



PSICO-A: UN SISTEMA COMPUTACIONAL INTEGRADO PARA LA ENSEÑANZA DE LA PSICOLOGÍA

PSICO-A: AN INTEGRATED COMPUTATIONAL SYSTEM FOR TEACHING PSYCHOLOGY

Javier González Marqués; javgonza@psi.ucm.es

Carlos Pelta Resano; pelta.carlos@gmail.com

Universidad Complutense de Madrid

RESUMEN

PSICO-A es un sistema informático para la enseñanza de la Psicología. Está especialmente destinado a estudiantes de Educación Secundaria y del primer curso del Grado de la especialidad. Es un sistema innovador porque es el primer sistema computacional concebido para la enseñanza de unidades didácticas de Psicología. PSICO-A integra diversas herramientas e influencias didácticas: introduce mapas conceptuales, recuperación libre del recuerdo, un mecanismo efectivo de “feedback”, simulaciones, juegos digitales e indaga sobre la capacidad metacognitiva de los alumnos. Su arquitectura computacional está organizada modularmente y posee un analizador que ayuda mucho a la recogida de datos por parte del profesor. Hemos evaluado este sistema, confirmándose una mejora significativa en numerosas variables del aprendizaje.

PALABRAS CLAVES: PSICO-A, sistema computacional, enseñanza de la psicología.

ABSTRACT

PSICO-A is a new educational system for teaching psychology. It is an innovative system because is the first system in psychology designed for learning didactic units of the subject. PSICO-A is based on many pedagogical influences, such as concept maps, free retrieval practice, effective feedback, simulations, digital games and metacognition. Besides its computational architecture is interesting because is composed of interconnected modules sequencing the tasks and because its back-end is a powerful tool for analysing the performance of pupils. We conducted an internal evaluation of the system comparing the learning outcomes of three groups corresponding to high-school students. Students in the first group were provided with text-based resources and the other experimental conditions involved students who worked in collaboration with PSICO-A. PSICO-A improved the learning.

KEYWORDS: PSICO-A, computational system, teaching psychology.

1. INTRODUCCIÓN

PSICO-A es un sistema informático diseñado para la enseñanza de la Psicología a estudiantes de Educación Secundaria y de primeros cursos de la Universidad. Es un sistema pionero en este ámbito que combina simulaciones, juegos digitales y diversas influencias pedagógicas. Tomando como referencia sistemas basados en agentes (SBA) como MetaTutor (Azevedo et al., 2009), Betty's Brain (Davis et al., 2003) y REAL (Bai & Black, 2005), es un sistema de diseño modular que introduce juegos y simulaciones inspirándose en la "teoría representacional" de Black (1992), según la cual el conocimiento es mejor representado mediante imágenes (Paivio, 1978) y modelos mentales (Gentner & Stevens, 1983) que configuran entornos virtuales de aprendizaje (Jonassen & Land, 2012). A su vez, PSICO-A introduce herramientas didácticas de valía contrastada para la mejora del aprendizaje como los mapas conceptuales (Novak, 1977), la recuperación libre del recuerdo (Karpicke & Blunt, 2011), un mecanismo de "feedback" autogenerado (Slamecka & Graf, 1978) y la importancia concedida a la metacognición (Dunlosky & Metcalfe, 2008) a través de las ideas del Modelo metacognitivo global de Mayor, Suengas & González Marqués (1993). En general, puede decirse que su diseño está presidido por el paradigma constructivista del aprendizaje de Ausubel (1968). La tecnología educativa constructivista señala que el nuevo conocimiento asimilado por el alumno no es una simple copia de la realidad sino que se construye partiendo de la experiencia previa de dicho alumno y de su interacción con el entorno educativo (Verdecia, 2007). Tal tecnología puede ser muy variada. En las últimas décadas parecen haberse impuesto los sistemas tutores inteligentes (STI) y los sistemas basados en agentes (SBA). Los primeros buscan, usando técnicas de la Inteligencia Artificial, emular la conducta de un tutor humano y así, determinar qué enseñar, cómo enseñar y a quién enseñar a través de un módulo capaz de definir el conocimiento del estudiante (módulo del estudiante), un módulo del tutor, capaz de establecer interacciones de aprendizaje entre el especialista y el estudiante y una interfaz con el usuario (Cataldi & Lage, 2009). Los STI se nutren, en buena parte, de la pedagogía de la comprensión de Perkins (1995) y pretenden acercar lo más posible a los alumnos a su zona de desarrollo próximo (Vygotsky, 1978) en la resolución de problemas. Algunos STI destacados han sido *Scholar* (Carbonell, 1970), *Why* (Stevens & Collins, 1977), *Meno* (Wolf, 1984) o *Sierra* (VanLehn, 1988).

Los SBA introducen un agente computacional o actor que ejecuta acciones basadas en reglas simples que pueden ser manejadas por el usuario (Basu et al., 2016). En la medida en que en PSICO-A un agente animado va guiando al estudiante en la realización de las tareas y en el juego y en la simulación, podemos afirmar que es un SBA. Los SBA se están aplicando con éxito a la enseñanza de fenómenos complejos y emergentes en sistemas biológicos (Dickes & Sengupta, 2013), a la enseñanza de la mecánica newtoniana (Basu et al., 2012) o a la enseñanza de contenidos básicos de la Ecología (Betty's Brain) y de la Matemática elemental (REAL). Este tipo de sistemas usan modelizaciones y simulaciones para apoyar un aprendizaje por descubrimiento (de Jong & van Joolingen, 1998). En este sentido, reconocen la importancia de los

modelos mentales y de las imágenes mentales para el aprendizaje. Black (1992) subraya la presencia en los sujetos de una imaginaria espacial y visual que les facilita ir experimentando mentalmente con relaciones causales diferentes o incluso contrafácticas. Es como si los individuos fueran imaginando micromundos a partir de una situación dada, algo que, por cierto, tiene mucho que ver con el recurso a entornos virtuales empleados por los sistemas de instrucción por ordenador. Schwartz & Black (1996) muestran que tal imaginaria permite generar un espacio de hipótesis, a partir de la evidencia perceptiva.

Las simulaciones se relacionan con los modelos mentales. Al interactuar con una simulación, el sujeto manipula “en vivo” diferentes parámetros e interactúa con una réplica del sistema modelado, lo cual es muy semejante al proceso consistente en la formación de modelos mentales de sistemas físicos (Collins & Gentner, 1983). El modelo mental integra, por un lado, las reglas del sistema y, por otro, los resultados de la simulación a partir de la manipulación de los distintos parámetros de control. Así pues, y de una manera interactiva, la simulación permite formar un modelo mental y aumenta la capacidad de comprensión del fenómeno.

PSICO-A ha sido concebido como un sistema para la web en lenguaje de programación PHP5 (Lerdorf, Tatroe & MacIntyre, 2006), aunque también está disponible como un programa accesible desde el escritorio de un ordenador (la versión de escritorio ha sido inicialmente probada en los sistemas operativos Microsoft Windows XP y Microsoft Windows 7). Nuestro sistema posee alojamiento propio en el dominio “psico-a.org” y la dirección URL de entrada es: <http://psico-a.org/secure/login/>. Hemos decidido diseñar la interfaz de PSICO-A, basada en la web, puesto que el presente y el futuro del diseño de los sistemas de enseñanza por ordenador tiene su lugar en Internet. Las ventajas de este planteamiento resultan obvias: en primer lugar, la capacidad para almacenar datos no resiste la comparación. En segundo lugar, la flexibilidad para introducir nuevas funciones y reconfigurar el diseño es muy superior usando los lenguajes de desarrollo web. Finalmente, la programación mediante estos lenguajes es más sencilla que con los programas clásicos (C, Java, etc.) En la versión para Internet, el navegador en el que alcanza su mejor rendimiento es Opera, en cualquiera de sus opciones a partir de la 12, pero también funciona en Google Chrome a partir de su versión 9, corre a partir de la versión 8.0 de Mozilla Firefox y está adaptado a la versión 9 del navegador Explorer. Si el usuario emplea versiones anteriores de estos navegadores, un aviso le informa de la incompatibilidad de las mismas para acceder al programa.

