pp.197-198).

Se puede concluir por tanto, que los estudiantes que utilicen material que cuente con el factor emocional en su diseño, pueden ver incrementado su nivel de comprensión, mejorada su transferencia de conocimiento, y una percepción y motivación más positiva hacia el aprendizaje (Um, Plass, & Ha, 2012). Dado el interés en este aspecto del diseño se crea el modelo FEASP⁸ (Astleitner, 2000) que proporciona características de tecnología instructiva para los desarrolladores, con el fin de estos puedan diseñar software afectivo-educacional eficaz.

Tal como ya hemos mencionado, el factor emocional se vincula con la motivación intrínseca, esto es, la motivación que hace implicarse en una actividad por su propio valor y no por conseguir un fin.

Según Pintrich & Schunk (2006) “hay evidencia de que la motivación intrínseca puede promover el aprendizaje y el logro mejor que la extrínseca” (p.264). Por tanto, parece importante desde el punto de vista del diseño instruccional el estudio de la motivación intrínseca. Estos investigadores indican la existencia de cuatro fuentes definidas que pueden aumentar la motivación intrínseca en los alumnos: desafío, curiosidad, control y fantasía. Atendiendo a estas fuentes, se observa que las actividades que plantean desafíos a las habilidades de los alumnos, que plantean ideas o informaciones que contrastan con sus ideas previas, o que les implican en situaciones de fantasía o ficción, posibilitan el control y la autorregulación del propio aprendizaje, aumentando de manera notable la motivación intrínseca. (Pintrich & Schunk, 2006).

Conclusiones similares a éstas son las resultantes del trabajo de Amory, Naicker, Vincent, & Adams (1999) realizado sobre el desarrollo de recursos de aprendizaje basados en juegos de aventuras, concluyendo que estos pueden ser de gran utilidad para el incremento de motivación intínseca y por ello del aprendizaje por el desarrollo de los factores mencionados.

⁸ FEASP: Fear, Envy, Anger, Sympathy, Pleasure

Profundizando un poco más en la manera en la que los alumnos procesan la información recibida desde una fuente multimedia para el aprendizaje, encontramos un amplio campo de trabajo, en el que uno de sus más destacados investigadores es Richard E. Mayer, precursor de la Teoría Cognitiva del Aprendizaje Multimedia (CTML)⁹. Esta se basa en tres principios: la codificación dual la capacidad de memoria limitada y el procesamiento activo.

La codificación dual se basa en la existencia de canales separados, para procesar la información verbal- auditiva y visual-gráfica (Paivio, 1986). Además, en la CTML se maneja la existencia de tres tipos de almacenamiento de la memoria: la memoria sensitiva, la memoria de trabajo (anteriormente identificada como memoria de corto plazo) y la memoria de largo plazo. Cada uno de estos canales de codificación sólo puede procesar una pequeña cantidad de información a la vez. Si la memoria de trabajo recibe demasiada información esta sobrepasa la capacidad de procesamiento y parte de este material puede quedar sin procesar (Chadler & Sweller, 1991; Mayer R., 2005; Mayer R., 2003; Mayer R., 2001; Sweller, 2005).

Se han realizado numerosas investigaciones con el objetivo de analizar estos procesos e intentar reducir esta carga cognitiva a través de principios instruccionales, que pueden ser aplicados en el diseño de recursos multimedia para la enseñanza de las ciencias. Entre los principios más relevantes para el aprendizaje de la química por ejemplo, podemos mencionar los siguientes (Kozma & Russell, 2004):

- **Principio Multimedia:** El aprendizaje a partir de palabras e imágenes produce un aprendizaje más profundo que sólo con palabras.
- **Principio de contigüidad:** Los estudiantes aprenden más profundamente cuando la correspondencia entre palabras e imágenes se presentan cerca en el espacio o en el tiempo.
- **Principio de modalidad:** Se logra un mayor aprendizaje cuando la información se produce con animación y narración más que con animación y texto escrito. Esto añade una mayor importancia al hecho de balancear las instrucciones en los canales visual y verbal para evitar así la sobrecarga de los recursos cognitivos.
- **Principio de la señalización:** Se logra un aprendizaje más profundo cuando se facilita una guía que dirija la atención del educando.

⁹ Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML)

- Principio de interactividad: Se logra un mayor aprendizaje cuando el estudiante controla su propio orden y ritmo de aprendizaje.
- Personalización de los mensajes. Los estudiantes logran un aprendizaje más profundo, y un mejor rendimiento en la resolución de problemas y retención de la información, si ésta se entrega de manera personalizada en lugar de en tono neutro. (Moreno & Mayer, 2000).
- Efecto de coherencia. Esta teoría concluye que la inclusión de detalles seductores, o material interesante pero irrelevante para la coherencia del discurso principal, provoca una distorsión en la comprensión y por tanto perjudica al aprendizaje. (Mayer, Heiser, & Lonn, 2001). Estos resultados son inconsistentes con la hipótesis de que el añadir componentes que puedan generar mayor interés emocional provoca un mayor aprendizaje.

Todos estos principios nos dan una relación de aspectos interesantes que pueden tenerse en cuenta a la hora de diseñar programas multimedia para el aprendizaje. No obstante, los resultados de muchas de estas investigaciones son a menudo cuestionados por su “falta de claridad conceptual, su rigor metodológico y la generalización externa del trabajo” (De Jong, 2010, p.125)

3.2. Aplicaciones del software educativo en ciencias de la naturaleza

En la actualidad, el gran incremento de la información generada y disponible hace necesario tener, aparte de conocimientos básicos generales, una mayor especialización, lo que a su vez requerirá de un uso de la tecnología cada vez mayor.

La investigación educativa sobre el uso de las TIC para la enseñanza de las ciencias, conlleva nuevos conceptos y nuevos enfoques, mayoritariamente pertenecientes a corrientes de pensamiento socio-constructivistas. Muchas de estas corrientes coinciden en destacar algunas características positivas de este tipo de programas instruccionales, al margen de las ya mencionadas anteriormente de carácter educativo general:

- Proporcionar representaciones gráficas o audiovisuales de conceptos y modelos abstractos.

Uno de los fenómenos más analizados en la didáctica de las ciencias son las “concepciones equivocadas” o “concepciones alternativas” previas que de los estudiantes tienen acerca de muchos conceptos de las ciencias en general y

de la química en particular. (Gómez Crespo, Pozo, & Gutiérrez Julián, 2004). Es especialmente interesante el trabajo realizado por Kind (2004), quien reúne en su obra una buena parte de las investigaciones sobre estas concepciones alternativas de los estudiantes de química, en edades comprendidas entre los 11 y los 18 años, clasificadas por áreas. En la misma línea de trabajo es destacable el trabajo de Horton (2007) en el que se profundiza en la naturaleza del problema de las concepciones alternativas, su implicación para la enseñanza y se ofrecen algunas orientaciones prácticas. “Muchos de los conceptos estudiados en química son abstractos, y son inexplicables sin el uso de analogías o modelos” (Gabel, 1999, p. 548).

A la luz de estas y otras investigaciones se evidencia la gran utilidad que puede tener el estructurar los cursos de química usando ordenadores e incorporando programas de software innovadores, que puedan incorporar modelos en los que los estudiantes puedan reconocer y afrontar su propias concepciones equivocadas o alternativas (Gabel, 1999). Como ejemplo ilustrativo, se puede pensar en la utilización de sistemas de representación externos como aplicaciones software de simuladores, que puede disminuir la habitual dificultad de los estudiantes de secundaria para reconocer la estructura microscópica y el comportamiento de la materia en sus diferentes estados de agregación. Ha de tenerse en cuenta que el conocimiento previo de estos conceptos es experimental y está basado en su mayoría en ideas fragmentadas procedentes de observaciones macroscópicas, mientras que las teorías explicativas están basadas en el mundo invisible de los átomos y la moléculas, los cuales son difíciles de conceptualizar. (Fonseca e Trindade, 2005; Gomez Crespo, 2005; Nahkleh, Samarapungavan, & Saglam, 2005).

- Permitir el acceso a la investigación científica, bases de datos reales y el contacto con científicos.

El estudio de las Ciencias se ha visto ampliamente favorecido mediante el uso de los nuevos entornos de comunicación que surgen desde la Web 2.0 (Cabero, 2008). Las aplicaciones web que facilitan el compartir información, la interoperabilidad, y la colaboración a través de internet, permiten a los alumnos interactuar y colaborar entre sí, a la vez que el acceso a comunidades científicas o grupos científicos en redes sociales.

Por otro lado, un gran número de programas y aplicaciones favorecen el acceso a bases de datos e información científica de modo ordenado,

ayudando a los procesos de aprendizaje como son las wikis, blogs, webquest, mashups y folksonomías, a los que se prodrían añadir otros programas instruccionales como: programas de ejercitación y autoevaluación, enciclopedias multimedia y programas tutoriales. (Pontes, 2005)

- La incorporación de los laboratorios y simuladores virtuales.

Una de las cualidades principales de las TIC aplicadas a las ciencias experimentales es el posibilitar la réplica del mundo real dentro de las aulas y el poder emular la actividad científica a través de representaciones ejecutables. Esto permite a los alumnos controlar variables, modificar condiciones y manipular el fenómeno de forma virtual y segura. Según Waldeg (2002), las simulaciones de laboratorio son especialmente indicadas en casos donde las experiencias sean arriesgadas, los materiales sean muy costosos y las condiciones requeridas sean ideales o complejas de reproducir. También son indicadas para aquellos experimentos que requieran alta precisión o que tengan involucraciones éticas como la utilización de animales o la generación de residuos tóxicos.

Otra cualidad del uso de estos programas de simulación, es que permiten incrementar el interés de los estudiantes al “aprender haciendo” propio de enfoques pedagógicos de la “escuela activa” y constructivistas. Se logra así que los estudiantes recuperen la satisfacción respecto de sus aprendizajes, promoviendo el auto aprendizaje y el desarrollo de destrezas de orden superior y así pasar de la idea de que la química “es difícil”, a un aprendizaje con mayor motivación intrínseca. (Cataldi, Donnamaría, & Lage, 2009; Lopez Gracia & Morcillo, 2007; Rosado & Herreros, 2005)

4. Justificación de la investigación

En los últimos años se está produciendo una rápida adopción de recursos TIC por parte de toda la comunidad educativa, adopción que parece ser desigual en las diferentes partes del mundo y, de manera concreta, en las diferentes Comunidades Autónomas españolas y segmentos socio-económicos. (Ministerio de Ciencia y Tecnología, Ed. 2003; ONTSI, 2012)

Si bien muchos investigadores están de acuerdo en que las tecnologías de la información y la comunicación pueden facilitar un intencional cambio metodológico empleado desde un enfoque constructivista (Coll, 2004; Hernández Requena, 2008), también hay gran acuerdo en que, por sí mismas, las TIC no provocarán un cambio de paradigma educativo. Aspectos como el tipo y condiciones de uso, quien las utilice y el propio diseño condicionarán este cambio. (Claro, 2010; Cox & Marshall, 2007).

Según un estudio de Akbiyik en el año 2010, el 83% de los profesores expresaron su creencia de que las TIC pueden elevar los estándares educativos. Aún así, “cuestionado esto, ¿por qué es una creencia en vez de una realidad después de tanta inversión en cuestión de dinero, tiempo, dedicación y energía en las TIC durante los últimos veinte años?” (Akbiyik, 2010 p.183).

Para que esta creencia pase a ser certeza, se dependerá en gran medida de la calidad de dichos recursos en cuanto a su diseño y al uso que docentes y educandos hagan de ellos, para lograr la efectividad y eficacia en los objetivos buscados. Es precisamente en este punto, donde confluyen la tecnología con la didáctica, donde la investigación cobra un interés espectacular de cara a dilucidar y desarrollar todos los aspectos en los que los recursos TIC pueden influir para favorecer y mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje, y como han de ser diseñados y empleados para lograrlo. Es en este entorno donde se utiliza de manera cada vez más amplia el concepto de las tecnologías del aprendizaje y el conocimiento (TAC).

Con este objetivo de corroborar la efectividad de algunas aplicaciones que están englobadas dentro del grupo de TAC, y si estas aportan valor añadido a los métodos tradicionales de enseñanza, han surgido muchos trabajos experimentales en los que se estudia cómo el diseño de un programa educativo o el modo en el que este se

aplica influye en aspectos importantes de la educación como la motivación, el desarrollo de destrezas de orden superior, el trabajo colaborativo, etc...

Este interés es aún mayor si se valoran también aquellas investigaciones que tratan de evaluar las aplicaciones educativas, cuyo objetivo es la enseñanza de aquellos conceptos concretos de la química cuyo entendimiento es complejo por su nivel de abstracción o la existencia arraigada de conocimientos previos.

En lo referente a lo personal, este trabajo de investigación parte de un gran interés por las tecnologías de la información y la comunicación, fruto de mi pasada experiencia profesional en una de las empresas punteras en el desarrollo, prescripción y fabricación de tecnología de telecomunicaciones, Cisco Systems. Esta compañía es una de la que han liderado la transformación hacia la sociedad de la información y sociedad del conocimiento a nivel mundial, teniendo siempre muy en cuenta el sector educativo como referente para canalizar este cambio. Sirva como ejemplo la iniciativa: Evaluación y la enseñanza de destrezas del siglo XXI (ATC21S)¹⁰ esponsorizada de manera conjunta con Intel y Microsoft.

Este interés ha tenido continuidad a través de mi actual actividad docente en un centro educativo donde la metodología educativa está apoyada en gran medida en el empleo de las TIC, con el uso de tabletas por parte de los alumnos en lugar de libros de texto y el empleo de recursos tecnológicos por parte de los docentes para llevar a cabo gran parte de las tareas de enseñanza.

De una manera modesta, dados los recursos y tiempo disponible para ello, se ha realizado una pequeña investigación de los objetivos que se plantean en el siguiente apartado.

¹⁰ The Assessment and Teaching of 21st-Century Skills (ATC21S)

5. Desarrollo

5.1. Objetivos

- Objetivo 1. Analizar el estado actual de las TIC, las diversas funciones que se asocian a ellas y una aproximación al impacto de éstas sobre la educación.
- Objetivo 2. Definir ciertos criterios de idoneidad en forma de principios instruccionales que deban tenerse en cuenta a la hora de diseñar un software educativo multimedia para la enseñanza de ciencias en base a la revisión de diversos trabajos de investigación sobre este tema.
- Objetivo 3. Realizar una aproximación didáctica aplicando un software educativo sobre el tema “estados de la materia y cambios de estado” en un estudio de campo.

En función del objetivo 3, se plantean dos objetivos más:

- Objetivo 3.1 Analizar si el empleo del recurso TIC genera mayor interés inicial y mayor motivación intrínseca en el alumno en comparación con un libro de texto.
- Objetivo 3.2 Analizar si el empleo del recurso TIC contribuye a la generación de una mayor eficacia en el aprendizaje de los estados de la materia y sus cambios de estado.

5.2. Materiales y métodos

5.2.1. Estudio teórico - cualitativo

Para abordar el primer y segundo objetivo se ha realizado un estudio de carácter teórico-cualitativo que incluye una revisión bibliográfica de distintos trabajos científicos que han abordado las cuestiones centrales que nos ocupan en este trabajo, en concreto: a) Si el empleo de recursos TIC en el aula favorece un incremento en el interés y la motivación de los educandos. b) Si se produce una mejora en el proceso de enseñanza y un aprendizaje significativo a lo largo del tiempo. c) La efectividad de las TIC implantadas actualmente para la enseñanza de las ciencias experimentales, y por último d) Algunas características generales de diseño que un recurso TIC y su implantación en el aula deben cumplir para tener una influencia positiva en los alumnos.

5.2.2. Estudio de campo cualitativo y cuantitativo

Para conseguir el tercer objetivo, se ha realizado un esbozo de un trabajo de campo con un recurso TIC seleccionado, aplicado al tema “estados de la materia y cambios de estado” de 3º ESO.

El trabajo ha consistido en una investigación de campo cualitativa y cuantitativa con una muestra de 40 estudiantes de 3º de la ESO cuya edad media es de 15 años, divididos en dos grupos de 20. Ambos grupos fueron homogéneos respecto a su conocimiento previo, basándose en sus calificaciones de Ciencias de la Naturaleza del pasado año, y sexo.

La intervención se realizó durante tres días consecutivos:

Día 1:

1º Explicación previa de la actividad, su duración y su finalidad.

2º Realización sobre la muestra total (n=40), de un pre-test (1) disponible en el Anexo, mediante el cual se valoró el interés personal inicial de los alumnos hacia la Ciencia. Tiempo empleado 10 minutos.

3º Realización sobre la muestra total (n=40), de un pre-test (2) disponible en el Anexo, con el que se evaluó el conocimiento previo de los estudiantes sobre el contenido seleccionado. El tiempo destinado para ello fue de 30 minutos.

Con esta tarea evaluamos sus ideas previas sobre las diferencias entre los 3 estados, detectamos ideas erróneas desde el punto de vista científico y evaluamos su interés personal en las Ciencias.

Día 2:

1º Realización sobre la muestra total (n=40) de los test (3 y 4) disponibles en el Anexo, con los que se evaluó el interés situacional previo. Tiempo disponible, 10 minutos.

2º Sesión con la mitad de la muestra (n=20), aplicando en la tableta de cada alumno una simulación interactiva como herramienta TIC, elegida según los criterios de idoneidad acordes al punto 3.1.4 del marco teórico. Esta actividad se realizó de manera individual, siguiendo las indicaciones del autor Mariano Gaite Cuesta (Gaite s.f.), sobre los bloques específicos de contenidos del estado de la materia y cambios de estado del módulo “Iniciación Interactiva de la materia”. Tiempo disponible, 40 minutos.

Figura 1: Aplicación “Iniciación Interactiva de la materia”
Fuente: Mariano Gaite Cuesta (Gaite s.f.)

3º Sesión sobre la otra mitad de la muestra ($n=20$), aplicando un método tradicional, con el mismo bloque de contenidos sobre los estados de la materia y cambios de estado. Esta actividad se realizó mediante una breve introducción teórica y la lectura individual del contenido correspondiente del libro de texto ‘Física y Química de 3º de ESO proyecto Adarve (Piñar, 2010), disponible en el Anexo. Tiempo disponible 40 minutos.

5.3. Los estados de agregación y la teoría cinética

¿Puede la teoría cinética de la materia explicar las diferentes propiedades de la materia en sus tres estados?

La respuesta es afirmativa. Para explicar las propiedades de los sólidos y los líquidos, la teoría cinética afirma que entre las partículas existen **fuerzas de atracción** que las mantienen unidas. Si no existiesen estas fuerzas de atracción, toda la materia se hallaría prácticamente en estado gaseoso.

Los sólidos

Un sólido, como el hierro, tiene forma y volumen fijos porque sus partículas están unidas por **grandes fuerzas de atracción**. Las partículas pueden **vibrar** alrededor de sus posiciones fijas, pero no cambiar de posición. Estas partículas se ordenan en las tres dimensiones del espacio, constituyendo una **red** o **retícula**.

Los líquidos

Los líquidos, como el agua, tienen volumen fijo, pero pueden fluir y adoptar cualquier forma. Esto se debe a que sus partículas están unidas entre sí, las fuerzas de atracción entre ellas son más débiles que en los sólidos y no pueden mantenerlas en posiciones fijas. En los líquidos no existe una retícula como en los sólidos, sino que las partículas se desplazan unas sobre otras en grupos, entre los que hay espacios libres.

Los gases

Los gases, como el oxígeno, el helio o el dióxido de carbono, no tienen volumen ni forma fija, sino queuyen sin dificultad y ocupan todo el espacio disponible. Esto se debe a que las **fuerzas de atracción** entre sus partículas son **mucho más débiles** que en los líquidos, llegando a ser, incluso, despreciables. De este modo, las partículas se pueden mover a gran velocidad en todas las direcciones, chocando entre sí y contra las paredes del recipiente que las contiene.

Actividades

■ ■ ■ ¿Cómo justifica la teoría cinética de la materia las características generales del estado sólido: masa, volumen y forma constantes?

■ ■ ■ Observa los dibujos de la materia en los tres estados. ¿Por qué se ha dibujado el líquido contenido en un recipiente y el sólido no? ¿Es prestando que el recipiente del líquido está cerrado? ¿Por qué se ha dibujado el gas en el interior de un recipiente cerrado?

Unidad 3

Figura 2: Texto Física y Química 3º de ESO. Oxford

4º Realización sobre la totalidad de la muestra (n=40) de los post-test (5 y 6), disponibles en el Anexo, donde se volvió a valorar el interés situacional y personal de los estudiantes sobre el contenido seleccionado. Tiempo disponible 10 minutos.

Estos post- test sirvieron para evaluar el interés situacional y si la sesión con el uso de tabletas o textos pudieron tener alguna incidencia en su interés personal por las Ciencias.

Día 3:

1º Realización sobre el total de la muestra (n=40) de un post-test (7), disponible en el Anexo. Las cuestiones fueron las mismas que las referentes al conocimiento y comprensión previa del pre- test (2) inicial. Tiempo disponible 30 minutos.

Este post-test sirvió para evaluar si la realización de estas intervenciones, a) recurso TIC en tableta o b) lectura de texto, dio lugar a algún cambio en su nivel de comprensión de la estructura de la materia y los cambios de estado.

Los aspectos que se han tenido en cuenta tanto para la evaluación de conocimientos previos como del nivel de comprensión adquirido son:

- a) Saber representar a nivel microscópico las diferencias entre los estados de agregación de la materia (sólido, líquido, gas).
- b) Conocer los cambios físicos que se producen en el cambio de estado, representarlos y reconocerlos tanto a nivel macroscópico como microscópico.
- c) Aplicar la comprensión de la naturaleza de la materia a la explicación de tareas cotidianas en los que se produce cambios de estado.

Con esta experiencia, se ha buscado responder a la pregunta ‘¿Se generan cambios en el interés situacional o en la motivación intrínseca en cada uno de los 2 casos?’ y realizar una primera aproximación a esta otra ‘¿en qué medida se produce algún cambio en el nivel de comprensión de la materia estudiada, que podría traducirse en un mayor aprendizaje significativo, tras utilizar el recurso TIC o el libro de texto?’

6. Resultados

A continuación se presentan los resultados obtenidos por parte de los alumnos de 3º de ESO, tras la realización del trabajo de campo propuesto y llevado a cabo durante tres sesiones consecutivas.

Los resultados según los objetivos propuestos son:

6.1. Interés personal previo en las Ciencias Naturales:

En la fase inicial de este estudio, se realizó un primer test, cuya finalidad fue evaluar el interés personal de los alumnos hacia la ciencia de forma global, medida indirecta de la motivación intrínseca. Para ello se preguntaron diversas cuestiones sobre la libre elección de actividades e intereses que se relacionan a continuación junto con los criterios de calificación.

Preguntas:

Pregunta 1. ¿Cuánto te gusta ir a museos de ciencias?

Criterio de evaluación interés personal:
1=muy interesante
2=bastante
3= ni mucho ni poco
4=poco
5=nada interesante

Pregunta 2. Si tus padres te dicen que elijas cuál de estas actividades quieres hacer un sábado por la tarde, elegirías...

Pregunta 3. Si por las tardes pudiera elegir qué canal poder ver en la televisión elegiría:...

Pregunta 4. Ordena las siguientes asignaturas de este curso. Di la que te gusta más independientemente de quién te la enseñe o de la nota que suelas sacar, sólo queremos saber cuánto te interesa el contenido de las asignaturas...

Criterio de evaluación preguntas 2, 3 y 4: Pon un 1 a la que elegirías en primer lugar, un 2 a la segunda, un 3 a la tercera y así sucesivamente...