La arquitectura de PSICO-A consta en la interfaz de usuario o “front-end” de un Modo de Reflexión, de un Modo de Diseño del Mapa Conceptual, de un Modo de Juego y de un Modo de Simulación. El “back-end” une, a través de un Módulo de Comunicación, el Módulo Experto (o de contenidos), el Módulo del Estudiante (que únicamente recopila los datos cuantitativos del rendimiento del alumno en las diversas tareas), el Módulo Metacognitivo (que analiza la capacidad metacognitiva del alumno mediante la verificación de sus juicios metacognitivos y de sus juicios de confianza), un Motor de reglas especial que sirve para la secuenciación de las diversas actividades que ha de realizar el estudiante y un Módulo de Evaluación que se limita a recoger los resultados

del Modo de Reflexión del “front-end”. Insertamos, a continuación, un diagrama de su arquitectura computacional (Véase la figura 1):

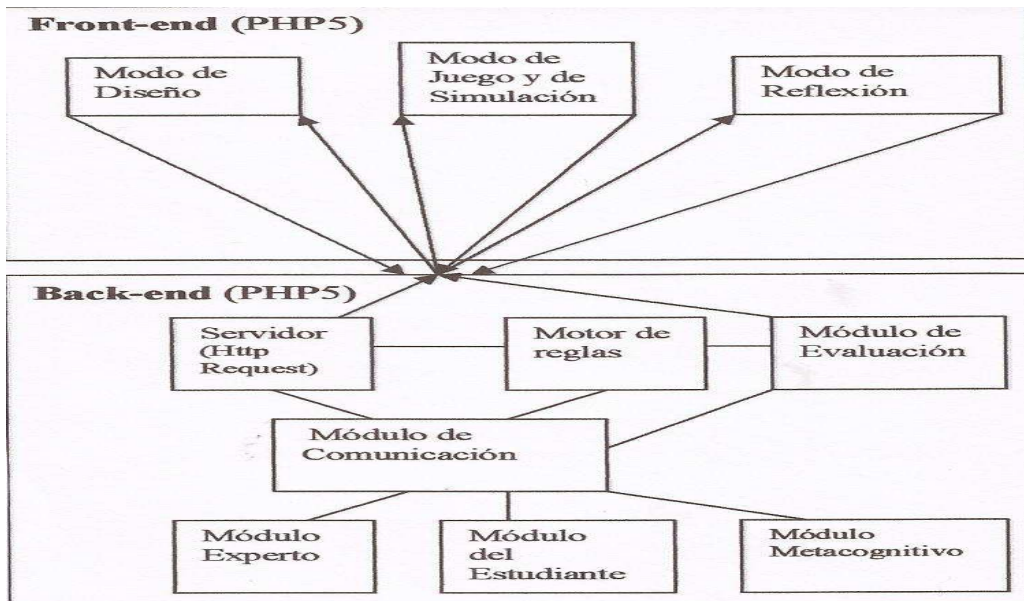


Figura 1. Arquitectura computacional de PSICO-A.

En el “front-end” encontramos una pantalla principal subdividida en los siguientes componentes: en la mitad izquierda hay un “Editor del mapa conceptual” que exhibe un menú de Archivo, un menú de Modo y un menú de Ayuda. En la parte central inferior de la pantalla principal hay una zona de “Iniciar Estudio” que, al ser accionada, genera arriba un botón amarillo de “Aprendizaje” y un sumario de Contenidos, así como, a la derecha, la unidad didáctica a estudiar (Véase la figura 2).

Figura 2. Pantalla mostrando la unidad didáctica.

Al pulsar sobre el botón de “Aprendizaje” de la parte superior central, desaparece la ventana de la unidad didáctica y surgen los botones de “Conocimientos previos”, “Bloc

de notas”, “Juicios de confianza”, “Juicios metacognitivos” y “Evaluación”. En un tiempo de 2 minutos el sujeto ha de expresar si conocía o no algo del tema antes de haberlo estudiado y el qué (conocimientos previos). El Bloc de notas supone un ejercicio de recuperación libre de lo estudiado en un tiempo máximo de 10 minutos (Véase la figura 3).

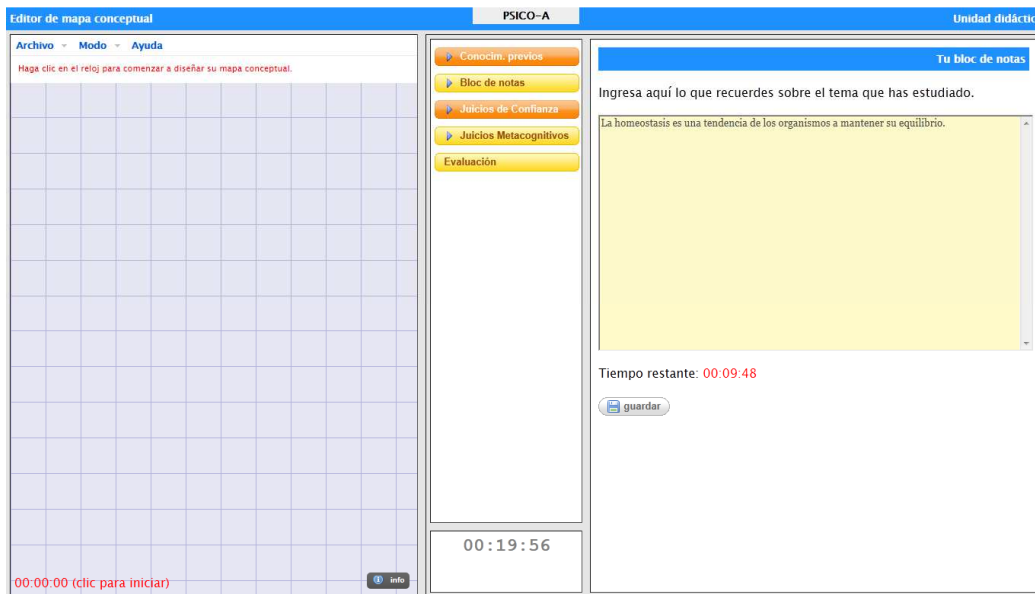


Figura 3. Pantalla mostrando el Bloc de notas.

El botón de juicios de confianza despliega una ventana en la que se pide al sujeto que introduzca su grado de confianza (en forma de un porcentaje) acerca de su aprendizaje de la unidad didáctica (Véase la figura 4).

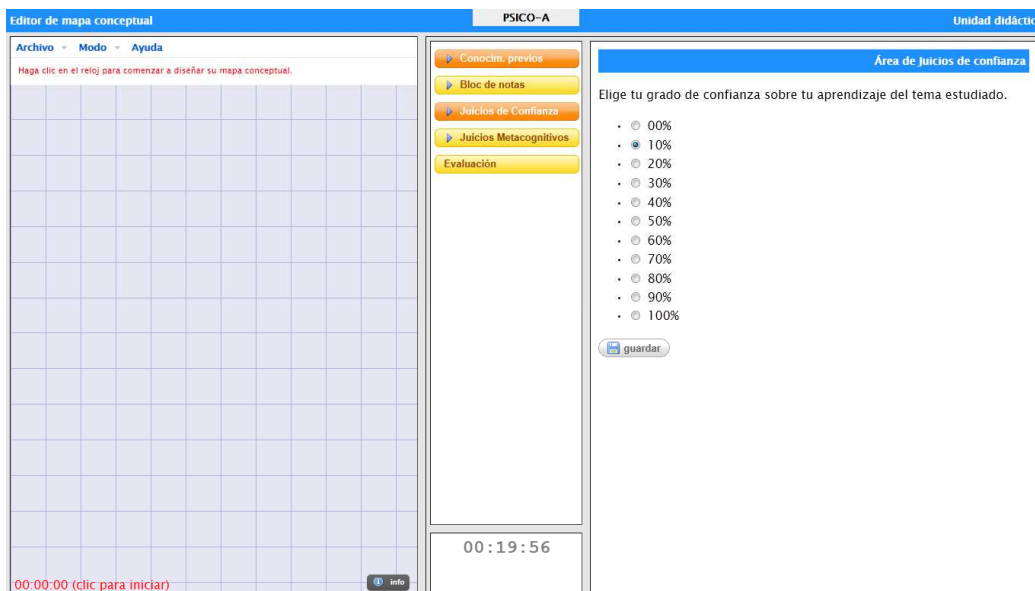


Figura 4. Pantalla mostrando la ventana de juicios de confianza.