Resultados:

Pregunta	Puntuación media
Museos	2,98
Actividad	4,10
Canal TV	3,68
Materias	2,55
Media	3,33

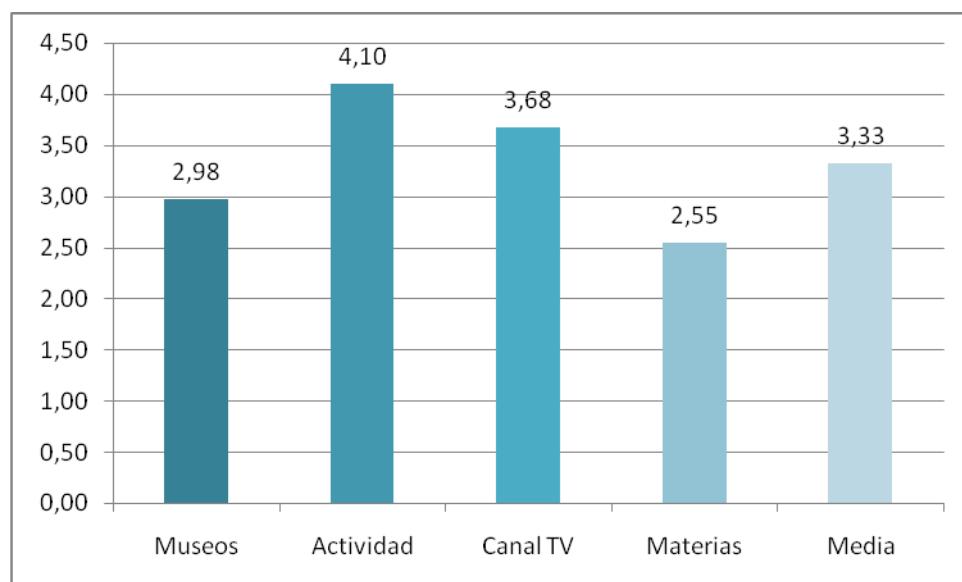


Gráfico 1. Puntuación media a las preguntas sobre Interés personal previo

Los resultados mostraron que, el 50% de los encuestados no mostraron ningún interés especial en acudir a museos de ciencias, siendo una minoría, el 7,5% los que declararon gustarle mucho acudir a dichos museos. En la misma línea de preferencias, encontramos que ningún alumno optó por ir a una exposición científica como su primera opción para el tiempo libre y tan solo un 5% afirmó que los prefiere ver un documental sobre descubrimientos científicos que cualquiera de los otros programas propuestos. No obstante, si mostraron cierto interés por la asignatura de Ciencias de la Naturaleza / Física y Química, elegida como primera opción por un 20% de los alumnos.

Analizando el valor global medio de todas las preguntas sobre el interés personal previo y tomando 3 como valor de interés medio hacia las ciencias, obtenemos un valor medio de 3,33 lo que indica que los alumnos no tienen especial interés personal hacia las ciencias, tendiendo hacia el poco interés.

6.2. Conocimiento previo estados de la materia y cambios de estado:

Mediante el segundo pre test se evaluó el conocimiento previo o nivel de comprensión de los diferentes estados de la materia y de los cambios de estado. Para ello se plantearon dos preguntas de tipo cualitativo, consideradas más adecuadas para evaluar el nivel de comprensión de los alumnos sobre los temas propuestos y dos de tipo cuantitativo.

Preguntas:

Pregunta 1. Dibuja o explica brevemente lo que verías si observaras con un microscopio: a) Una goma de borrar. b) Un vaso de agua. c) Un globo lleno de gas

Pregunta 2. Explica o dibuja que verías dentro de una olla a presión con caldo, en el momento en el que el vapor empieza a salir por la válvula de seguridad.

Criterio de evaluación conocimientos de la materia:
0=nula comprensión
1=atiso de comprensión
2=comprensión parcial
3=comprensión completa

Pregunta 3. ¿Afecta el aumento o disminución de la temperatura al movimiento de las partículas que forman una materia? a) A veces. b) No. c) Sí

Pregunta 4. Las partículas que conforman una materia en estado sólido:

- a) Tienen forma y volumen fijos y sus partículas no vibran.
- b) Tienen forma y volumen fijos y sus partículas vibran.
- c) Tienen forma fija, volumen variable y sus partículas vibran.

Pregunta 5. Las partículas de los gases:

- a) Tienen fuerzas de atracción fuertes y se mueven en todas las direcciones.
- b) Tienen fuerzas de atracción fuertes y permanecen estáticas.
- c) Tienen fuerzas de atracción débiles y se mueven en todas las direcciones.

Pregunta 6. ¿La materia es continua o discontinua?

- a) La materia es continua en cualquier estado, no hay huecos entre las partículas que conforman la materia.
- b) La materia es discontinua en cualquier estado, hay huecos entre las partículas que conforman la materia y permiten el movimiento de las mismas.
- c) En estado gaseoso la materia es discontinua, en el estado sólido y líquido la materia es continua.

Criterio de clasificación preguntas 3, 4, 5 y 6:

0=nula comprensión. Respuesta incorrecta
3=comprensión completa. Respuesta correcta

Resultados:

Pregunta	Puntuación media
Dibuja	1,18
Dibuja	1,28
Temperatura	2,13
Sólido	1,43
Gas	1,73
Materia	1,58
Media	1,55

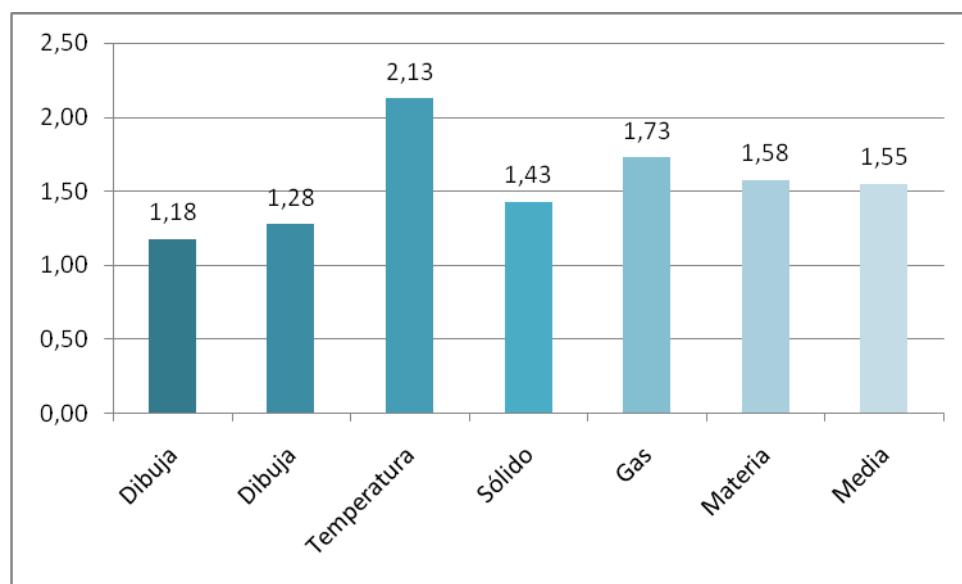


Gráfico 2. Puntuación media a las preguntas sobre el conocimiento previo

Los resultados de evaluación de conocimientos previos nos indican la escasa comprensión de la naturaleza de la materia y los cambios de estado, con el 72,5% de los alumnos que muestran una nula o un leve atisbo de comprensión sobre la pregunta número 1 sobre la composición de la materia y un 52,5% en la misma situación respecto a la pregunta número 2 sobre el cambio de estado.. La pregunta número 3 sobre el comportamiento cinético de la materia con la temperatura refleja en cambio un 70% de alumnos con comprensión completa. El resto de preguntas reflejan datos muy parejos entre aquellos alumnos que no comprenden las cuestiones planteadas y los que sí.

6.3. Interés situacional previo uso de tableta

Mediante los test de interés situacional previo al uso de tableta se evaluó el interés en la mitad de alumnos de clase (n=20) por realizar la actividad mediante el uso de tabletas. Para ello se elaboraron tres preguntas, dos de ellas con sentido opuesto para comprobar la coherencia en las respuestas y usamos la escala Likert de 1 a 5.

Preguntas:

Pregunta 1. Indica cuánto te apetece ahora mismo trabajar en esta tarea (sé sincero, no importan las respuestas, si que seas sincero/a):

Pregunta 2. Que vayamos a realizar la actividad en la tableta aumenta tu interés en lo que vamos a hacer:

Pregunta 3. Que vayamos a realizar la actividad en la tableta disminuye tu interés en lo que vamos a hacer:

Criterios de evaluación del interés situacional:
1=nada
2=poco
3= ni mucho ni poco
4=bastante
5=mucho

Resultados:

Pregunta	Puntuación media
¿Cuánto te apetece ahora mismo trabajar en esta tarea?	2,90
Que vayamos a trabajar con tableta, ¿aumenta tu interés en lo que vamos a hacer?	3,05
Que vayamos a trabajar con tableta, ¿disminuye tu interés en lo que vamos a hacer?	2,80
Media	2,92

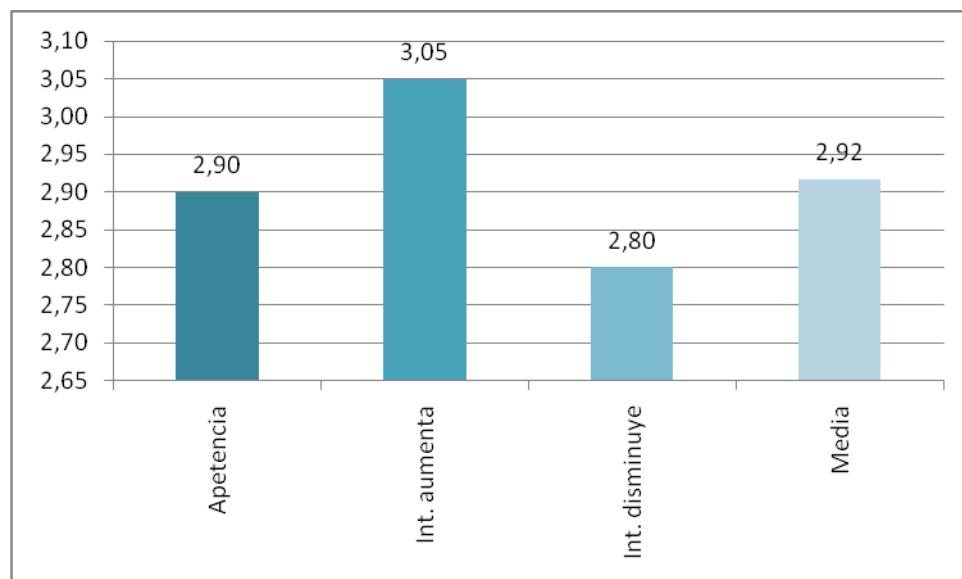


Gráfico 3. Puntuación media a las preguntas sobre interés situacional previo (tabletas)

La evaluación del interés situacional previo, nos refleja por un lado la escasa apetencia a trabajar en la actividad, con un 45% de alumnos que declaran poca apetencia a hacerlo. Este interés situacional, en el caso de la mención específica del uso de la tableta, presenta cierto repunte, alcanzando una la valoración media de 3.05, esto es, una mayoría de la opción ‘ni mucho, ni poco’, con un 30% de alumnos que confirman ‘mucho’ o ‘bastante’ en su interés por la sesión si se utilizan tabletas.

6.4 Interés situacional previo uso de texto

Mediante los test de interés situacional previo al uso de texto evaluamos el interés en la mitad de los alumnos de clase (n=20) por realizar la actividad mediante su lectura. Para ello se elaboraron las mismas cuestiones y criterios de puntuación que en el caso de tabletas.