El área de juicios metacognitivos consta de 10 juicios basados en el cuestionario de evaluación del Modelo metacognitivo global (Véase la figura 5).

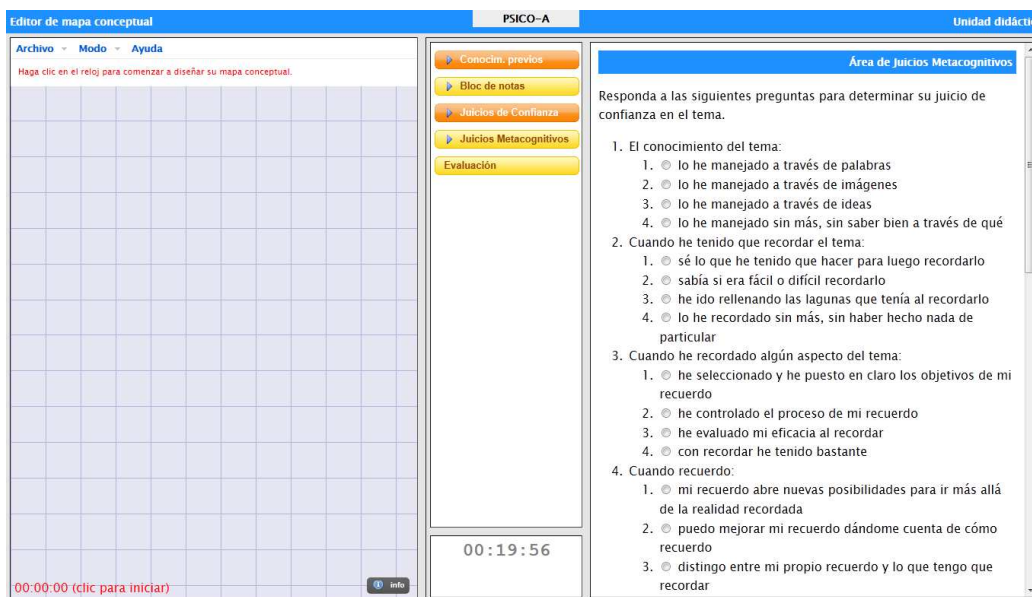


Figura 5. Pantalla mostrando la ventana de juicios metacognitivos.

Todos estos pasos del área de Aprendizaje tienen que ser realizados con anterioridad a la confección del mapa conceptual. Debajo del editor aparecen un “Menú de Archivo”, un “Menú de Modo” y un “Menú de Ayuda”. El Archivo despliega estos componentes: “Nuevo” (que permite diseñar un nuevo mapa), “Abrir” (que abre los mapas ya construidos), “Guardar como” (conserva los mapas ya diseñados), “Imprimir” (que imprime todas las pantallas del sistema), “Editar mi ficha” (donde el alumno escribe su nombre) y “Salir”. El Menú de Ayuda se encargará de resolver las dudas de aplicación del sistema.

En la ventana del diseño del mapa conceptual, aparecen los botones para generar los conceptos, una vez pulsado el cronómetro de la parte inferior izquierda (15 minutos). Arriba aparece el botón titulado “Concepto”, que va distribuyendo cajas en la pantalla y asigna conceptos a las mismas. En la caja de “Concepto” aparece una barra de “Conceptos”. Al lado del botón “Concepto” están los botones indicativos de “Relación”, existiendo tres clases de relaciones en forma de flechas: una flecha continua convencional designa un tipo de relación causal, una flecha de punta blanca denota un tipo de relación jerárquica y una flecha discontinua designa una clase descriptiva de relación. Conforme el estudiante escoge los conceptos, van dibujándose las cajas que contienen a los mismos en la pantalla y el alumno va trazando las conexiones entre ellas mediante los tipos mencionados de flechas (Véase la figura 6). Las cajas de conceptos pueden ser desplazadas, suprimidas, ajustadas en su tamaño y editadas. En la zona inferior derecha de la pantalla del Editor de Mapa Conceptual (botón “info”) aparecen los conceptos y el número de flechas de distintas clases que el sujeto ha insertado al final de la tarea.

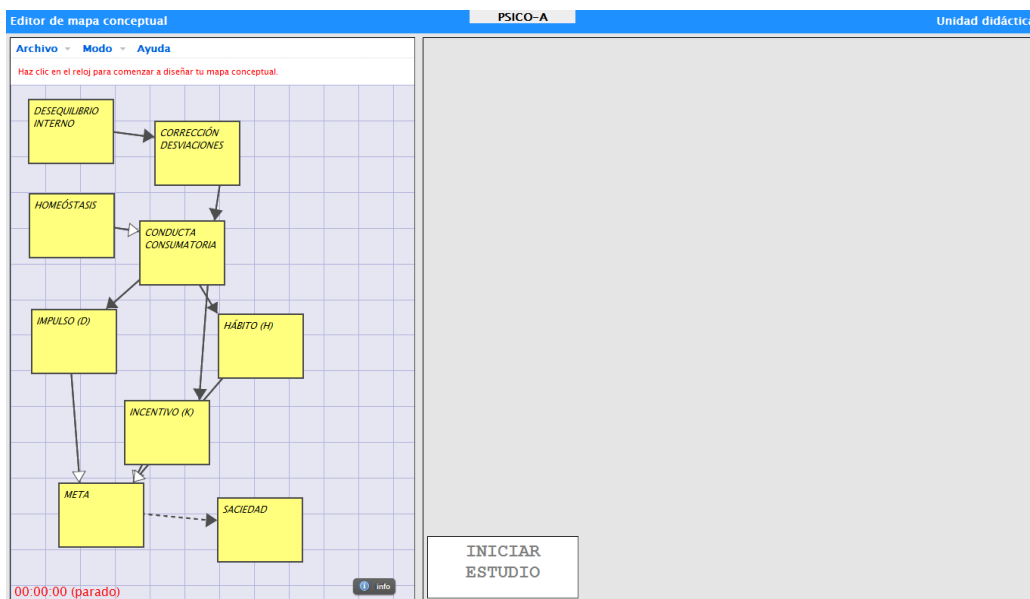


Figura 6. Pantalla mostrando el Editor del mapa conceptual.

El menú de Modo se despliega en “Juego”, “Reflexión” y “Simulación”. La simulación consiste en una animación simple y el juego se basa en un juego digital, como puede apreciarse en las figuras 7 y 8.

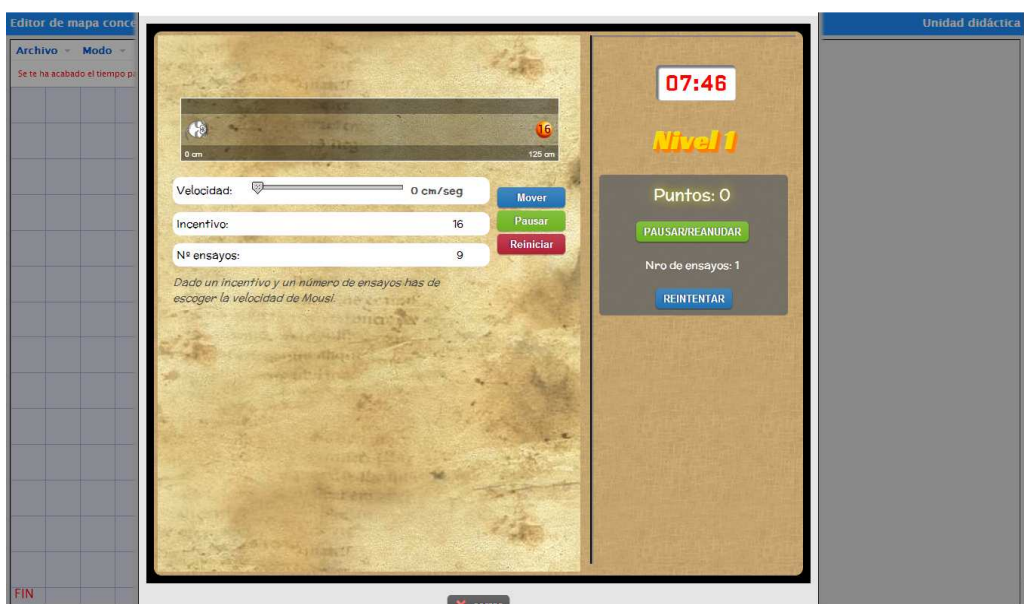


Figura 7. Pantalla mostrando la simulación.

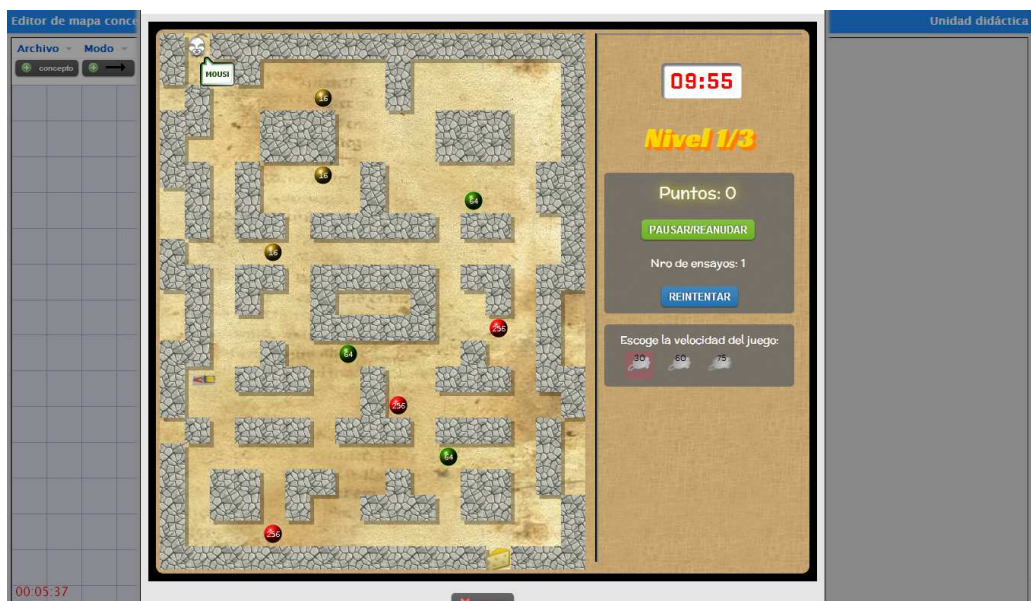


Figura 8. Pantalla mostrando el juego digital.

Parece existir evidencia de que las simulaciones computacionales y los juegos digitales mejoran el aprendizaje conceptual. Los juegos digitales difieren de las simulaciones en que miden el progreso del jugador en su consecución de las metas mientras que en las simulaciones se trata más bien de una cuestión de objetivo cumplido o no. Además, los juegos permiten desarrollar estrategias que influyen en su propio estado; en las simulaciones, en cambio, se trata de ajustar convenientemente unos parámetros y no hay ni táctica ni estrategia. Los juegos favorecen, entre otros, un aprendizaje activo, facilitan la interrelación entre múltiples sistemas simbólicos (imágenes, artefactos...), permiten que los estudiantes desarrollen identidades virtuales y plantean recompensas intrínsecas aparte del propio aprendizaje (Gee, 2007).

Tanto en nuestra simulación como en nuestro juego interviene un agente virtual (Bimbo & Vicario, 1995), una ratita blanca llamada MOUSI. En su diseño hemos sido extremadamente fieles a los parámetros del experimento de Crespi (1942) sobre la influencia del incentivo en la conducta alimenticia de ratas blancas. Este experimento influyó de manera decisiva en la formulación de Hull (1952) de su teoría de la reducción del impulso (contenido del apartado que tuvieron que estudiar los alumnos). De esta manera, Hull estableció su famosa ecuación de la fuerza de la respuesta como el producto del hábito, el impulso y el incentivo.

Un aspecto muy distintivo de nuestro diseño ha sido, pues, la isomorfía entre los conceptos a estudiar y los elementos que han intervenido en el juego, algo muy poco común a la hora de diseñar juegos digitales para la enseñanza (Scalise & Wilson, 2012). Además, en la simulación y en el juego hemos invitado a los alumnos a reflexionar sobre sus propias acciones intercalando actividades conceptuales (unir conceptos mediante flechas, completar una ecuación, etc.) en los diversos niveles de ambos. Esto está en la línea de la importancia conferida a las tareas de este tipo para recuperar y comprender mejor la información (Brown, Roediger & McDaniel, 2014).

El Modo de Reflexión permite al alumno verificar su aprendizaje. El sistema le formula una serie de preguntas de respuesta múltiple. Este Modo aporta “feedback” autogenerado al alumno, el cual es ajustado en el analizador del sistema: se trata de “feedback” positivo aprovechando el efecto psicológico de generación, reformulando la pregunta, en el caso de que el sujeto pida ayuda al manifestar incertidumbre (“no estoy seguro”) en su respuesta. Las respuestas del alumno reciben una calificación en el Modo de Reflexión (Véase la figura 9).

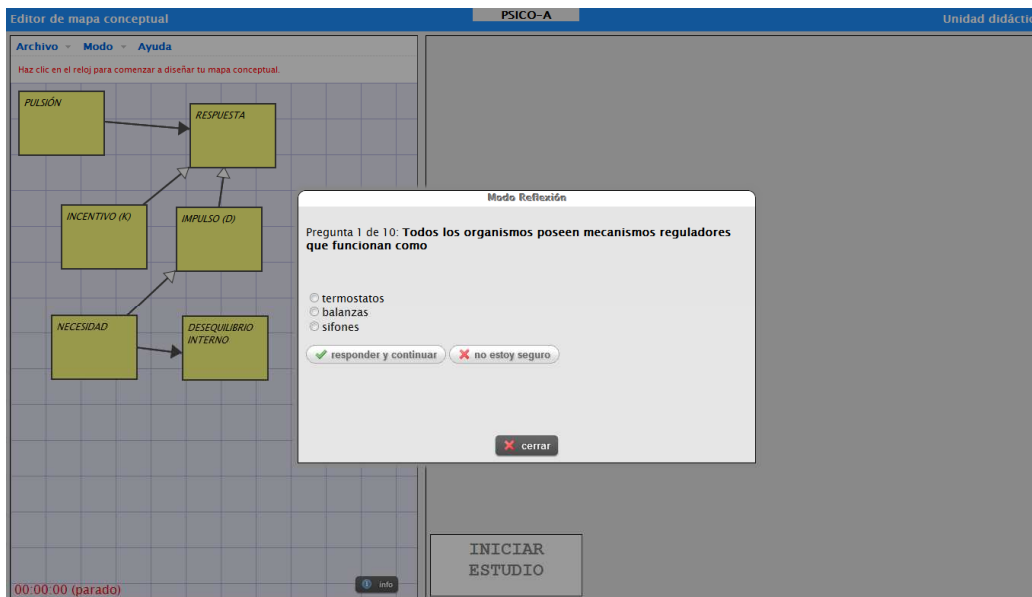


Figura 9. Pantalla mostrando una pregunta del Modo de Reflexión.

En el Módulo de Evaluación aparecen las respuestas escogidas y si son correctas o incorrectas. Para que el alumno pueda ver estas respuestas ha de entrar de nuevo en el sistema (Véase la figura 10).