Pregunta	Punt. Media
¿Cuánto te apetece ahora mismo trabajar en esta tarea?	2,50
Que vayamos a trabajar con libro de texto, ¿aumenta tu interés en lo que vamos a hacer?	2,60
Que vayamos a trabajar con libro de texto, ¿disminuye tu interés en lo que vamos a hacer?	2,90
Media	2,67

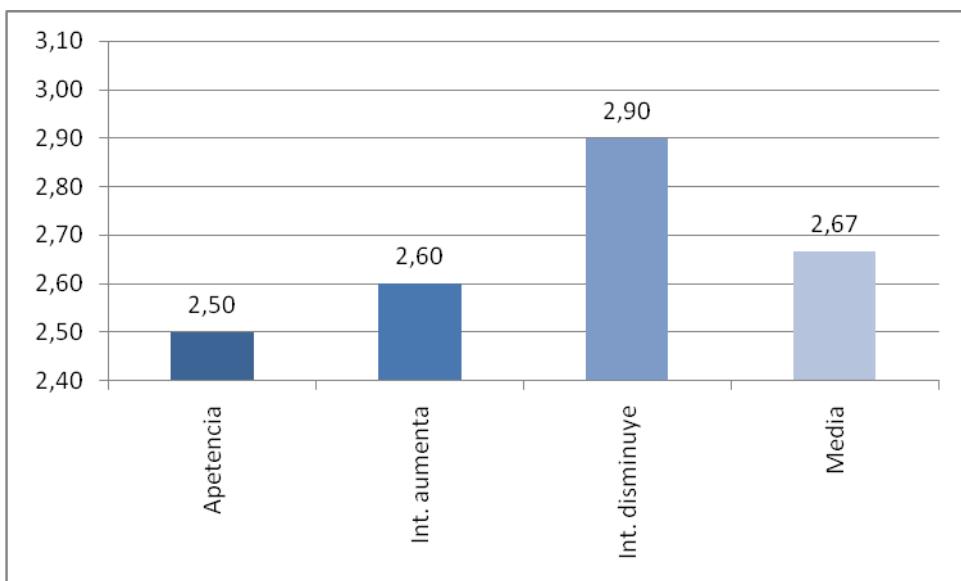


Gráfico 4. Puntuación media a las preguntas sobre interés situacional previo (texto)

La evaluación del interés situacional previo a la realización de la actividad mediante la lectura de los textos, nos refleja que un 55% de los alumnos muestran poca o nula apetencia por realizar la actividad, cifra aún mayor que con el uso de la aplicación de software, bajando la media del valor 2,90 de las tabletas al 2,50 del texto. También contrasta el menor porcentaje de alumnos que declaran aumentar su interés mucho o bastante por el uso de texto, un 15%, en comparación con el 30 % por el uso de tabletas analizado anteriormente.

6.5 Interés situacional posterior uso de tableta:

A través de los post test realizados tras la ejecución de las tareas se observan las posibles variaciones en el interés de los educandos. A tal fin se plantearon las siguientes preguntas que fueron evaluadas mediante una escala Likert de 1 a 5.

Pregunta 1. ¿Cuánto te ha gustado la clase de hoy?

Pregunta 2. ¿Te ha parecido interesante?

Pregunta 3. ¿Qué es lo que más te ha gustado? a) Usar la tableta. b) Saber por qué pasan fenómenos que encuentro habitualmente en mi vida cotidiana.

Pregunta 4. ¿Crees que esta clase ha contribuido a aumentar tu interés por la Química?

Pregunta 5. ¿Crees que esta clase ha contribuido a aumentar tu interés por la Ciencia?

Criterios de evaluación del interés situacional:
1=nada
2=poco
3= ni mucho ni poco
4=bastante
5=mucho

Resultados:

Pregunta	Punt. Media
¿Cuánto te ha gustado la clase de hoy?	3,30
¿Te ha parecido interesante?	3,30
¿Lo que más te ha gustado? Usar la tableta	2,65
¿Lo que más te ha gustado? Saber por qué pasan cosas vida cotidiana	3,85
¿Crees que esta clase ha contribuido a aumentar tu interés por la química?	3,25
¿Crees que esta clase ha contribuido a aumentar tu interés por la ciencia?	3,15
Media	3,25

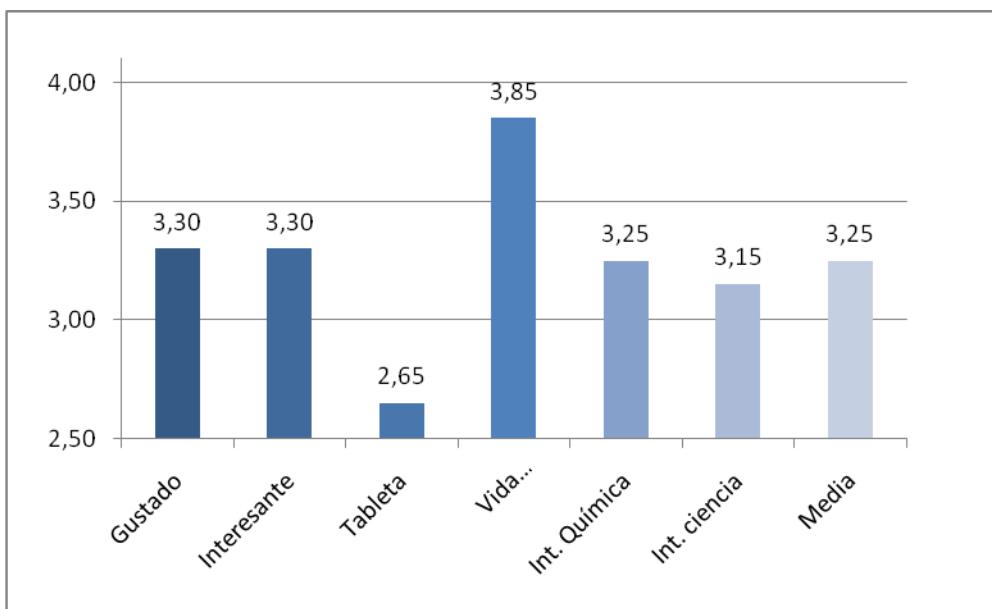


Gráfico 5. Puntuación media a las preguntas sobre interés situacional posterior (tableta)

En la valoración del interés de los alumnos tras el uso de las tabletas, se observa que prácticamente todos los índices superan el 3 siendo destacable el número de alumnos, un 30%, que señalan haberles gustado la actividad, subiendo hasta el 40% los que señalan que les ha parecido interesante. Resulta interesante destacar la valoración media de la pregunta 3, un 2,65, con un 50% de estudiantes que señalan que usar la tableta no es lo que más les ha gustado. Igualmente interesante resulta constatar el moderado aumento del interés por la química tras haber realizado la actividad, hasta un 3,25, lo cual se ve confirmado por un 50% de los alumnos.

6.6 Interés situacional posterior uso de texto:

A través de los post test realizados tras la ejecución de las tareas se observan las posibles variaciones en el interés de los alumnos. A tal fin se plantearon las mismas preguntas que en el caso del post test de interés situacional tras el uso de las tabletas, evaluándose también con los mismos criterios.

Resultados:

Pregunta	Punt. Media
¿Cuánto te ha gustado la clase de hoy?	3,10
¿Te ha parecido interesante?	3,00
¿Lo que más te ha gustado? Leer los textos	2,55
¿Lo que más te ha gustado? Saber por qué pasan cosas vida cotidiana	3,50
¿Crees que esta clase ha contribuido a aumentar tu interés por la química?	2,75
¿Crees que esta clase ha contribuido a aumentar tu interés por la ciencia?	2,65
Media	2,93

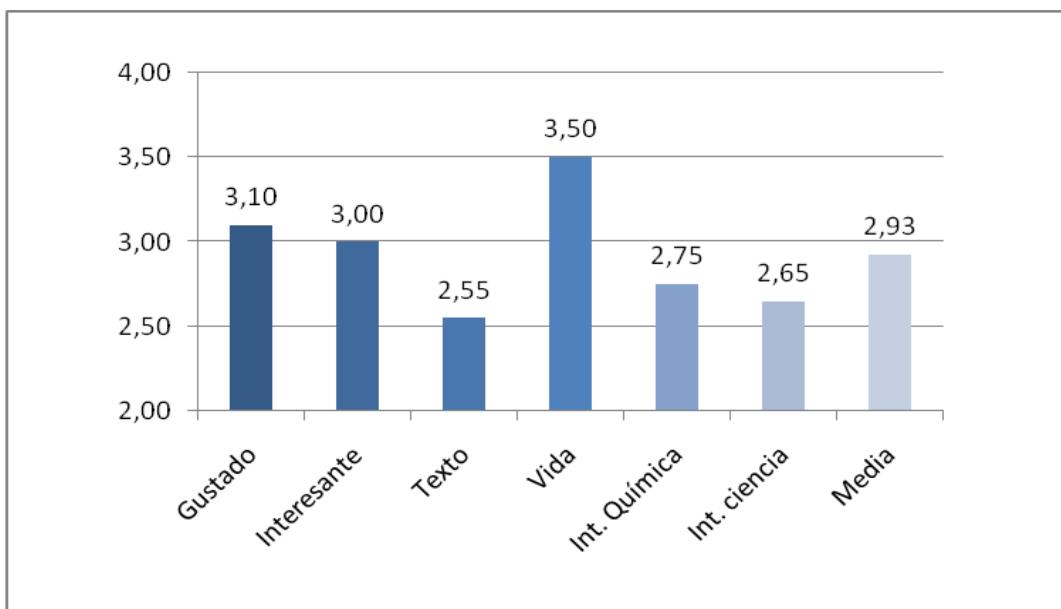


Gráfico 6. Puntuación media a las preguntas sobre interés situacional posterior (texto)

En la valoración del interés de los alumnos tras el uso de textos, se observan valores inferiores a 3, con la salvedad del interés mostrado en el entendimiento de los sucesos que ocurren en la vida cotidiana que alcanza una valoración de 3.5. En cambio son menos los que declaran un aumento en su interés por la química o las ciencias tras haber realizado la tarea. En este sentido es un 40% de los alumnos los que declaran haber aumentado poco o nada su interés por la química tras realizar el ejercicio.

6.7 Comprensión y conocimiento posterior al uso de la tableta:

La realización de este post test ha tenido como finalidad evaluar la variación en la comprensión de los conceptos de los estados de la materia y de los cambios de estado tras haber realizado la actividad con la aplicación interactiva propuesta. Las preguntas planteadas así como los criterios de calificación han sido los mismos que los utilizados para evaluar los conocimientos previos.

Resultados:

Pregunta	Puntuación media de la pregunta
Dibuja	1,95
Dibuja	1,00
Temperatura	2,55
Sólido	2,25
Gas	2,40
Materia	1,50
Media	1,94

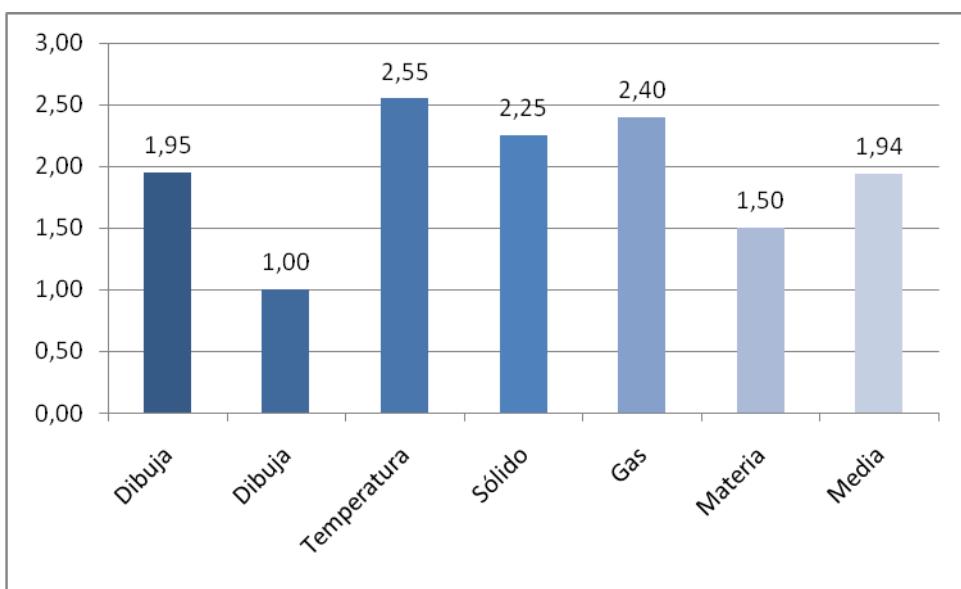


Gráfico 7: Puntuación media a las preguntas sobre comprensión adquirida (tableta)

En la evaluación del conocimiento o nivel de comprensión de la materia trabajada mediante aplicación en tableta, se observan valores levemente superiores o cercanos al 2, lo que se traduce en una comprensión parcial pero no completa de los temas cuestionados, con la excepción de la pregunta 2 y la pregunta 6, cuya comprensión es nula o escasa para el 75 y 50% de los estudiantes respectivamente.