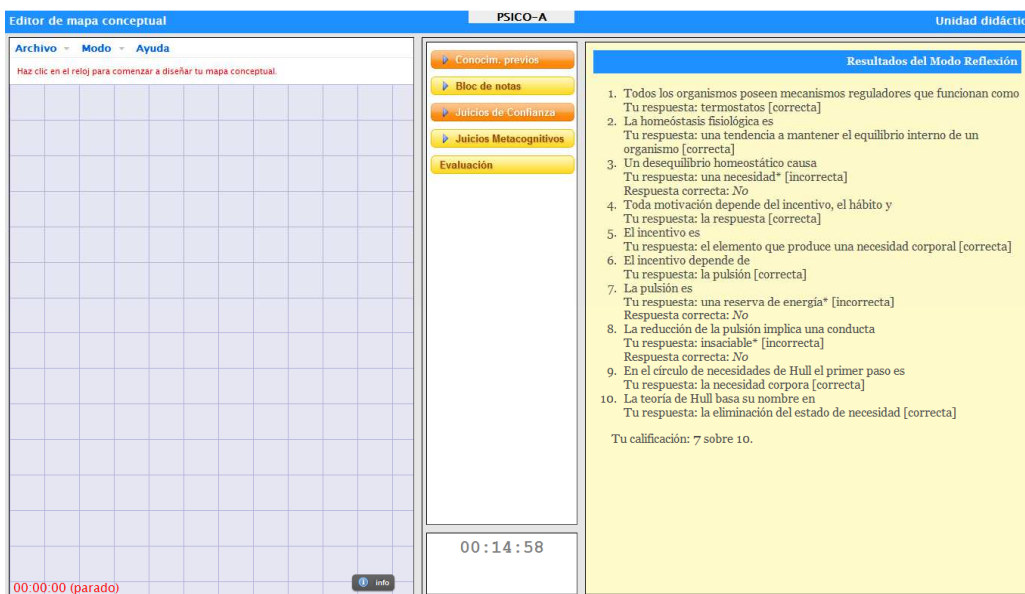


Figura 10. Ventana del Módulo de Evaluación.

El “back-end” o interfaz del profesor es el corazón del funcionamiento de nuestro sistema. Su núcleo es un analizador del rendimiento del alumno que permite la localización automática de los conceptos introducidos en el Bloc de notas y la verificación de sus respuestas dadas en lenguaje natural. El sistema determina si un concepto está presente o ausente en la respuesta del alumno, ejecutando una ecuación definida por el profesor para tal concepto. La ecuación consiste de una serie de funciones (y sus parámetros), concatenadas mediante los operadores lógicos &=y, |= o y !=no. Cada función devuelve un valor lógico (1=verdadero, 0=falso) y se pueden usar corchetes y paréntesis para agruparlas, como se hace convencionalmente con las expresiones matemáticas o lógicas. Si la función, aplicada a una palabra o a una secuencia de palabras, da el valor verdadero, el concepto aparece numéricamente expresado en la caja que corresponde al Bloc de notas de Datos del rendimiento del usuario. En caso contrario, simplemente es omitido.

Tres de las funciones poseen como argumento un número n y hacen uso de algoritmos de distancia o de medidas de similitud entre cadenas o ristas de signos. Son la función de Similaridad (`similar(n, lista)`) (Oliver, 1994), la de Levenshtein (`levenshtein(n, lista)`) (Levenshtein, 1966) y la de Hamming (`hamming(n, lista)`) (Hamming, 1950). Las funciones, `exacto (lista)` y `casi_exacto (lista)`, utilizan algoritmos básicos. Finalmente, `stemmer(lista)` emplea el algoritmo de lematización de Porter (1980) aplicado al castellano (Estrella & Duboue, 2005) . En la siguiente figura puede apreciarse nuestro Editor de conceptos:

PSICO-A Analizador Usuarios Sallir

Analizador Conceptos

Conceptos: Editar concepto

Datos

Código * CONCEPTO1
Este código es utilizado como referencia en las ecuaciones.

Nombre * Homeostasis

Descripción
Una tendencia del organismo a alcanzar el equilibrio

Ecuación * exacto(lista3)

Las expresiones se pueden agrupar con corchetes [] y se pueden unir mediante operadores lógicos (&=y, |= o y !=negación). Ej: [exacto (lista1) & casi_exacto(lista2)] | levenshtein(3, 'palabra1,palabra2')

guardar cancelar

Funciones válidas:

- exacto(lista)**: devuelve VERDADERO si la palabra examinada esta en la "lista" de palabras, exactamente.
- casi_exacto(lista)**: devuelve VERDADERO si la palabra examinada esta en la "lista" de palabras sin comprobar las vocales (ej: casa y caso darían VERDADERO).
- similar(n, lista)**: devuelve VERDADERO si la palabra examinada tiene un grado de similitud (algoritmo de Oliver [1993]) menor o igual a "n" en al menos una palabra de la "lista".
- levenshtein(n, lista)**: devuelve VERDADERO si la palabra examinada tiene una "distancia de Levenshtein" menor o igual a "n" en al menos una palabra de la "lista".
- hamming(n, lista)**: devuelve VERDADERO si la palabra examinada tiene una "distancia de Hamming" menor o igual a "n" en al menos una palabra de la "lista".
- stemmer(lista)**: devuelve VERDADERO si la palabra examinada es aprobada por el algoritmo de Porter Stemming en al menos una de las palabras de la "lista".

Las listas pueden referenciarse por su código o bien como una lista de palabras separadas por comas y encerrada entre comillas (ej: 'palabra1,palabra2').

PSICO-A BACKEND | Bienvenido

Figura 11. Pantalla mostrando el Editor de conceptos.

Con todas estas funciones a la vista, ejemplifiquemos cómo construir e interpretar una ecuación en nuestro analizador. Sea:

[exacto (lista1) & casi_exacto (lista2)] | levenshtein (3, `palabra1, palabra2´). Esta expresión se interpreta como que el concepto se considera presente en la respuesta sí y solo sí las palabras de la “lista1” se encuentran en forma exacta en la respuesta y las palabras de la “lista2” se encuentran en forma casi exacta en dicha respuesta o bien si alguna palabra de la respuesta tiene una distancia de Levenshtein de 3 con respecto a la `palabra1´ y/o a la `palabra2´. Las ecuaciones básicas de conceptos que han sido introducidas para analizar el rendimiento de los alumnos en la tarea de recuerdo libre

del Bloc de notas han sido del tipo [exacto (lista n) | levenshtein (n , lista n) | levenshtein ($n+1$, lista n)]. La función "levenshtein" permite medir la similitud entre palabras de manera muy fiable. Obviamente, otras muchas combinaciones son posibles. Si se quiere buscar la similaridad para conceptos compuestos, del estilo "Fuerza de la respuesta", por ejemplo, la función "similar", es muy útil. La función "hamming" tiene como restricción el que exige cadenas de términos de idéntica longitud y la función "stemmer" puede localizar conceptos cuando el sujeto se ha visto obligado a escribir con extremada rapidez y no ha podido completar siquiera alguna palabra. Todavía más pronunciadamente sucede esto con la función de "cuasi-exactitud".

En la zona de usuarios destinada a los alumnos y en Datos del rendimiento de los mismos, aparte del Bloc de notas y del analizador de conceptos que allí aparecen, tenemos el tiempo de estudio dedicado al tema (en segundos), el porcentaje introducido por el estudiante en el área de Juicios de confianza, la calificación obtenida en el cuestionario de juicios metacognitivos, el número de preguntas contestadas correctamente, señaladas por la ventana de Evaluación y recogidas desde el Modo de Reflexión y, para finalizar, la puntuación obtenida en el juego y en la simulación.