6.8 Comprensión y conocimiento posterior uso texto:

Se realizarán las mismas cuestiones y se aplicarán los mismos criterios que el post test realizado tras la realización de la actividad con las tabletas.

Resultados:

Pregunta	Puntuación media de la pregunta
Dibuja	1,85
Dibuja	0,90
Temperatura	2,55
Sólido	1,95
Gas	2,10
Materia	1,20
Media	1,76

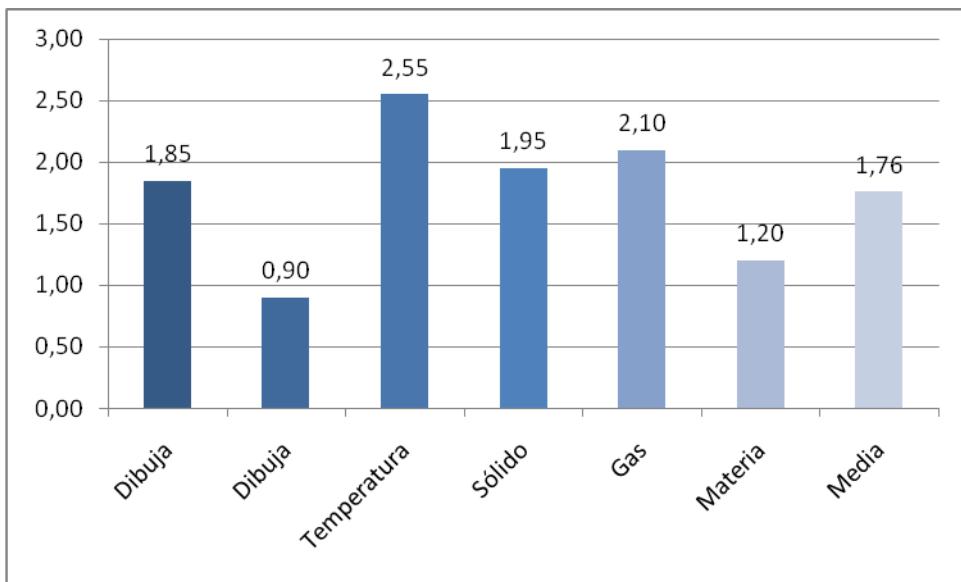


Gráfico 8: Puntuación media a las preguntas sobre comprensión adquirida (texto)

En la evaluación del conocimiento o nivel de comprensión de la materia trabajada mediante la lectura de libro de texto, se obtienen valores cercanos o algo inferiores al 2, lo que indica un atisbo de comprensión o comprensión parcial de los temas cuestionados. De nuevo se observan valores medios cercanos a 1 en las cuestiones 2 y 6, lo que significa que un elevado número de alumnos, 80 y 60% respectivamente, los cuales no comprenden el tema cuestionado.

7. Discusión

A partir de los datos obtenidos a partir de los test realizados se pueden desgranar varias consideraciones generales.

En primer lugar, resaltar el inapreciable incremento en el interés personal causado por la realización de la tarea propuesta respecto al inicial, ya fuera con la aplicación interactiva o con la lectura de texto. Este dato más que contradecir los datos aportados por Korte & Husing (2006) sobre la consideración, por parte de un elevado porcentaje de profesores europeos, de que los estudiantes incrementan su motivación mediante el uso de la TIC, podría sustentar las opiniones de Passey et al. (2004), quienes entre sus estudios detallados de la influencia del uso de las nuevas tecnologías en la motivación, concluyeron que la sola presencia del recurso no es suficiente para lograrla, sino que su uso debe ir acompañado de las adecuadas orientaciones y directrices por parte de los docentes.

Resulta algo más relevante la comparación de los datos obtenidos en cada una de las dos intervenciones, aplicación multimedia en tableta frente a texto escrito, atendiendo a su incidencia en el interés situacional previo de los estudiantes hacia el trabajo, resultando mayor el interés hacia el recurso TIC, aunque no de manera tan concluyente como se podría esperar. Esto podría ser debido a que los estudiantes que participaron en el estudio ya están habituados al uso de aplicaciones interactivas a través de tabletas, ya que es su medio habitual de aprendizaje, reduciéndose de esta manera el posible efecto de novedad y curiosidad hacia su uso.

Si se atiende a los datos de interés posterior y grado de satisfacción en la realización de la actividad, también se encuentra cierta diferencia a favor del empleo del recurso multimedia frente al texto escrito. Estos datos sustentarían las teorías que defienden un mayor grado de satisfacción y eficacia en aquellas actividades que permiten a los alumnos cierto grado de interactividad y control en la tarea de su aprendizaje (Amory et al., 1999; Finlay, 2001).

Con los test de evaluación de los conocimientos previos y adquiridos, lo que se pretende es conocer el nivel de comprensión de los estados de agregación de la materia y el cambio de estado a nivel microscópico. Concretamente, lo se trata es evaluar el aprendizaje de cómo relacionan el nivel macroscópico, cambios físicos que se pueden ver a este nivel, con el nivel microscópico. El pre test de conocimientos arroja unos resultados concluyentes sobre la dificultad de los alumnos para reconocer la estructura microscópica de la materia y su comportamiento en los

diferentes estados de agregación. Estos resultados son consistentes con los estudios realizados por Fonseca & Trindade, 2005; Gomez Crespo, 2005; Gómez Crespo, Pozo, & Gutiérrez Julián, 2004 y Nahkleh et al., 2005.

También se constata a partir de los resultados del pre test de conocimientos, la existencia de numerosas ideas previas erróneas en los educandos, procedentes de concepciones experimentales y macroscópicas de la materia, tal como detallan en sus trabajos numerosos investigadores. (Gabel, 1999; Horton, 2007; Kind, 2004; Stavy & Tirosh, 2000). De este modo, se pudieron encontrar afirmaciones como “la materia en estado gaseoso es discontinua pero en estado líquido y sólido es continua”.

También en este caso de evaluación de conceptos o grado de comprensión, más que una comparación pre test-pos test, se ha considerado interesante desarrollar brevemente una comparación inter-condiciones, esto es, entre los resultados obtenidos tras el uso de aplicación de software en tableta y tras la lectura del texto.

En relación al pre-test de conocimientos previos el 72,5% de los alumnos mostraron no comprender la pregunta número 1 y la pregunta número 2 sobre la composición de la materia y el cambio de estado. Estas cuestiones probablemente sean la que requieren un mayor de esfuerzo de abstracción y comprensión del estado de la materia y el cambio de estado a nivel microscópico.

En el post-test, el análisis de estos datos nos indica que en todas las preguntas planteadas, se obtuvieron mejores resultados medios en aquellos alumnos que usaron la tableta en lugar de la lectura de texto. Al detalle, se observó que las preguntas 1, 5 y 6 continúan sin comprenderse del todo. La pregunta número 3 sobre el comportamiento cinético de la materia con la temperatura sin embargo, reflejó un cambio de un 70% de alumnos con comprensión completa, lo cual puede interpretarse porque es un concepto más sencillo de comprender desde un punto de vista intuitivo

La diferencia mayor en relación a la comprensión se encuentra en los resultados de las cuestiones 4 y 5 cuando se utilizó la tableta. Una posible explicación podría derivarse de la naturaleza de dichas cuestiones, cuyos contenidos están relacionados con el movimiento de las partículas. En este aspecto, parece deducirse que la visualización dinámica de la aplicación de software utilizada, podría conseguir una mayor comprensión que la conseguida a través de textos estáticos.

8. Conclusiones

Partiendo de los objetivos que se han propuesto y alcanzado mediante investigación bibliográfica y trabajo de campo, se establecen las siguientes conclusiones:

- La propagación de las TIC crece constantemente a nivel mundial, con crecimientos especialmente significativos en determinadas tecnologías y sectores de población.
- El desarrollo de estos recursos TIC en el en ámbito de la Educación es un hecho cada vez más extendido.
- Existen líneas de investigación de TIC como aproximación metodológica –de tipo constructivista- en sí mismas y como meras herramientas.
- Las principales funciones que las TIC pueden aportar a la educación son: desarrollo de la autonomía; la metacognición y autorregulación del aprendizaje; el desarrollo del trabajo colaborativo, de actividades que fomentan la iniciativa y el pensamiento divergente; el facilitar la creación y uso de informes, mapas conceptuales, modelos virtuales, gráficos, y herramientas de comunicación.
- Los criterios de idoneidad de los recursos TIC para que estos alcancen toda su potencialidad en el ámbito educativo son: la flexibilidad, la facilidad de uso, la interactividad y la generación de afectividad.
- En relación a las ciencias experimentales las características de las TIC incluyen: representaciones gráficas o audiovisuales de conceptos y modelos abstractos, acceso a la investigación científica y a las bases de datos reales, contacto con científicos y la incorporación de laboratorios y simuladores virtuales.

Tras la realización de un trabajo de campo, para analizar como un recurso educativo de software puede ayudar a comprender conceptos complejos, como el del estado de la materia y cambios de estado, se llegó a las siguientes conclusiones:

- El recurso de software por sí mismo, en una sola sesión, no produce cambios significativos en el interés situacional y personal de los alumnos.
- Se produce una mayor motivación y satisfacción por el uso de una aplicación de software que por el uso de una herramienta tradicional como es un libro de texto, aunque el efecto tiende a diluirse en la medida que el uso de las nuevas tecnologías deja de ser novedoso.
- El uso de la aplicación interactiva ayudar en mayor medida que el recurso texto a la comprensión de los conceptos más complejos relacionados con las características microscópicas y cinéticas de la materia.

9. Limitaciones del estudio

9.1. Limitaciones del estudio teórico

Tras la revisión de algunas de las investigaciones analizadas sobre la utilización de recursos TIC en la educación y cómo estos influyen en los procesos de aprendizaje, encontramos una gran diversidad de métodos de investigación cuyos resultados son divergentes. Tanto desde el punto de vista pedagógico como el psicológico, parece evidenciarse una gran dificultad de poder trasladar los resultados experimentales obtenidos en las investigaciones, al mundo real de las escuelas y los hogares. Surgen por tanto bastante controversia, no sólo por los resultados obtenidos, sino también por los métodos de investigación empleados. (De Jong, 2010; Rieber, 2005).

Existe actualmente entre los investigadores de educación un debate sobre qué constituye una investigación científica, que alcanza interés adicional en el campo de las aplicaciones multimedia, debido al incremento del uso de investigaciones cualitativas y la tendencia emergente hacia los diseños experimentales.

Frente a la fortaleza de los diseños experimentales cuantitativos, en los que tan solo una variable es estudiada, teniendo control sobre todas las demás, aparecen críticas, fundamentalmente en la extrapolación de los resultados obtenidos a partir de un entorno controlado, al variable y desordenado mundo de los centros educativos. La duración de este tipo de pruebas suele ser cortos períodos de tiempo (alrededor de 90 minutos de media) en ocasiones durante varias sesiones a lo largo de varias semanas, lo que favorece la aparición de mayores factores de confusión.

Por otro lado las investigaciones cualitativas presentan el riesgo de la posible parcialidad del investigador, a favor o en contra de la innovación, además de la posibilidad de la obtención de conclusiones erróneas si el tamaño de muestra es demasiado pequeño para ser representativo de la totalidad. (Rieber, 2005)

Otra limitación para las investigaciones sobre la influencia de los recursos TIC en la motivación y el aprendizaje es la dificultad para el investigador de percibir cuando dicho recurso es deficiente en su diseño o implementación para los objetivos buscados. Ello puede originar resultados erróneos, siendo imprescindible buscar una unión entre el componente humano y el componente tecnológico. (Salomon, Perkins, & Globerson, 1991)

9.2. Limitaciones del trabajo de campo teórico

Los test han sido realizados por alumnos de 3º de ESO, en uno de sus primeros días del comienzo del curso, por lo que el contenido propuesto para la prueba no se ajustó temporalmente a la programación curricular planificada para este curso. Por tanto cabe esperar un menor nivel de respuesta en el conocimiento previo y la capacidad de aprendizaje de estos contenidos por el factor de descontextualización.

Otra limitación que debe ser considerada es la dificultad de evaluar un aprendizaje significativo o una comprensión profunda en una sola sesión ya sea mediante lectura de texto o uso de aplicación interactiva. A pesar de haberse intentado, distanciar en el tiempo la actividad de la realización del post test de conocimientos, y haber incluido preguntas de concepto, los datos obtenidos podrían indicar más el grado de comprensión lectora (recuerdo de información) que de comprensión conceptual o de aprendizaje significativo.

Por otro lado no ha sido posible contar con test validados para el control de los factores de interés situacional y personal por lo que las conclusiones de los resultados obtenidos, a través de medidas de auto informe, no pueden ser más que aproximaciones muy superficiales a un estudio más riguroso sobre el modo en que la motivación intrínseca pudiera verse afectada. No parece riguroso esperar obtener una medida fiable del cambio de interés hacia la materia tratada o la química en general por la simple realización de una sola prueba de 50 minutos de duración.

Se debe tener también en cuenta que el pequeño número de estudiantes que realizaron las pruebas, 40, no es extrapolable al total de la población.

Otro aspecto a destacar es el hecho de que los estudiantes que hicieron las actividades, usan las tabletas como herramienta de trabajo de manera habitual, lo cual no suele ser lo más frecuente en las escuelas. Esta circunstancia podría tener relevancia como efecto mitigador de la posible motivación que el uso de estas tecnologías suele causar en los adolescentes.

El trabajo de campo llevado a cabo en esta investigación, cuenta con la limitación además de haberse tenido que realizar en un muy corto periodo de tiempo, debido a que el grueso del trabajo de investigación ha coincidido con el periodo estival, fecha en la que los alumnos sujetos de las pruebas, se encuentran en su periodo vacacional.

10. Prospectiva

Atendiendo a las limitaciones antes enunciadas encontradas en el estudio bibliográfico de las investigaciones llevadas a cabo, parece recomendable que cualquier investigación futura sobre la utilización de las TIC se realice por combinación de diferentes métodos cualitativos y cuantitativos, desde aproximaciones de investigaciones de su diseño de forma que se pueda hacer el salto de TIC a TAC. En este sentido Rieber (2005) y Kozma & Russell (2004) pronostican futuras investigaciones sobre el diseño, con el fin de determinar las posibles combinaciones de los diferentes recursos multimedia para el aprendizaje de las ciencias son más adecuados, animaciones, imágenes o modelos, etc. Sería interesante realizar un estudio en mi entorno a tal efecto.

Concretando más en las investigaciones de diseño, se abre una línea de investigación interesante mediante el estudio de la motivación y el comportamiento ante el aprendizaje, para establecer el nivel de relación que pueda tener el diseño de los recursos multimedia en el estado afectivo y por ello en el interés y la persistencia, y estas a su vez en el rendimiento del alumno (Mayrath, Nihalani, Torres, & Robinson, 2011). La línea de investigación relacionada con la informática afectiva y la bio reacción, esto es, el reconocimiento de las emociones, a través de expresiones faciales, señales fisiológicas, el habla, etc. o en menor grado de desarrollo a través de autocorrecciones y observaciones, tiene un gran potencial de desarrollo (Akbiyik, 2010). En este sentido, sería provechoso extender este estudio a más clases y otros centros con una aplicación menos habitual de TIC. Sería conveniente además en el entorno de mi alumnado, realizar estudios con otras TIC, o con las actuales utilizando otras estrategias de aprendizaje como el trabajo cooperativo.

Por último, entre las muchas líneas futuras que se abren en cualquiera de los campos en los que las TIC están relacionadas, por su inherente carácter de innovación, cambio y continua evolución, se podría destacar una continuación de las investigaciones sobre las características de textos, imágenes y animaciones en 2D pero también un rápido comienzo de las investigaciones sobre tecnologías multimedia en 3D y de realidad aumentada o inmersiva. De otra manera “se correrá el riesgo de repetir el problema encontrado en las investigaciones de la interacción hombre-máquina, en la que cuando los psicólogos conseguían conocer prácticamente todo sobre la psicología del interfaz de un comando, esta ya había desaparecido” (Reimann, 2003).

11. Referencias bibliográficas

- Union Internacional de Telecomunicaciones. (2011). Measuring the Information Society.
- Akbiyik, C. (2010). ¿Puede la informática afectiva llevar a un uso más efectivo de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) en la Educación? *Revista de Educación*, 352, 179-202.
- Amory, A., Naicker, K., Vincent, J., & Adams, C. (1999). The use of computer games as an educational tool: Identification of appropriate game types and game elements. *British Journal of Education Technology*, 30 (4), 311-321.
- Astleitner, H. (2000). Designing emotionally sound instruction: The FEASP-approach. *Instructional Science*, 28, 169-198.
- Balanskat, A., Blamire, R., & Kefala, S. (2006). *The ICT Impact Report A review of studies of ICT impact on schools in Europe*. European Schoolnet.
- Barros, B., & Verdejo, M. F. (2001). Entornos para la realización de actividades de aprendizaje colaborativo a distancia. (D. d. (U.N.E.D.), Ed.) *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, 5 (12), 39-49.
- Bell, D. (1973). *El Advenimiento de la sociedad post - industrial. Un intento de prognosis social*. Madrid: Alianza Universidad.
- Brown, A. (1997). Transforming Schools into communities of thinking and learning about serious matters. *American Psychologist*, 52, 399-413.
- Cabero, J. (2008). *Las TICs en la enseñanza de la química: aportaciones desde la Tecnología Educativa*. Murcia: En Bodalo A y otros (eds.) (2007): Química: vida y progreso. Asociacion de Químicos de Murcia.
- Cataldi, Z., Donnamaría, M. C., & Lage, F. J. (2009). Didáctica de la química y TICs: Laboratorios virtuales, modelos y simulaciones como agentes de motivación y cambio conceptual. *TEyET*, 80-89.
- Chadler, P., & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and instruction*, 8, 293-332.
- Claro, M. (2010). *Impacto de las TIC en los aprendizajes en los estudiantes. Estado del arte*. CEPAL. Santiago de Chile: Naciones Unidas.

Coll, C. (2004). Psicología de la educación y prácticas educativas mediadas por las tecnologías de la información y la comunicación. Una mirada constructivista. *Revista Electrónica Sinéctica* , 1-24.

Cox, M., & Marshall, G. (2007). Effects of ICT: Do we know what we should know? *Education and Information Technologies* , 12 (2), 59-70.

Cox, M., Abbott, C., Webb, M., Blake, B., Beauchamp, T., & Valerie, R. (2003). ICT and attainment: A review of research literature. *ICT in Schools Research and Evaluation Series No.17* , 1-37.

De Jong, T. (2010). Cognitive load theory, educational research and instructional design: some food for thought. 38 (2), 105-134.

Finlay, J. (2001). Preliminary review and evaluation criteria for distance learning technology. E-DiLeMa: E-resources and Distance Learning Management (Minerva Project no. 90683-CP-1-200).

Fonseca e Trindade, J. (2005). Improving Physics learning with virtual environments: an example on the phases of water. *Interactive Educational Multimedia*, 11 (October 2005) , 212-226.

Fundación Pfizer. (2009). *La juventud y las redes sociales en Internet*. Madrid: Fundación Pfizer.

Gabel, D. (1999). Improving Teaching and Learning through Chemistry Education Research: A Look to the Future. *Journal of Chemical Education*, 76 (4) , 548-554.

Gaite, M. (s.f.). *Iniciación interactiva a la materia*. (M. d. Deporte, Ed.) Recuperado el 20 de Septiembre de 2012, de:

http://ntic.educacion.es/w3/eos/MaterialesEducativos/mem2004/iniciacion_interactiva_materia/index.html

Gomez Crespo, M. A. (2005). E.A.O. y enseñanza de los modelos microscópicos en química. *Enseñanza de las Ciencias* (Número Extra).

Gómez Crespo, M. Á., Pozo, J. I., & Gutiérrez Julián, M. S. (2004). Enseñando a comprender la naturaleza de la materia: el diálogo entre la química y nuestros sentidos. *Educación Química* , 15 (3), 198-209.

Gonzalez, M. (2007). Definición y clasificación de los medios de enseñanza. En J. Cabrero (Coord.). *Tecnología Educativa* , 47-65.

Gozález, C. S., & Blanco, F. (2008). Emociones con videosjuegos: Incrementando la motivación. *Revista Electrónica Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*. Vol. 9, 3, 69-92.

Hernández Requena, S. (2008). El modelo constructivista con las nuevas tecnologías: aplicado en el proceso de aprendizaje. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC)*. 5, 2., 26-35.

Horton, C. (2007). *Student alternative conceptions in chemistry*. (C. J. Education, Ed.) Recuperado el 12 de Julio de 2012, de Action Research, Resources, Equipment for the Modeling Classroom: at <http://modeling.asu.edu/Projects-Resources.html>

Instituto de Evaluación y Asesoramiento Educativo. Neturity. (2007). *Informe sobre la implantación y el uso de las TIC en los centros docentes de primaria y secundaria (curso 2005- 2006) Informe abreviado*. Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia.

Instituto de Tecnologías Educativas. (2011). *Competencia Digital*. Madrid: Ministerio de Educación.

Instituto Nacional de Estadística. (2010). *Indicadores del Sector TIC. Informe metodológico*. Instituto nacional de estadística. Madrid: INE.

Instituto Nacional de Estadística. (2011). *Perfil sociodemográfico de los internautas, análisis de datos INE 2010*. Observatorio Nacional de las Telecomunicaciones y la SI. Madrid: Instituto Nacional de Estadística.

Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado. (2012). *Resumen Informe Horizon 2012. Enseñanza Primaria y Secundaria*. Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado. Madrid: Ministerio de Educación Cultura y Deporte.

International Telecommunication Union. (2008). *Use of information and communication technology by the world's children and youth. A statistical compilation*.

Jones, L. L., Jordan, K. D., & Stillings, N. A. (2005). Molecular visualization in chemistry education: the role of multidisciplinary collaboration. *Chemistry Education Research and Practice*, 6 (3), 136-149.

Kind, V. (2004). *Beyond Appearances: Students' misconceptions about basic chemical ideas*. Recuperado el 12 de Julio de 2012, de:
http://www.rsc.org/images/Misconceptions_update_tcm18-188603.pdf

Korte, W. B., & Husing, T. (2006). *Benchmarking Access and Use of ICT in European Schools 2006: Results from Head Teacher and A Classroom Teacher*. Lisboa: Comisión Europea- Empirica.

Kozma, R., & Russell, J. (2004). Multimedia Learning of Chemistry. En R. Mayer (Ed.). New York: Cambridge Handbook of Multimedia Learning.

Krejinsa, K., Kirschnerb, P. A., & Jochemsb, W. (2003). Identifying the pitfalls for social interaction in computer-supported collaborative learning environments: a review of the research. *Computers in Human Behavior* 19 , 335–353.

Lamon, M., Chan, C., Scardamalia, M., Burtis, M., & Brett, C. (1993). Beliefs about learning and constructive processes in reading:Effects of a computer supported intentional learning environment. *Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association*. Atlanta.

Lehetinen, E., Hakkainen, K., Lipponen, L., Raikinen, M., & Muukkonen, H. (1999). Computer Supported Collaborative Learning. A Review.
<http://www.comlab.hut.fi/opetus/205/etatehtava1.pdf>

Lopez Gracia, M., & Morcillo, J. G. (2007). Las TIC en la enseñanza de la Biología en la educación secundaria: los laboratorios virtuales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* , 6 (3), 562-576.