2. DISEÑO METODOLÓGICO

Los participantes fueron 104 estudiantes (Edad media=17,6) de la asignatura optativa de Psicología de Segundo de Bachillerato de dos Institutos de la Comunidad de Madrid. El material curricular empleado procedió del libro de texto de Psicología de Bachillerato (Alonso, 2012). Los 33 alumnos del grupo de control (GC) recibieron la instrucción ordinaria propia de una clase estándar. Los alumnos de los grupos experimentales (GEI y GEII) fueron aleatoriamente escogidos entre dos grupos de la materia optativa de Psicología. Con el grupo GEI (36 alumnos) se empleó el sistema computacional de aprendizaje de la Psicología, PSICO-A, con la variante de que en lugar de utilizar la simulación, los estudiantes utilizaron el juego. Mientras tanto, el grupo GEII, formado por 35 alumnos, usó también PSICO-A pero accediendo a la simulación y no al juego. Por lo tanto, para determinar la efectividad de PSICO-A sobre el aprendizaje, el estudio incluyó, como variables independientes, tres diferentes combinaciones de sistemas de enseñanza, PSICO-A+Juego, PSICO-A+Simulación y Clase magistral (se trata, pues, de un diseño multigrupos). La variable dependiente fue el rendimiento de los alumnos en las siguientes categorías relacionadas con el aprendizaje: juicios de confianza, juicios metacognitivos, número de conceptos generados en el Bloc de notas, fidelidad de las definiciones dadas de esos conceptos, número de conceptos en el mapa conceptual, porcentaje de relaciones conceptuales correctas y porcentaje de respuestas correctas en el Modo de Reflexión. Todos los grupos realizaron un pre-tratamiento antes del comienzo del experimento (fase 1). Dicho pre-tratamiento fue usado como un análisis covariado de control de las diferencias individuales. Una vez que los dos grupos experimentales fueron tratados usando PSICO-A y que el grupo control recibió la clase estándar de ese mismo contenido, los tres grupos realizaron el post-tratamiento (fase 2). Finalmente, todos ellos fueron objeto de un test de seguimiento de lo aprendido en la fase anterior (fase 3). Antes de la realización del pre-tratamiento, los estudiantes de

los tres grupos recibieron una explicación con preguntas del apartado 5.3 *Método experimental*, de la Unidad 1 (op. cit., p. 20).

3. RESULTADOS

Hemos hecho uso del programa estadístico SPSS 14.0 y hemos aceptado un grado de significación de 0,05. Un test de Homogeneidad de varianzas o test de Levene y un ANOVA de un solo factor fueron empleados para determinar si existió diferencia significativa en el pre-tratamiento recibido por los grupos. Evaluados los resultados, no existieron diferencias significativas entre los grupos en ninguna de las categorías planteadas, es decir, se trataba de grupos homogéneos en lo referido a su rendimiento en la prueba.

En el post-tratamiento, así como en la correspondiente prueba de seguimiento, se han evaluado los mismos parámetros que en el pre-tratamiento. En cada caso se aplicó un ANOVA de un solo factor y un test de Tukey HSD para la comparación entre grupos. Analizamos a continuación los diferentes resultados por parámetros o categorías.

En juicios de confianza no existió una diferencia significativa entre los grupos. En el post-tratamiento, el grupo que expresó un mayor grado de confianza en su aprendizaje fue el grupo GEII, con un porcentaje de 69,14.

En juicios metacognitivos simplemente existió una diferencia marginalmente significativa entre los grupos. En la prueba de post-tratamiento la puntuación de los tres grupos mejoró muy notablemente con respecto a la puntuación alcanzada en la prueba inicial. El grupo GEI alcanzó la mayor media, con 7,70 sobre 10 puntos, frente a los 7,52 del grupo GEII y los 7,18 del grupo control GC.

En el apartado relativo al número de conceptos en el Bloc de notas, en el post-tratamiento, el ANOVA de un solo factor indicó la existencia de una diferencia significativa entre los grupos y el Test de Tukey HSD especificó dicha diferencia intergrupos a favor de los dos grupos experimentales frente al grupo control. Dichas diferencias se mantuvieron en el test de seguimiento. Véase la tabla 1.

Categoría	ANOVA		TUKEY	
	Post-tratamiento	Seguimiento	Post-tratamiento	Seguimiento
Bloc de notas (número de conceptos)	F=22,329 y p=0,000**	F=31,690 y p=0,000**	p=0,000**	p=0,000**

Tabla 1. ANOVA y Tukey HSD para el número de conceptos en el Bloc de notas.

(Nota: **correlación significativa al nivel 0,05).

Por lo que se refiere a la fidelidad definicional de los conceptos o porcentaje de definiciones correctas de conceptos realizadas por los sujetos en la actividad de recuerdo libre del Bloc de notas, el ANOVA de un factor y el Test de Tukey HSD,

aplicados al post-tratamiento, mostraron diferencias significativas entre los grupos, a favor del grupo GEII con respecto al grupo GEI y muy significativas de estos dos grupos frente al grupo GC. Los resultados se mantuvieron en el test de seguimiento. Obsérvese la siguiente tabla 2.

Categoría	ANOVA		TUKEY	
	Post-tratamiento	Seguimiento	Post-tratamiento	Seguimiento
Fidelidad definicional (conceptos)	F=26,320 y p=0,000**	F=25,590 y p=0,000**	p=0,000**(GEII-GEI) p=0,000**(GEII-GC) p=0,002**(GEI-GC)	p=0,001**

Tabla 2. ANOVA y Tukey HSD para las definiciones correctas de conceptos.

(Nota: **correlación significativa al nivel 0,05).

En la generación de conceptos en el mapa conceptual, el post-tratamiento y la prueba de seguimiento siguieron marcando diferencias a favor del grupo GEII, tal como pusieron de manifiesto el ANOVA de un factor y el Test de Tukey. Véase la tabla 3.

Categoría	ANOVA		TUKEY	
	Post-tratamiento	Seguimiento	Post-tratamiento	Seguimiento
Mapa conceptual (número de conceptos)	F=47,829 y p=0,000**	F=53,888 y p=0,000**	p=0,000**	p=0,000**

Tabla 3. ANOVA y Tukey HSD para el número de conceptos en el mapa conceptual.

(Nota: **correlación significativa al nivel 0,05).

En el porcentaje de relaciones correctas en el mapa conceptual, ANOVA y Tukey HSD encontraron diferencias significativas en la fase de post-tratamiento entre los grupos, en particular entre los grupos experimentales y el grupo control, superando también GEII a GEI. En el test de seguimiento se mantuvo el carácter significativo de las diferencias (tabla 4).

Categoría	ANOVA		TUKEY	
	Post-tratamiento	Seguimiento	Post-tratamiento	Seguimiento
Relaciones correctas mapa	F=15,453 y p=0,000**	F=16,725 y p=0,000**	p=0,010**(GEII-GEI)	p=0,005**(GEII-GEI)

conceptual (porcentaje)			p=0,000**(GEII- GC)	p=0,000**(GEII- GC)
			p=0,002**(GEI- GC)	p=0,000**(GEI- GC)

Tabla 4. ANOVA y Tukey HSD para el porcentaje de relaciones correctas en el mapa conceptual.

(Nota: **correlación significativa al nivel 0,05).

Finalmente, y por lo que concierne al porcentaje de respuestas acertadas de la batería de preguntas de elección múltiple del Modo de Reflexión, en la fase de post-tratamiento se encontraron diferencias significativas entre los grupos, tal y como puso de manifiesto el ANOVA de un factor y se localizó una diferencia significativa-vía Test de Tukey-, a favor del grupo GEII frente a los grupos GEI y GC. También se dió esta diferencia-a favor del grupo GEI-, con respecto al grupo de control. Tales diferencias quedaron refrendadas en el test de seguimiento.

Categoría	ANOVA		TUKEY	
	Post-tratamiento	Seguimiento	Post-tratamiento	Seguimiento
Modo de Reflexión	F=79,056 y p=0,000**	F=65,109 y p=0,000**	p=0,001**(GEII- GEI) p=0,000**(GEII- GC) p=0,000**(GEI- GC)	p=0,000**

Tabla 5. ANOVA y Tukey HSD para el porcentaje de respuestas correctas en el Modo de Reflexión.

4. DISCUSIÓN

El uso de PSICO-A parece haber mejorado el rendimiento general del alumnado en el aprendizaje de una unidad didáctica de Psicología frente al sistema de enseñanza clásico basado en la clase magistral.

En primer lugar, hemos de referirnos a la prueba de recuerdo libre. Karpicke & Blunt (2011) subrayan el valor que este tipo de actividad posee para el aprendizaje de material didáctico por parte de los alumnos, incluso por encima del uso de "organizadores previos" como los mapas conceptuales. Es habitual considerar que las tareas de tipo elaborativo (realización de diagramas, mapas conceptuales, etc.) aportan más al aprendizaje de los alumnos que las simples actividades de recuperación de recuerdos. La clave estaría en que el primer tipo de pruebas apuntalaría mejor el aprendizaje significativo de los estudiantes. No obstante, Karpicke & Blunt (art. cit.) demuestran que las tareas de recuperación libre de recuerdos catalizan el aprendizaje

significativo, incluso en mayor medida que las técnicas de aprendizaje elaborativo basadas en mapas conceptuales; esto es, mejoran la comprensión y la capacidad inferencial de los alumnos y refuerzan el aprendizaje a través de mecanismos fundamentados en la recuperación más que en la elaboración. Y es que los procesos de recuperación libre serían también mecanismos activos de aprendizaje porque los alumnos han de crear una estructura organizada de recuperación y discriminar los conceptos individuales a partir de dicha estructura. En consecuencia, la práctica del recuerdo libre activa las pistas para recuperar un determinado bloque de conocimiento, excluyendo como candidatos a otras posibles unidades de información. Según los autores (Karpicke & Blunt, 2011), más que incrementar la cantidad de características codificadas de un texto-algo propio del aprendizaje elaborativo-, la recuperación libre permite reconstruir lo estudiado, restringiendo el conjunto de posibles candidatos informacionales especificados por una pista dada y delimitando el espacio cognitivo de búsqueda. Todavía más; se trata de una herramienta muy valiosa para reconstruir y promover el aprendizaje conceptual en la ciencia, precisamente uno de los ejes de la didáctica implícita en PSICO-A: la generación y comprensión de conceptos. De ahí que el parámetro de recuerdo libre nos resulta de utilidad para determinar la superioridad de PSICO-A frente al sistema clásico de enseñanza, si se conecta con la generación de conceptos en el test del recuerdo libre (Bloc de notas). En el mayor número de conceptos generados en la prueba de recuerdo libre puede haber influido la propia estructura del diseño modular de PSICO-A, que garantiza que los alumnos han de rellenar la caja del Bloc de Notas después de haber mencionado si disponen de conocimientos previos acerca del tema. Aparte de la proximidad temporal con la información que se acaba de estudiar, tal vez el forzar a los alumnos a recordar si el tema “les suena”, active mejor las pistas mnemónicas del recuerdo libre y, en la línea de lo establecido por Karpicke y Blunt, genere una mejor recuperación conceptual.

La fidelidad definicional de los conceptos se refiere al porcentaje de definiciones correctas de conceptos realizadas por los sujetos en la actividad de recuerdo libre. PSICO-A parecería tener no solo un efecto activador en la retención de conceptos sino también en su comprensión. La razón puede encontrarse, como ya se ha comentado, en su forma de activar las pistas del recuerdo libre para discernir entre los diversos conceptos y sus significados.

Por lo que atañe al número de conceptos en el mapa conceptual, Karpicke & Blunt (2011) establecen que la elaboración de mapas conceptuales sin tener delante el texto a estudiar (como sucede en PSICO-A), es también una muestra práctica de recuperación de la información. Quizá también podría darse la superioridad de un sistema automático de construcción de mapas conceptuales (por ejemplo, *Cmap Tools*, Briggs et al., 2004) frente al uso del lápiz y papel tradicionales. No obstante, PSICO-A no cambiaría el signo del aprendizaje entre aquellos grupos que lo usan, puesto que no reforzaría lo suficiente los resultados de los grupos “desfavorecidos” de partida. De ahí que el grupo GEI, que ya generó menos conceptos en el mapa conceptual que el grupo GEII en la prueba de pre-tratamiento, no recupere un poco su desventaja ni en el post-tratamiento ni en el test de seguimiento.

En la tarea de reconocimiento adecuado de conceptos a través de las preguntas de

elección múltiple del Modo de Reflexión, quizá la mejor elaboración del mapa conceptual-actividad que precede a la actividad ligada al Modo de Reflexión-, entre los alumnos de los grupos experimentales, ha sido un indicio de que estos alumnos han consolidado los conocimientos adquiridos mejor que en el caso de los sujetos del grupo GC. Pero también los integrantes del grupo GC realizaron su propio mapa conceptual, por lo que la diferencia ha de explicarse porque PSICO-A aporta un “feedback” flexible en el Modo de Reflexión y un diseño en módulos integrados que secuencia bien el ejercicio de cada tarea.

5. CONCLUSIONES

PSICO-A es un sistema informático concebido para la enseñanza de unidades didácticas de Psicología a estudiantes de Educación Secundaria y quizá también de los primeros cursos del Grado. Es un sistema influido en su diseño por sistemas basados en agentes (SBA) como MetaTutor, Betty’s Brain y REAL y es un sistema de diseño modular que se inspira en la “teoría representacional” del conocimiento de Black. Su originalidad estriba en que aúna instrumentos pedagógicos que suelen aplicarse al alumnado de una manera aislada y sin un soporte experimental justificativo. Entre ellos, destacamos la recuperación libre del recuerdo, el uso de los mapas conceptuales, un mecanismo de “feedback” que combina las ventajas de la respuesta inmediata y diferida, la importancia que se concede a la metacognición a través de las ideas del Modelo metacognitivo global y la visión activa de la enseñanza, propia del paradigma constructivista del aprendizaje.

En el plano del diseño computacional, PSICO-A también introduce aportaciones interesantes. En primer lugar, su arquitectura es modular con Modos que interactúan y que sirven para ir secuenciando las tareas a realizar por el alumno. En segundo lugar, las posibilidades del profesor para recabar y analizar los datos procedentes de los alumnos son muy grandes, al disponer de un “back-end” que permite guardar la información de todas las pruebas. Aparte de la versión de escritorio, PSICO-A ha sido implementado en Internet, con todas las ventajas que esto supone: mayor visibilidad, mayor manejabilidad al evitar los problemas de capacidad de memoria y mayor facilidad de rediseño, al usar un lenguaje de programación específico para el diseño en la red, como lo es el lenguaje PHP5.

Hemos realizado una evaluación interna de nuestro Sistema, comparando el rendimiento en el aprendizaje de tres grupos de alumnos de Secundaria: un grupo control recibió la clase tradicional y los otros dos grupos experimentales manejaron PSICO-A (subdivididos, a su vez, en un grupo que interactuó con el juego del sistema y otro que solo pudo tener acceso a la simulación). PSICO-A demostró ser una herramienta de aprendizaje que parece superar al método tradicional de enseñanza-aprendizaje basado en la clase convencional de exposición y resolución de dudas.

En un futuro inmediato, PSICO-A ha de poder mejorar su interfaz con el alumno y ha de dar acogida a una debida monitorización para potenciar la capacidad metacognitiva de los estudiantes. Asimismo, ha de entrar a formar parte de la vanguardia en el

diseño educativo actual protagonizada por las plataformas tecnológicas, las comunidades de aprendizaje o los retos propiciados por la web semántica.

6. AGRADECIMIENTOS

Este artículo forma parte del trabajo de investigación doctoral realizado por el segundo autor y dirigido por el Dr. Javier González Marqués. A él va dirigido mi agradecimiento por su generosa acogida y ayuda así como a la Universidad Complutense de Madrid (UCM). Los doctores Emilio García (UCM), Virginia Jiménez (UCM), María Teresa Martín-Aragoneses (UNED), Francisco Pérez (UCJC) y Miguel Ángel Pérez (UCJC), que integraron el Tribunal, aportaron valiosos comentarios durante la defensa de la Tesis. Finalmente, el Dr. Andrés Leonardo Sclipa ayudó a la implementación del sistema.

7. REFERENCIAS

- ALONSO, J. (2012). *Psicología. Bachillerato*. Madrid: McGraw-Hill.
- AUSUBEL, D.P. (1968). *Educational psychology: a cognitive view*. N. York: Holt, Rinehart and Winston.
- AZEVEDO R., WITHERSPOON, A., GRAESSER A., MCNAMARA, D., CHAUNCEY, A., SILER, E.,...LINTEAN, M. (2009). MetaTutor: analyzing self-regulated learning in a tutoring system for biology. En V. Dimitrova, R. Mizoguchi, B. du Bolay y A. Graesser (Eds.), *Building learning systems that care: from knowledge representation to affective modeling*, pp. 635-637. Amsterdam: IOS Press.
- BAI, X. & BLACK, J. (2005). *REAL: a generic intelligent tutoring system framework*. En C. Crawford (Ed.), *Proceedings of Society for information technology and teacher education International Conference* (pp. 1279-1283). Chesapeake, VA: AACE.
- BASU, S., KINNEBREW, J., DICKES, A., FARRIS, A. V., SENGUPTA, P., WINGER, J., & BISWAS, G. (2012). *A science learning environment using a computational thinking approach*. En *Proceedings of the 20th International Conference on computers in education* (pp. 722-729). Singapur.
- BASU, S., BISWAS, G., SENGUPTA, P., DICKES, A., KINNEBREW, J.S., & CLARK, D. (2016). Identifying middle school students' challenges in computational thinking-based science learning. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 11(1), 1-35. doi: 10.1186/s41039-016-0036-2.
- BIMBO, A. DEL & VICARIO, J. (1995). Specification by-example of virtual agents behaviour, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 350-360. doi: 10.1109/2945.485622.
- BLACK, J.B. (1992). *Types of knowledge representation*. N. York: CTE Report Teachers College, Columbia University.

- BRIGGS, G., SHAMMA, D.A, CAÑAS, A.J., CARFF, R., SCARGLE, J. & NOVAK, J.D. (2004). *Concept maps applied to Mars exploration public outreach*. En A.J Cañas, J. Novak & F. González (Eds.), *Concept maps: Theory, methodology, technology. Proceedings of the first international conference on concept mapping (Vol. I)* (pp. 109-116). Pamplona: UPN.
- BROWN, P.C., ROEDIGER, L.H. & MCDANIEL, M.A. (2014). *Make it stick: the science of successful learning*. Harvard: Belknap Press.
- CARBONELL, J.R. (1970). *AI in CAI: an artificial intelligence approach to computer assisted instruction*. *IEEE Transactions on Man Machine Systems*, (pp. 190-202).
- CATALDI, Z. & LAGE, F. (2009). Sistemas tutores inteligentes orientados a la enseñanza para la comprensión [artículo en línea]. EDUTEC, Revista Electrónica de Tecnología Educativa. Núm. 28/ Marzo 2009. [Fecha de consulta: 07/10/2016].
- COLLINS, A.M, & GENTNER, D. (1983). How people construct mental models. En D Gentner & A.L Stevens (Eds.), *Mental models* (pp. 1-6). Hillsdale, NJ: LEA.
- CRESPI, L.P. (1942). Quantitative variation of incentive and performance in the white rat. *The American Journal of Psychology*, 55, 467-517.
- DAVIS, J.M., LEELAWONG, K., BELYNNE, K., BISWAS, G., VYE, N., BODENHEIMER, R. & BRANSFORD, J. (2003). Intelligent user interface design for teachable agent systems, ICIUI, pp. 26-33, Miami FL. doi: 10.1.1.14.8457.pdf.
- DE JONG, T., & VAN JOOLINGEN, W.R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68(2), 179-201.
- DICKES, A., & SENGUPTA, P. (2013). Learning natural selection in 4th grade with agent-based models. *Research in Science Education*, 43(3), 921-953.
- DUNLOSKY, J. & METCALFE, J. (2008). *Metacognition*, Londres: SAGE
- ESTRELLA, P. & DUBOUE, P. A. (2005). Experiments on language normalization for spanish to english machine translation, *RIIA*, 9, 23-37. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.4114/IA.V9I26.843>.
- GEE, J.P. (2007). *What video games have to teach us about learning and literacy*. N. York: Palgrave Macmillan.
- GENTNER, D. & STEVENS, A.L (1983). Introduction. En D. Gentner & A.L. STEVENS (Eds.), *Mental models* (pp. 1-6). Hillsdale, NJ: LEA.
- GILBERT, S.W. (2011). *Models-based science teaching*. Arlington: NSTApress.
- HAMMING, R.W. (1950). Error detecting and error correcting codes, *BSTJ*, 29, 147-160. Recuperado de : <http://www.lee.eng.uerj.br/gil/redesII/hamming.pdf>.
- HULL, C.L (1952). *A behavior system: an introduction to behavior theory concerning the individual organism*. N. Haven, CT: Yale University Press.

- JONASSEN, D. & LAND, S. (2012). *Theoretical foundations of learning environments*. Londres: Routledge.
- KARPICKE, J.D & BLUNT, J.R (2011). Retrieval practice produces more learning than elaborative studying with concept mapping, *Science*,331,772-775. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1126/science.1199327>.
- LERDORF, R, TATROE, K. & MACINTYRE P. (2006). *Programming PHP*. N. York: O'Reilly Media.
- LEVENSHTAIN, V. (1966). Binary codes capable of correcting deletions, insertions and reversals. *Soviet Physics Doklady*, 10, 707-710. Recuperado de: <http://profs.sci.univr.it/~liptak/ALBioinfo/fil/leventhstein66.pdf>.
- MAYOR, J., SUENGAS, A. & GONZÁLEZ, J. (1993). *Estrategias metacognitivas: aprender a aprender y aprender a pensar*. Madrid: Síntesis.
- NOVAK, J. (1977). *A theory of education*. Ithaca, N. York: Cornell University Press.
- OLIVER, I. (1994). *Programming classics: implementing the world's best algorithms*. Upper-Saddle River. N. York: Prentice-Hall.
- PAIVIO, A. (1971). *Imagery and verbal processes*. N. York: Holt, Rinehart, and Winston.
- PERKINS, D. (1998). What is understanding? En M.S. Wiske (Ed.) *Teaching for understanding: linking research with practice* (pp. 39-58). San Francisco: Jossey-Bass.
- PORTER, M.F. (1980). An algorithm for suffix stripping. *Program*,14, 130-137. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1108/eb046814>.
- SCALISE, K. & WILSON, M. (2012). Assessment in game-based learning. En D. Ifenthaler, D. Eseryel & G. Xun (Eds.), *Measurement principles for gaming. Foundations, innovations, and perspectives* (pp. 287-317). N. York: Springer-Verlag.
- SLAMECKA, N.J & GRAF, P. (1978). The generation effect: delineation of a phenomenon. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning & Memory*, 4, 592-604. doi: 10.1037/0278-7393.4.6.592.
- STEVENS, A. & COLLINS, A. (1977). *The goal structure of a Socratic tutor*. En *Proceedings of the National ACM Conference*. N. York: ACM.
- SCHWARTZ, D.L. Y BLACK, J.B (1996). Shuttling between depictive models and abstract rules: Induction and fallback. *Cognitive Science*, 20, 457-497.
- VANLEHN, K. (1988). Student modeling. En M. Polson (Ed.), *Foundations of Intelligent Tutoring Systems*, pp. 55-78. Hillsdale, N.J.:LEA.

VERDECIA, E. (2007). "Algunos fundamentos filosóficos y psicológicos de la tecnología educativa" [artículo en línea]. EDUTEC, Revista Electrónica de Tecnología Educativa. Núm. 23/ Julio 2007. [Fecha de consulta: 07/10/2016].

VYGOTSKY, L. (1978) [1930]. *Mind in society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

WOLF, B. (1984). Context dependent planning in a machine tutor, PhD. Dissertation, University of Massachusetts, Amherst, Massachusetts.

Para citar este artículo:

González, J. & Pelta, C. (2016). Psico-a: un sistema computacional integrado para la enseñanza de la psicología. *EDUTEC, Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 57. Recuperado el dd/mm/aa de <http://www.edutec.es/revista>