Lozano, R. (12 de Enero de 2011). *Grupo ThinkEPI Estrategia y Prospectiva de la Información*. (UOC, Ed.) Recuperado el 7 de Agosto de 2012, de Las 'TIC/TAC': de las tecnologías de la información y comunicación a las tecnologías del aprendizaje y del conocimiento: <http://www.thinkepi.net/las-tic-tac-de-las-tecnologias-de-la-informacion-y-comunicacion-a-las-tecnologias-del-aprendizaje-y-del-conocimiento#n2>

Marqués, P. (2000). *Las TIC y sus aportaciones a la sociedad*. (Universidad Autónoma de Barcelona) Recuperado el 14 de Julio de 2012, de DIM:
<http://peremarques.pangea.org/tic.htm>

Mayer, R. E., Heiser, J., & Lonn, S. (2001). Cognitive Constraints on Multimedia Learning: When Presenting More Material Results in Less Understanding. *Journal of Educational Psychology* , 93 (1), 187-198.

Mayer, R. (2001). *Multimedia Learning*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Mayer, R. (2003). The promise of multimedia learning: using the same instructional design methods across different media. *Learning and Instruction* 13 , 125-139.

Mayer, R. (2005). Cognitive Theory of Multimedia Learning. En *Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (págs. 31-48). Cambridge University Press.

Mayrath, M. C., Nihalani, P. K., Torres, L. G., & Robinson, D. h. (2011). Varying Tutorial Modality and Interface Restriction to Maximize Transfer in a Complex Simulation Environment. *Journal of Educational Psychology* , 103 (2), 257–268.

Ministerio de Ciencia y Tecnología. (Ed. 2003). *La Sociedad de la Información en el siglo XXI: un requisito para el desarrollo*. Madrid: Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Morales, C. e. (2006). *Immersive Chemistry Video Game*. ACM SIGGRAPH 2006 Educators Program, Boston.

Moreno, R., & Mayer, R. E. (2000). Engaging Students in Active Learning: The Case for Personalized Multimedia Messages. *Journal of Educational Psychology* , 92 (4), 724-733.

Nahkleh, M. B., Samarapungavan, A., & Saglam, Y. (2005). Middle School Students' Beliefs About Matter. *Journal of Research in Science teqaching*, 42, (5) , 581-612.

Observatorio Nacional de las Telecomunicaciones y de la SI. (2011). *La Sociedad en Red. Informe Anual*. ONTSI. Madrid: Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Gobierno de España.

OCDE. (2010). *Are the New Millennium Learners Making the Grade?: Technology Use and*. Paris: OCDE.

ONTSI. (2012). La Sociedad en Red. InformeAnual 2011. ONTSI .

Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación la Ciencia y la Cultura. (2007). XVII Conferencia Iberoamericanas de Educación. *Cumbres y Conferencias Iberoamericanas*. Valparaiso.

Organización de Naciones Unidas. (2005). Cumbre mundial sobre la Sociedad de la Información. *Compromiso de Túnez*. Túnez: ONU.

Organización de Naciones Unidas. (2003). Declaración de Principios de la Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información. *Construir la Sociedad de la Información: un desafío para el nuevo milenio*. Ginebra: ONU.

Paivio, A. (1986). Mental representations: A dual coding approach. Oxford, UK: Oxford University Press.

Passey, D., Rogers, C., Machell, J., & McHugh, G. (2004). *The Motivational Effect of ICT on Pupils*. Lancaster University. Lancaster: Department of Educational Research.

Pérez Moreno, J. G. (2003). Plataformas digitales y sus fracturas digitales. *Revista Complutense de Educación*, 14, (2), 563-588.

Pintrich, P., & Schunk, D. (2006). *Motivación en contextos educativos. Teoría, investigación y aplicaciones* (2^a ed.). (M. Limón, Trad.) Madrid: Pearson Educación, S.A.

Piñar, I. (2010). *Física y Química 3º de ESO. Proyecto Adarve*. Madrid: Oxford University Press.

Pontes, A. (2005). Aplicaciones de las tecnologías de la información y la comunicación en la educación científica. Primera parte: Funciones y recursos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2 (1), 2-18.

Prensky, M. (2001). Digital Natives, Digital Immigrants Part 1. *On the Horizon*, 9, 5, 1-6.

Ramboll Management . (2006). Elearning Nordic 2006: Impact of ICT on Education. Denmark.

Reeves, T. (2008). Evaluation of the Design and Development of IT Tools in Education. En J. Voogt, & G. Knezek (Edits.), *International Handbook of Information Technology in Primary and Secondary Education* (págs. 1037-1051).

Reimann, P. (2003). Multimedia learning: beyond modality. *Learning and Instruction*, 13, 245-252.

Rieber, L. P. (2005). Multimedia Learning in Games, Simulations, and Microworlds. En R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (págs. 549-567). New York: Cambridge University Press.

Ríos, L. R., López, E., Lesca, M., Hernández, A., & García, A. (2007). Los mapas conceptuales, las TIC y el e-learning. *Revista Iberoamericana de Educación*, 42 (7), 1-8.

Rodriguez, P., Nussbaum, M., & Dombrovskia, L. (2012). Evolutionary development: a model for the design, implementation and evaluation of ICTs for education programs. *Journal of Computer Assisted Learning*, 28 (2), 81-98.

Rosado, L., & Herreros, J. (2005). Nuevas aportaciones didácticas de los laboratorios virtuales y remotos en la enseñanza de la Física. *Recent Research Developments in Learning Technologies* , 1-5.

Ryser, G. R., Beeler, J. E., & McKenzie, C. M. (1995). Effects of A Computer-Supported Intentional Learning Environment (CSILE) on Students' Self-Concept, Self-Regulatory Behavior, and Critical Thinking Ability. *Journal of Educational Computing Research Volume 13, Number 4* , 375-385.

Sáez López, J. M. (2010). Análisis de la aplicación efectiva de la metodología constructivista en la práctica pedagógica en general y en el uso de las TIC,s en particular. *XXI, Revista de Educación*, 12 , 261-270.

Salomon, G., Perkins, D. N., & Globerson, T. (1991). Partners in cognition: Extending human intelligence with intelligent technologies. *Educational Researcher* , 20 (3), 2-9.

Solé, I., & Coll, C. (1993). Los profesores y la concepción constructivista. En C. Coll, E. Martín, T. Mauri, & J. O. Mariana Miras, *El constructivismo en el aula* (9^a ed., págs. 7-23). Barcelona: Graó.

Somekh, B. e. (2002). *Pupils' and Teachers' Perceptions of ICT in the Home, School and Community*. Department for Education and Skills, Becta. Londres: ICT in Schools Research and Evaluation Series.

Stavy, R., & Tirosh, D. (2000). *How Students Misunderstand Science and Mathematics*. Teachers College Press.

Stoney, S., & Oliver, R. (1999). Can Higher Order Thinking and Cognitive Engagement Be Enhanced with Multimedia? *Interactive Electronic Multimedia Journal of Computer- Enhanced Learning* .

Sweller, J. (2005). Implications of Cognitive Load Theory for Multimedia Learning. En *Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (págs. 19-30). Cambridge University Press.

Tractinsky, N., Katz, A. S., & Ikar, D. (2000). What is beautiful is usable. *Interacting with Computers* , 13, 127-145.

Um, E. R., Plass, J. L., & Ha, E. O. (2012). Emotional Design in Multimedia Learning. *Journal of Educational Psychology* , 104 (2), 485-498.

UNESCO. (1988). Educational materials Linking Technology teaching with science Education: Technology in Life. *Technology and Science Education Document Series, 31*. París: UNESCO.

UNESCO. (2005). *Hacia las sociedades del conocimiento*. UNESCO.

UNESCO. (1986). The Social Relevance of Science and technology Education . *Science And technology Education Document Series,18* . París: UNESCO.

UNESCO. (1990). The Teaching of Science and Technology in a Interdisciplinary Context Vol II. *Science and Technology Education Document Series, 38* . París: UNESCO.

Villasana, N., & Dorrego, E. (2007). Habilidades sociales en entornos virtuales de trabajo colaborativo. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia. RIED* , 10 (2), 45-74.

Waldeg, G. (2002). El uso de las nuevas tecnologías para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 4 (1) , 95-116.

12. Anexos

PRE-TEST (1) INTERÉS PERSONAL

1. ¿Cuánto te gusta ir a museos o exposiciones de Ciencias?

1 Nada	2 Poco	3 Ni mucho ni poco	4 Bastante	5 Mucho
-----------	-----------	-----------------------	---------------	------------

2. Si tus padres te dicen que elijas cuál de estas actividades quieres hacer un sábado por la tarde, elegirías... (pon un 1 a la que elegirías en primer lugar, un 2 a la segunda, un 3 a la tercera y así sucesivamente).

-Ir a un partido de fútbol/baloncesto

-Ir al cine

-Ir a una exposición sobre algún contenido científico

-Ir a visitar familiares

-Ir a hacer una actividad al aire libre en familia: montar en bici, andar por la sierra....

3. Si por las tardes pudiera elegir qué canal poder ver en la televisión elegiría:... (pon un 1 a la que elegirías en primer lugar, un 2 a la segunda, un 3 a la tercera y así sucesivamente).

- Un concurso de preguntas y respuestas

- Un informativo

- Un partido de fútbol/ baloncesto

- Un documental sobre descubrimientos científicos.

- Una serie.

PRE – TEST (a) COMPRENSIÓN INICIAL

1. Dibuja o explica brevemente lo que verías si observaras con un microscopio:
 - a) Una goma de borrar.
 - b) Un vaso de agua.
 - c) Un globo lleno de gas

2. Explica o dibuja que verías dentro de una olla a presión con caldo, en el momento en el que el vapor empieza a salir por la válvula de seguridad.

3. ¿Afecta el aumento o disminución de la temperatura al movimiento de las partículas que forman una materia?
 - a) A veces.
 - b) No.
 - c) Sí
4. Las partículas que conforman una materia en estado sólido:
 - a) Tienen forma y volumen fijos y sus partículas no vibran.
 - b) Tienen forma y volumen fijos y sus partículas vibran.
 - c) Tienen forma fija, volumen variable y sus partículas vibran.
5. Las partículas de los gases:
 - a) Tienen fuerzas de atracción fuertes y se mueven en todas las direcciones.
 - b) Tienen fuerzas de atracción fuertes y permanecen estáticas.
 - c) Tienen fuerzas de atracción débiles y se mueven en todas las direcciones.

TEST (3) INTERÉS SITUACIONAL PREVIO TABLETA

Vamos a tratar hoy los cambios de estado de la materia. Para trabajar en esto vamos realizar una actividad en la tableta.

Antes de realizar la actividad contesta lo siguiente:

Indica de 1 a 5 cuánto te apetece ahora mismo trabajar en esta tarea (sé sincero, no importan las respuestas, si que seas sincero/a):

1 Nada	2 Poco	3 Ni mucho ni poco	4 Bastante	5 Mucho
------------------	------------------	------------------------------	----------------------	-------------------

Que vayamos a realizar la actividad en la tableta aumenta tu interés en lo que vamos a hacer:

1 Nada	2 Poco	3 Ni mucho ni poco	4 Bastante	5 Mucho
------------------	------------------	------------------------------	----------------------	-------------------

Que vayamos a leyendo el texto disminuye tu interés en lo que vamos a hacer:

1 Nada	2 Poco	3 Ni mucho ni poco	4 Bastante	5 Mucho
------------------	------------------	------------------------------	----------------------	-------------------

TEST (4) INTERÉS SITUACIONAL PREVIO TEXTO

Vamos a tratar hoy los cambios de estado de la materia. Para trabajar en esto vamos a leer un texto.

Antes de leer el texto contesta lo siguiente:

Indica de 1 a 5 cuánto te apetece ahora mismo trabajar en esta tarea (sé sincero, no importan las respuestas, si que seas sincero/a):

1 Nada	2 Poco	3 Ni mucho ni poco	4 Bastante	5 Mucho
------------------	------------------	------------------------------	----------------------	-------------------

Que vayamos a trabajar leyendo el texto aumenta tu interés en lo que vamos a hacer:

1 Nada	2 Poco	3 Ni mucho ni poco	4 Bastante	5 Mucho
------------------	------------------	------------------------------	----------------------	-------------------

Que vayamos a leyendo el texto disminuye tu interés en lo que vamos a hacer:

1 Nada	2 Poco	3 Ni mucho ni poco	4 Bastante	5 Mucho
------------------	------------------	------------------------------	----------------------	-------------------

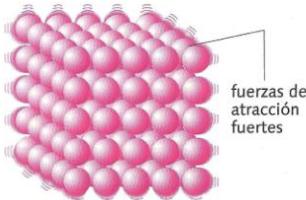
5.3. Los estados de agregación y la teoría cinética

¿Puede la teoría cinética de la materia explicar las diferentes propiedades de la materia en sus tres estados?

La respuesta es afirmativa. Para explicar las propiedades de los sólidos y los líquidos, la teoría cinética añade que entre las partículas existen **fuerzas de atracción** que las mantienen unidas. Si no existiesen estas fuerzas de atracción, toda la materia se hallaría prácticamente en estado gaseoso.

Los sólidos

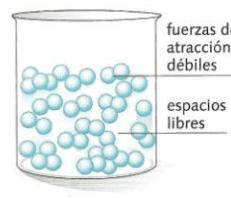
Un sólido, como el hierro, tiene forma y volumen fijos porque sus partículas están unidas por **grandes fuerzas de atracción**. Las partículas pueden **vibrar**¹ alrededor de sus posiciones fijas, pero no cambiar de posición. Estas partículas se ordenan en las tres dimensiones del espacio, constituyendo una **red**² o **retícula**³.



Las partículas vibran en posiciones fijas.

Los líquidos

Los líquidos, como el agua, tienen volumen fijo, pero pueden fluir y adoptar cualquier forma. Esto se debe a que sus partículas están unidas; sin embargo, las **fuerzas de atracción** entre ellas son **más débiles** que en los sólidos y no pueden mantenerlas en posiciones fijas. En los líquidos no existe una retícula como en los sólidos, sino que las partículas se deslizan unas sobre otras en grupos, entre los que hay **espacios libres**.



Las partículas forman grupos que cambian de posición.

Los gases

Los gases, como el oxígeno, el butano o el dióxido de carbono, no tienen volumen ni forma fijos, sino que fluyen sin dificultad y ocupan todo el espacio disponible. Esto se debe a que las **fuerzas de atracción** entre sus partículas son **mucho más débiles** que en los líquidos, llegando a ser, incluso, despreciables. De este modo, las partículas se pueden mover a gran velocidad en todas las direcciones, chocando entre sí y contra las paredes del recipiente que las contiene.



Las partículas se mueven libremente a gran velocidad.

Actividades

22 ¿Cómo justifica la teoría cinética de la materia las características generales del estado sólido: masa, volumen y forma constantes?

23 Observa los dibujos de la materia en los tres estados. ¿Por qué se ha dibujado el líquido contenido en un recipiente y el sólido no? ¿Es necesario que el recipiente del líquido esté cerrado? ¿Por qué se ha dibujado el gas en el interior de un recipiente cerrado?

¹vibrar: moverse a uno y otro lado de una posición de equilibrio.

²red: disposición periódica y simétrica que adoptan las partículas que forman la materia en estado sólido.

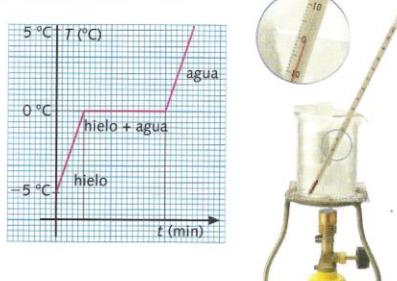
³retícula: que tiene forma de red.

5.4. Cambios de estado. Interpretación gráfica

Vamos a estudiar cómo una sustancia pasa de un estado de agregación a otro cuando modificamos convenientemente la temperatura.

Experimenta

- Ponemos hielo en un vaso de precipitados e introducimos un termómetro que nos permita conocer la temperatura en cada instante. La temperatura inicial es -5°C .
- A continuación, calentamos el vaso. La temperatura asciende hasta 0°C y permanece invariable mientras se está fundiendo el hielo.
- Seguimos calentando el agua en estado líquido y observamos que la temperatura se eleva poco a poco hasta alcanzar otra vez cierto valor en el que permanece constante. Este valor coincide con el momento en el que el agua líquida pasa a estado gaseoso.



La representación gráfica de la temperatura frente al tiempo se denomina **gráfica de cambio de estado**. En el caso del *Experimenta* obtenemos la de **calentamiento** del agua.

Las **conclusiones** que se sacan de este tipo de gráficas son:

- La temperatura del hielo aumenta hasta llegar a 0°C .
- El tramo de gráfica horizontal, en el cual la temperatura es constante, 0°C , nos indica que la sustancia cambia de estado sólido (hielo) a líquido (agua).
- La temperatura del agua aumenta hasta llegar a 100°C .
- El paso de líquido (agua) a gas (vapor de agua) se produce a temperatura constante 100°C , y en la gráfica corresponde al segundo tramo que se mantiene constante.
- La temperatura a la cual una sustancia pasa del estado sólido al estado líquido, y viceversa, se denomina **punto de fusión**.
- La temperatura a la cual una sustancia pasa del estado líquido al estado gaseoso, y viceversa, recibe el nombre de **punto de ebullición**.

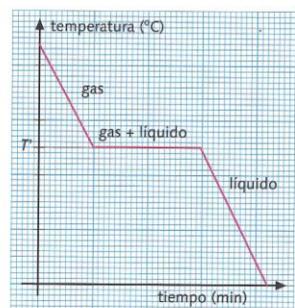
Las transiciones de un estado a otro se denominan de la siguiente manera:



Todos estos hechos tienen una explicación desde el punto de vista de la **teoría cinética de la materia**.

Te interesa saber

Si el proceso de cambio de estado tiene lugar a la inversa, obtenemos la **gráfica de enfriamiento**:



Actividades

24. Representa la gráfica de calentamiento de una sustancia que se encuentra inicialmente a 25°C y cuyos puntos de fusión y ebullición son 80°C y 150°C , respectivamente. ¿En qué estado se encuentra la sustancia a 130°C ?

La naturaleza corpuscular de la materia

41

Las observaciones	Así lo explica la teoría cinética
De sólido a líquido <p>Al calentar un sólido, llega un momento en el que la temperatura se mantiene constante hasta que dicho sólido se ha fundido en su totalidad.</p>	Fusión <p>Cuando la temperatura se eleva, la velocidad de las partículas se incrementa lo bastante como para que algunas de ellas puedan vencer las fuerzas de atracción y abandonar la posición que ocupan en la red.</p>
De líquido a gas <p>Cuando calentamos toda la masa de un líquido, la temperatura aumenta y comienzan a formarse burbujas en la totalidad del líquido.</p>	Vaporización/ebullición <p>Al elevar la temperatura, la velocidad media de las partículas del líquido se eleva y cada vez son más las que pueden escapar y pasar al estado gaseoso.</p>
Actividades	<p>25 Responde a las siguientes cuestiones:</p> <ol style="list-style-type: none"> ¿Cómo justifica la teoría cinética de la materia el hecho de que cuando un sólido comienza a fundirse, la temperatura se mantiene constante hasta que el sólido se funde por completo? ¿Para qué se utiliza la energía que se suministra a las sustancias? <p>26 ¿Qué sucede con la velocidad media de las partículas de un líquido cuando se eleva la temperatura?</p> <p>27 ¿Cómo justifica la teoría cinética de la materia el hecho de que cuando un líquido comienza a hervir, la temperatura se mantiene constante hasta que todo el líquido hierva por completo?</p>

POST-TEST (5) INTERÉS SITUACIONAL TABLETA

Tras realizarla actividad con la tableta lo siguiente:

¿Cuánto te ha gustado la clase de hoy?

1 Nada	2 Poco	3 Ni mucho ni poco	4 Bastante	5 Mucho
------------------	------------------	------------------------------	----------------------	-------------------

¿Te ha parecido interesante?

1 No, en absoluto	2 Algo	3 Ni mucho ni poco	4 Bastante	5 Mucho
-----------------------------	------------------	------------------------------	----------------------	-------------------

¿Qué es lo que más te ha gustado?

a) Utilizar la tableta

1 Nada	2 Poco	3 Ni mucho ni poco	4 Bastante	5 Mucho
------------------	------------------	------------------------------	----------------------	-------------------

b) Saber por qué pasan cosas o fenómenos que encuentro habitualmente en mi vida cotidiana

1 Nada	2 Poco	3 Ni mucho ni poco	4 Bastante	5 Mucho
------------------	------------------	------------------------------	----------------------	-------------------

c) Otros (di qué te ha gustado más)

Si te has aburrido, explica por qué y qué te ha gustado menos.

¿Crees que esta clase ha contribuido a aumentar tu interés por la Química?

1 No, en absoluto	2 Algo	3 Ni mucho ni poco	4 Bastante	5 Mucho
-----------------------------	------------------	------------------------------	----------------------	-------------------

¿Crees que esta clase ha contribuido a aumentar tu interés por la Ciencia?

1 No, en absoluto	2 Algo	3 Ni mucho ni poco	4 Bastante	5 Mucho
-----------------------------	------------------	------------------------------	----------------------	-------------------

POST – TEST (6) INTERÉS SITUACIONAL TEXTO

Tras leer los textos seleccionados contesta lo siguiente:

¿Cuánto te ha gustado la clase de hoy?

1 Nada	2 Poco	3 Ni mucho ni poco	4 Bastante	5 Mucho
------------------	------------------	------------------------------	----------------------	-------------------

¿Te ha parecido interesante?

1 No, en absoluto	2 Algo	3 Ni mucho ni poco	4 Bastante	5 Mucho
-----------------------------	------------------	------------------------------	----------------------	-------------------

¿Qué es lo que más te ha gustado?

a) Leer los textos

1 Nada	2 Poco	3 Ni mucho ni poco	4 Bastante	5 Mucho
------------------	------------------	------------------------------	----------------------	-------------------

b) Saber por qué pasan cosas o fenómenos que encuentro habitualmente en mi vida cotidiana

1 Nada	2 Poco	3 Ni mucho ni poco	4 Bastante	5 Mucho
------------------	------------------	------------------------------	----------------------	-------------------

c) Otros (di qué te ha gustado más)

Si te has aburrido, explica por qué y qué te ha gustado menos.

¿Crees que esta clase ha contribuido a aumentar tu interés por la Química?

1 No, en absoluto	2 Algo	3 Ni mucho ni poco	4 Bastante	5 Mucho
-----------------------------	------------------	------------------------------	----------------------	-------------------

¿Crees que esta clase ha contribuido a aumentar tu interés por la Ciencia?

1 No, en absoluto	2 Algo	3 Ni mucho ni poco	4 Bastante	5 Mucho
-----------------------------	------------------	------------------------------	----------------------	-------------------

POST - TEST (7) COMPRENSIÓN

Selecciona cómo has realizado la actividad:

- a) Tableta
- b) Texto

1. Dibuja o explica brevemente lo que verías si observaras con un microscopio:

- a) Una goma de borrar.

- b) Un vaso de agua.

- c) Un globo lleno de gas

2. Explica o dibuja que verías dentro de una olla a presión con caldo, en el momento en el que el vapor empieza a salir por la válvula de seguridad.

3. ¿Afecta el aumento o disminución de la temperatura al movimiento de las partículas que forman una materia?

- a) A veces.
- b) No.
- c) Sí

4. Las partículas que conforman una materia en estado sólido:

- a) Tienen forma y volumen fijos y sus partículas no vibran.
- b) Tienen forma y volumen fijos y sus partículas vibran.
- c) Tienen forma fija, volumen variable y sus partículas vibran.

5. Las partículas de los gases: