

Entornos interactivos en la educación. ¿Sólo cuestión de tecnología?

Jaime Alberto Parra-Plaza

Institución Universitaria Antonio José Camacho. Cali, Colombia. jparra@admon.uniajc.edu.co

Resumen— El uso de la tecnología como soporte para implementar estrategias didácticas es una de las áreas con mayor crecimiento en la actualidad. Sin embargo, la tecnología por sí misma no es suficiente para abordar el proceso total de aprendizaje así que desconocer los aspectos complementarios puede llevar a soluciones que no logren significatividad ni perdurabilidad en el aprendizaje. En este artículo se describe el diseño de entornos interactivos teniendo en la cuenta no sólo la tecnología sino también la intencionalidad en cuanto a significatividad de las estrategias didácticas mediadas por tales entornos. Las estrategias se diseñan teniendo como base las características neurogenéticas que subyacen al proceso mismo de aprendizaje. Los resultados parciales obtenidos en pruebas piloto sugieren que los entornos desarrollados así logran un aprendizaje más significativo y perdurable, al medirse en términos de interés, motivación y asimilación, con mejoras que sobrepasan un 50% relativo, ganancias normalizadas <g> entre 0.42 y 0.8.

Palabras Clave— Aprendizaje significativo; didáctica; entornos interactivos; proceso de aprendizaje; TIC.

Recibido: 22 de agosto de 2017. Revisado: 22 de septiembre de 2017. Aceptado: 11 de octubre de 2017.

Interactive environments in education. ¿Just a matter of technology?

Abstract— The use of technology as a support for implementing didactic strategies is one of the areas with greatest growth today. However, technology alone is not enough to address the total learning process hence ignoring the complementary aspects can lead to solutions that do not achieve meaningfulness or permanence in learning. This article describes the design of interactive environments taking into account not only the technology, but also intentionality as to meaningfulness of the didactic strategies mediated by such environments. Strategies are designed based on the neurogenetic characteristics that underlie the learning process itself. The partial results obtained in pilot tests suggest that the environments developed in this way achieve a more meaningful and long-term learning, when measured in terms of interest, motivation and assimilation, with improvements that surpass 50% relative, normalized gains <g> between 0.42 and 0.8.

Keywords— ICT; interactive environments; learning process; meaningful learning; teaching.

1. Introducción

La tecnología es una de las fuerzas que impulsan los cambios en la sociedad actual. Como tal está presente en todos los ámbitos del quehacer humano y por supuesto la educación está entre ellos [1]. Un creciente número de universidades en el mundo están promoviendo no sólo cursos sino carreras completas en línea. La misma educación presencial exige ya de

alguna manera un complemento virtual para acogerse al presente [2].

Una característica de la tecnología actual es la interactividad. El usuario está predispuesto a que puede generar acciones que tengan respuesta inmediata y que de alguna manera generen cambio en la forma en que el sistema actúa. En la línea didáctica, los sistemas interactivos buscan, al basarse en un sistema adaptativo, modelar al alumno para detectar su comportamiento y sus conocimientos previos para, teniendo en cuenta el enfoque pedagógico y didáctico que se desea seguir, proponer contenidos, métodos y medios para llevar a cabo el proceso de enseñanza-aprendizaje [3].

Si bien en muchos casos la tecnología educativa se complementa para su desarrollo de las concepciones pertinentes en pedagogía y didáctica, éste no es el caso general y se tiene un protagonismo exagerado del aspecto tecnológico en detrimento del educativo [4]. Otro aspecto relevante es que las consideraciones relativas al individuo en tanto ente biológico modelado por la evolución no están presentes de manera significativa, siendo sólo consideradas tangencialmente si es que se consideran [5].

En menor medida están presentes las consideraciones que emanarían de diseñar un entorno interactivo para el aprendizaje teniendo en la cuenta de manera explícita el modelado del individuo como ser biopsicosocial con un linaje biológico producto de la evolución que se materializa en su cerebro como herramienta para el aprendizaje [6]. Por ende se parte de considerar que el aprendizaje requiere para su activación de ciertas condiciones y precondiciones de tal manera que el individuo lo perciba como válido en tanto mecanismo para propiciar su supervivencia [7].

Dado que estos mecanismos están anclados en el inconsciente del individuo y que su activación se genera por situaciones que en la actualidad no son pertinentes, procede modelarlos a través de otras consideraciones. Una muy directa es la significatividad, es decir, el grado de relación que el aprendiz detecta entre lo que está aprendiendo y su propia vida [8].

Para la presente investigación se partió de un entorno interactivo diseñado con base en agentes computacionales. Cada uno de ellos tiene un determinado propósito en el entorno, como por ejemplo detectar algún comportamiento en el

Como citar este artículo: Parra-Plaza, J.A., Entornos interactivos en la educación. ¿Sólo cuestión de tecnología?. Educación en Ingeniería, 13(25), pp. 50-57, Febrero, 2018.

aprendiz, generar un contenido enfocado hacia algún objetivo o medir el tiempo de respuesta frente a algún interrogante. Los agentes que modifican el comportamiento de otros agentes se denominan agentes moduladores [9].

El diseño de tales agentes para mantener una intencionalidad hacia el aprendizaje significativo y su inserción en tiempos y medios en el entorno son los retos. El camino seguido fue el de relacionar el aprendizaje en tanto significativo con la potencial ventaja evolutiva que tal esfuerzo pueda implicar para el individuo de manera inconsciente [10].

En este artículo se describen las acciones empleadas para promover ese vínculo con el aprendizaje y su forma de inserción en didácticas mediadas tecnológicamente. Se muestran pruebas realizadas para corroborar su impacto y se evalúan los resultados obtenidos.

2. Metodología

2.1. Aprendizaje, evolución y tecnología

El aprendizaje es un proceso y se desencadena cuando se activa por la maquinaria genética que detecta un posible beneficio para el individuo en términos de lo que evolutivamente se considera como ventaja en tanto aporte a su supervivencia. En tiempos paleolíticos, tales ventajas se daban en aspectos como mayor rapidez para lograr mejores presas de caza, facilidad en dominar el lenguaje de otras tribus para así crear alianzas, o capacidad para detectar falsedad en el comportamiento de otros miembros de la comunidad para así establecer posiciones en el grupo [11].

En la actualidad la necesidad de aprender sigue por supuesto presente, pero los activadores que lo relacionan con la supervivencia no son inmediatos. Es posible decirle a un alumno que aprender a resolver ecuaciones diferenciales le permitirá entender mejor los temas de un curso siguiente, pero eso no basta para que su cerebro se involucre activamente en esa labor, la cual implica inversión de recursos. En ausencia de la detección clara de un beneficio en términos de supervivencia, las órdenes que debe emanar la red genética para preparar el cerebro para los cambios que implica el aprendizaje pueden darse muy tenuemente o incluso no darse, imposibilitando el aprendizaje auténtico [12].

En este sentido, es conveniente recurrir a la activación de tales detectores, pero mediante mecanismos indirectos que hagan posible su implementación en un sistema formal de educación, al tiempo que permita su abordaje mediante herramientas didácticas tanto convencionales como tecnológicas.

La propuesta implica un entorno tecnológico interactivo al cual el alumno puede acceder asincrónicamente y que complementa las sesiones presenciales que establecen el eje del curso. Las actividades en el entorno se basan en videos de corta duración tal como es la tendencia en el área.

Las diferencias fundamentales se relacionan con los siguientes aspectos: Uso de microevaluaciones para crear un perfil del alumno en cuanto a su estilo de aprendizaje, consideración de los momentos que deben tenerse en la actividad, diferenciando entre el ingreso a la misma, su desarrollo y su salida. La Fig. 1 describe el entorno.

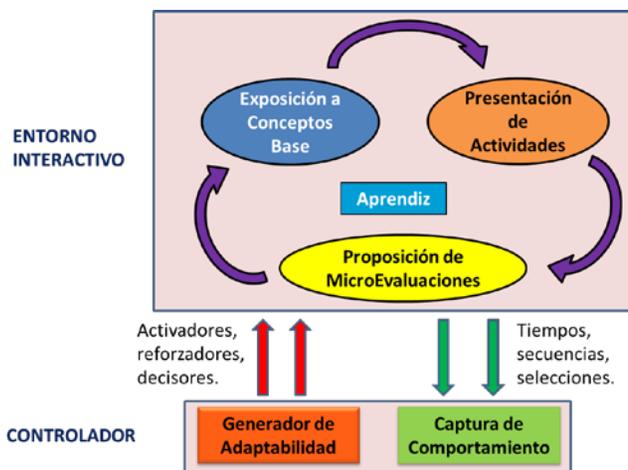


Figura 1. Entorno interactivo enfocado hacia el aprendizaje significativo.
Fuente: El autor.

2.2. Primer momento: Ingreso a la actividad

Newton formalizó a través del concepto de *inercia* aquello que se reconoce en la vida diaria: la tendencia de todo sistema a permanecer como está [13]. El uso del concepto en los sistemas que estudia la ciencia o que desarrolla la ingeniería es evidente. A partir de reconocer esta dinámica se tiene claro que si se desea que un sistema cambie su estado se debe realizar una transición suave para que los componentes del sistema puedan adaptarse a los cambios que requiere transitar hacia el nuevo estado [14].

En el caso de los seres humanos, estas consideraciones parecen no tenerse en la cuenta sistemáticamente. Al pensar con respecto a los deportes y la actividad física se ha establecido la importancia de un *calentamiento* previo a la actividad en sí, de tal manera que los músculos puedan adaptarse a la nueva situación y pasar de un estado de reposo o actividad suave al nuevo estado de intensa actividad. Mediante el calentamiento se logra allegar más sangre a los músculos, activar la formación de hormonas y neurotransmisores que serán importantes en esta nueva situación y generar las condiciones físicas de temperatura y elongación necesarias para que el músculo trabaje sin sufrir daño [15].

En relación al aprendizaje no hay una consideración de la misma índole. Habitualmente no se tiene por norma que los alumnos al iniciar la clase realicen una forma equivalente de "calentamiento intelectual". Lo más cercano es el "calentamiento" que hace el profesor, más para su propio beneficio de forma que él o ella pueda vincularse a la actividad, en la forma de saludos, de alguna opinión sobre los asuntos del día o de un recordatorio de los temas tratados previamente.

Es como si se pensara que el cerebro se encuentra de manera natural predispuesto para entrar plenamente a una actividad cognitiva sin ningún tipo de preámbulo. Curiosamente esto invalidaría el concepto mismo de inercia, así que al menos en ese aspecto no se está considerando muy científicamente el propio proceso educativo.

Reconociendo este desfase, se hace evidente la importancia de realizar este mismo tránsito suave entre el estado previo del

aprendiz, antes de ingresar a la actividad de aprendizaje, y el estado en que se encontrará cuando el proceso de aprendizaje esté en marcha. A esta fase de transición se le considera aquí como el *ingreso*.

Tal como el calentamiento físico induce al músculo a disponerse en cierto estado, el ingreso procura predisponer al aprendiz en general y a su cerebro en particular para vincularse al proceso de aprendizaje. Surgen por lo tanto interrogantes al respecto: ¿Es necesario predisponer al cerebro para aprender?, ¿de qué manera se logra predisponer al cerebro para aprender?, ¿cómo se evalúa que el cerebro ya se encuentra predispuesto para el aprendizaje?

El primer interrogante manifiesta que el cerebro debe ser preparado para el acto de aprendizaje. Es necesario profundizar en este aspecto, puesto que en principio parece que el simple acto de matricularse en un programa formal de enseñanza o más inmediatamente el acto de entrar al aula de clase fuese suficiente, en el imaginario actual, para capacitar al cerebro a recibir información y procesarla en procura de generar conocimiento.

Antes que nada es imperioso reconocer el cerebro como una herramienta evolutiva, de tal manera que sus propósitos y su actividad de una u otra manera están influidos por la consigna biológica de todo ser vivo: sobrevivir, mantenerse con vida y eventualmente reproducirse. En ese contexto, el aprendizaje, en tanto una de las actividades del cerebro, apuntaría a ser vehículo de mediación evolutiva. Como tal, se entenderá como el proceso que ocurre en el cerebro de un individuo que interactúa con su objeto de estudio, con miras a interpretar sus características y darle sentido en cuanto a forma y función [16]. Sólo en la medida en que se establezca algún vínculo entre el esfuerzo cognitivo del aprendizaje y la consigna primaria de la supervivencia, se da vía operativa a que se desencadene el proceso.

Es cuando aparece el segundo interrogante, dado que el aprendizaje requiere que se satisfagan ciertas condiciones para poder llevarse a cabo. Como resultado evolutivo, el aprendizaje es en sus aspectos más esenciales una herramienta de supervivencia, por lo cual está sujeto a las normativas de pertinencia que la evolución provee. En tal sentido, afincado en la raíz del inconsciente está la premisa de que la maquinaria de aprendizaje se activa sólo en la medida en que tal acción se vea pertinente como elemento que favorezca la supervivencia del individuo. Una forma equivalente de reconocer tales condiciones es considerar la *significancia* en tanto requisito para el aprendizaje perdurable [17].

Cuando alguien se enfrenta con la posibilidad de aprender algo nuevo, su cerebro evalúa qué tan conveniente es invertir recursos en el esfuerzo de adquirir tal información y después analizarla para desarrollar conocimiento. Puesto que ese nuevo conocimiento puede entrar a competir con el conocimiento anterior que se tenía sobre ese tema, el cerebro podría requerir tomar una difícil decisión y determinar si debe insertar este nuevo conocimiento y remplazar en cierta medida al conocimiento anterior al respecto. El conocimiento ya generado, entendido como experiencia, es un bien muy valioso, y el cerebro lo atesora como tal. Así que evolutivamente no resulta beneficioso permitir su modificación irrestricta. Sólo en la medida en que tal esfuerzo rinda frutos, el cerebro lo tomará

como importante y decidirá ingresarlo a su conjunto de conocimientos [18].

El tercer interrogante permite analizar estas consideraciones en la construcción de herramientas apropiadas para el aprendizaje. Así como el instructor de un atleta reconoce que el calentamiento ya se ha realizado al observar evidencia como sudoración, aumento del ritmo cardíaco, o mayor rapidez al reaccionar ante estímulos, entre otros; el profesor puede evidenciar que el aprendiz ya ha hecho el ingreso a la actividad cognitiva por manifestaciones como cambio en la reacción ante interrogantes, exploración de alternativas o incluso cambios fisiológicos como movimiento de los ojos, gestos faciales o aumento del ritmo cardíaco.

Emplear esta evidencia para generar modificaciones en las actividades didácticas como tal se constituye en un principio de trabajo para permitir que un sistema artificial adaptativo actúe como mediador en el proceso de aprendizaje. Tal acción de modificación se reconoce como *modulación* y es la consideración sobre la cual se basa la presente investigación. Medir directamente los cambios fisiológicos, si bien puede proveer de información valiosa y de primera línea, es difícil de realizar si se ha de emplear un sistema para ser usado masivamente y/o para ser empleado remotamente. Por fortuna es posible determinar con precisión información similar suficiente al realizar medidas indirectas.

Otro de los mecanismos de supervivencia que ha evolucionado el ser humano puede servir de ejemplo para comparar entre las medidas directas e indirectas: la mentira. El ser humano es un ser comunitario. Si bien se obtiene beneficio al compartir las actividades con las otras personas de la comunidad, también se está en una situación de competencia con esos otros miembros por recursos como la alimentación, la vivienda o las parejas. En ese contexto es ventajoso que un individuo guarde para sí cierta información tanto del grupo como de sus actividades particulares, de allí que surja la mentira como mecanismo para preservar tal información del resto de la comunidad [19].

Incluso la mentira puede tener beneficios no sólo para competir sino también para cooperar [20], tal como se evidencia en el famoso juego del *Dilema del Prisionero* [21]. Dado el enorme valor evolutivo que la mentira posee, no es de extrañar que existan mecanismos explícitos en el cerebro para generarla y preservarla y que su medición directa sea difícil. Si bien es posible realizar inferencias mediante análisis estadístico de señales EEG, éstos requieren condiciones especiales y se restringen a situaciones particulares [22].

Es cuando el empleo de mediciones indirectas toma relevancia. Es sabido que mentir genera cambios en el patrón de sudoración [23] lo cual es el principio sobre el cual se rige la máquina detectora de mentiras para realizar su labor. Basar un resultado en una sola característica no es estadísticamente significativo, de tal manera que es conveniente proveerse de un cierto conjunto básico de las mismas.

En lugar de confiar sólo en el cambio en la sudoración, podrían considerarse otros cambios tales como *microexpresiones* que duran algunos milisegundos, la risa falsa que hace que la comisura de los labios se estire hacia los lados, cambio en la voz que se hace más aguda, movimientos repetitivos de las extremidades, sequedad en la garganta o

mayor frecuencia al parpadear [24]. De hecho algunos estudios indican hasta 35 características susceptibles de ser empleadas como manifestaciones de mentira [25].

De manera similar, detectar si un individuo ya manifiesta un cambio positivo hacia la inserción en una actividad de aprendizaje puede determinarse indirectamente al recolectar un cierto conjunto de cambios en su comportamiento tales como el tiempo que tarda en responder a ciertos estímulos, la profundidad que establece en el seguimiento de una secuencia de temas asociados, o el movimiento que realiza con el puntero sobre una pantalla gráfica, entre otros.

Estas características y otras más no sólo dan cuenta de la preparación del aprendiz para iniciar la actividad cognitiva, sino también de su relación con las otras etapas del proceso que se consideran a continuación.

2.3. Segundo momento: Desarrollo de la actividad

Una vez captada la atención del aprendiz, el reto siguiente es mantenerla. Este reto de hecho es mayor en la actualidad, dado que los niveles de atención de la persona promedio han disminuido ostensiblemente debido al gran influjo de la tecnología al presente.

Un estudio conducido con usuarios de teléfonos inteligentes mostró cómo la ventana de atención, que hacia el año 2000 estaba en unos 12 segundos, se ha reducido ahora a unos 8 segundos, de hecho por debajo de la que tienen especies como las aves o el pez de colores [26]. En otro estudio enfocado a analizar el nivel de atención de los usuarios en una tarea antes de pasar a otra, se determinó que en promedio las personas sólo logran resistir alrededor de 40 segundos en la tarea que realizan antes de pasar a otra tarea posible. Para continuar con las comparaciones, esto es menor al caso de un mosquito [27].

Dada la importancia de la atención como condición para facilitar el aprendizaje, conviene establecer a qué hace referencia la misma y analizar si la atención actualmente se ha deteriorado o simplemente se ha modificado. La evaluación de la atención se basa en las categorías planteadas por Sohlberg y Mateer [28]. En la misma se describen cinco niveles de atención incremental (ver Tabla 1).

Tabla 1
Niveles de atención

Nivel	Descripción
1. Atención enfocada (fácil)	Responder a estímulos externos. Ejemplo: Reaccionar al contacto. Enfocarse permanentemente para realizar tareas repetitivas.
2. Atención sostenida	Ejemplo: Recordar instrucciones y realizarlas cuando sea necesario. Mantenerse enfocado mientras hay distracciones presentes.
3. Atención selectiva	Ejemplo: Realizar tareas ante distracciones como ruido y movimiento. Desplazar el enfoque entre tareas que necesitan diferentes habilidades.
4. Atención Alternativa	Ejemplo: Alternar entre preguntar, escuchar respuestas y escribir hechos. Responder al tiempo a múltiples tareas (cambio rápido de atención alterna.)
5. Atención dividida (difícil)	Ejemplo: Hablar por teléfono mientras envía un correo electrónico.

Fuente: Adaptado de [28].

Emplear esta categorización como referente para la creación y presentación de material y actividades permite que un sistema adaptativo genere contenidos en respuesta a la atención que perciba en el aprendiz en un momento dado en lugar de estandarizar las actividades para todos los alumnos de manera indiscriminada.

2.4. Tercer momento: Salida de la actividad

Así como la finalización de la actividad física sugiere realizar un *estiramiento* para que los músculos no sufran lesión y se pueda hacer un retorno a la actividad cotidiana y estar dispuesto para una subsiguiente actividad física, de igual manera sería apropiado que la finalización de la actividad intelectual en el proceso de aprendizaje culmine con una actividad que predisponga al individuo para ese retorno y esa continuación.

En el caso físico, el propósito de ese cierre es liberar los músculos de toxinas que al acumularse y permanecer evitará la restitución de la capacidad muscular plena. ¿Cuál es el equivalente al respecto en el caso intelectual? Curiosamente es posible establecer cierto vínculo directo con algo que podría ser la *toxicidad* en el plano cognitivo.

Cuando se está en el proceso de aprendizaje, el cerebro se encuentra ante un cúmulo de información, gran parte de ella novedosa, en tanto sea más ajeno el tema en cuestión al aprendiz.

Tal captura se realiza en tiempo real y no da tiempo a un procesamiento fino. El cerebro recurre a un escenario posterior para realizar esa depuración informativa. Ese momento es durante la etapa del sueño [29]. Es durante el mismo que el cerebro tiene la posibilidad de analizar la información captada durante la etapa de vigilia con miras a organizarla, preservar en forma de memoria aquella que considera relevante y desechar la que no, la cual correspondería a esas “toxinas” cognitivas [30].

Siendo éste un proceso inconsciente, se sigue que, desde el punto de vista procedimental, lo conveniente es generar actividad que permita a tal mecanismo la selección inducida de la información que se desea preservar a través del aprendizaje. Para ello la finalización o cierre de la actividad debería implicar la presentación de un tema abierto que haga que la posterior actividad de análisis onírico tenga insumos que inviten a una ulterior revisión y a dejar zonas grises para ser procesadas en siguientes actividades.

Una queja recurrente de los educadores es la falta de habilidad de los educandos en cuanto a poder elegir las herramientas más adecuadas para resolver un determinado problema. Esta carencia se debe a múltiples factores, entre los cuales el propio sistema educativo es en parte responsable [31].

Este acto de cierre se establece mediante una actividad de *reflexión*, es decir, la confrontación de lo visto en la sesión de trabajo con respecto a un contexto más amplio, ya sea la vida particular del individuo, la disciplina que estudia o las implicaciones que ésta tenga sobre la sociedad o el medio ambiente.

3. Pruebas y resultados

Para evaluar el impacto de las pautas psicoevolutivas consideradas sobre la mejora en el aprendizaje, se diseñó un entorno interactivo de aprendizaje teniendo en cuenta de manera explícita tales postulados. El entorno se implementó a través de página Web en donde la interactividad es soportada

por el modelo cliente-servidor haciendo uso de las herramientas que proveen JavaScript y JQuery para soportar el lado del cliente [32] y PHP y la pila MEAN para soportar el lado del servidor [33].

3.1. Tercer momento: salida de la actividad

El tema base seleccionado para la validación en el aprendizaje es el de sistemas de primer orden enseñado a estudiantes del área de automatización en la carrera de ingeniería electrónica. Para ello se empleó como eje los circuitos tipo Resistor-Capacitor, la transformada de Laplace y el análisis comportamental de la respuesta al escalón [34].

Las dificultades que se han reconocido como las más importantes por parte de los docentes y de la institución misma hacen referencia a la desconexión entre la teoría, en sus aspectos físicos y matemáticos, la práctica, relativas al manejo de ecuaciones para análisis y diseño, y la implementación, en cuanto se relaciona con la manera en que los aspectos anteriores se tienen en cuenta al momento de materializar un diseño en un sistema físico o de enfrentarse a un sistema ya existente con miras a detectar problemas en él o a realizar modificaciones.

La estrategia didáctica sugiere la consideración de los tres momentos discutidos: ingreso, desarrollo y salida de la actividad de aprendizaje. Para el caso del ingreso, el propósito es despertar el interés del estudiante a través de la curiosidad, al presentarle interrogantes que se relacionan ya sea con su vida diaria o con la experiencia directa sobre los sistemas electrónicos en los cuales hacen presencia los sistemas de primer orden. El entorno interactivo aleatoriamente escoge preguntas de un banco de interrogantes preparado para suscitar curiosidad (ver Tabla 2).

Para la fase de desarrollo se emplea como estrategia el uso intercalado de juegos. Desde el momento mismo de la fase de ingreso a través de los interrogantes de curiosidad junto con las microevaluaciones realizadas en la fase de desarrollo, el entorno va configurando una perfilación de cada alumno con miras a establecer sus estrategias de aprendizaje haciendo uso del modelo de cuadrantes para generar significación en el entorno.

El Modelo de Cuadrantes [35] identifica cuatro formas de aprender: analítica, holística, secuencial y emocional. A partir de las mismas, se crearon actividades materializadas a través de tres tipos de juegos: crucigramas, ahorcado y adivinar imágenes. Los juegos constituyen un mecanismo muy efectivo para involucrar a alguien en el aprendizaje, puesto que combinan diferentes aspectos

Tabla 2
Ejemplos de interrogantes de curiosidad

Interrogante	Opciones
Usted pasa su dedo por la pantalla de su celular, pero éste no responde al comando táctil. Sus dedos están limpios y secos ¿Qué acción de éstas es más apropiada?	a. Presionar la pantalla más fuerte b. Deslizar su dedo más rápido c. Frotar sus manos y reintentar
Un condensador electrolítico tiene forma cilíndrica porque ...	Pregunta abierta
¿Qué ocurre si se perfora un condensador electrolítico?	a. Expulsa un líquido b. Estalla c. Depende del voltaje que tenga d. Nada

Fuente: El autor.

Tabla 3
Relación entre estilos de aprendizaje y actividades

Estilo	Actividad
1. Analítico	Comprobación en la práctica.
2. Holístico	Simulación.
3. Secuencial	Demostración.
4. Emocional	Comparación.

Fuente: El autor.

tales como la curiosidad, la detección de patrones o el reto, para todos los cuales el ser humano posee una predisposición e interés natural [36].

La fase de salida involucra establecer una reflexión para expandir el conocimiento, para vincular lo visto en la sesión con un contexto mayor. En este caso se plantean reflexiones como ésta: Calentar agua tiene un comportamiento similar al de un circuito RC. Se desea calentar un litro de agua hasta 80°C, ¿qué acción lo hace más rápido?

- a. Calentar todo el litro hasta 80°C
- b. Calentar medio litro hasta 80°C, añadir el otro medio litro y calentar hasta 80°C
- c. Dividir el litro en diez recipientes con igual cantidad. Calentar la primera décima hasta 80°C, añadir la segunda décima hasta 80°C, repetir lo mismo para las otras décimas

Según el estilo de aprendizaje detectado, se propuso a cada estudiante una actividad extracurricular para comprobar su hipótesis, escogida por el entorno entre las opciones indicadas en la Tabla 3 de acuerdo con el estilo de aprendizaje detectado.

Como se estableció, el propósito es suscitar actividad inconsciente durante el sueño posterior a la sesión de trabajo y los siguientes días, más bien noches, hasta que se presente la siguiente actividad o la sesión presencial con el profesor. El propósito es permitirle al cerebro madurar ideas, contrastar conceptos y predisponerse para un estadio superior de aprendizaje en la sesión siguiente, algo difícil o imposible de lograr en un continuo en la misma sesión sin que medie el mecanismo biológico del sueño y su actividad inconsciente de organización de la información y creación de conocimiento.

3.2. Resultados

Para determinar el impacto que el empleo intencional de las diferentes estrategias en cada momento o fase del proceso podría tener en el aprendizaje, se realizaron diferentes pruebas a grupos de alumnos. En todos los casos, cada alumno interactuó con el entorno interactivo para aprender el tema específico, para lo cual se establecieron tres grupos, cada uno de 30 alumnos: A) grupo control: alumnos para quienes la presentación de contenidos se realizó de forma homogénea, de acuerdo con una programación inicial por parte del profesor, B) alumnos a quienes previamente se les realizó una prueba estándar de Modelo de Cuadrantes elaborada tomando por guía a [37, 38] y para quienes la intervención se realizó sólo en la fase de desarrollo empleando los juegos tomando por base los resultados de tal prueba, C) alumnos a quienes la intervención se realizó en los tres momentos, y a quienes también se les realizó la prueba de Modelo de Cuadrantes tal como se indicó para el grupo B.

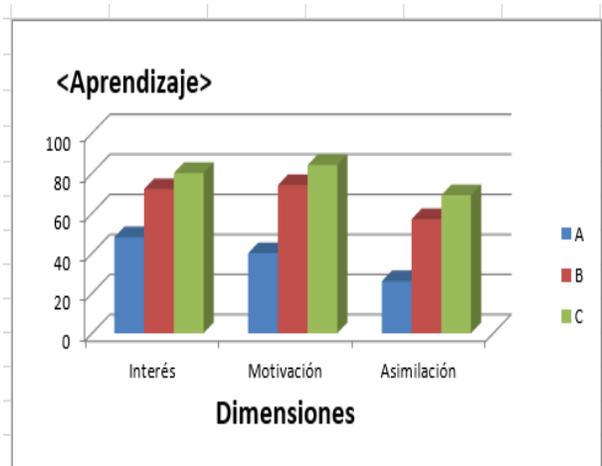


Figura 2. Métricas de aprendizaje para los primeros grupos considerados. Fuente: El autor.

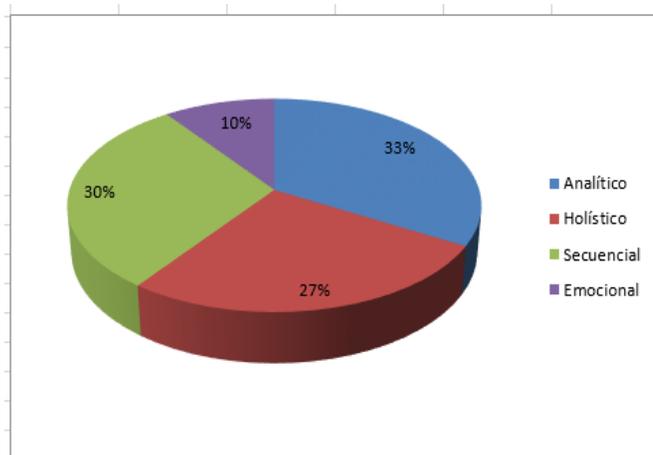


Figura 3. Estilos de aprendizaje por detección automática para el grupo D. Fuente: El autor.

La Fig. 2 muestra los resultados de las medidas de aprendizaje realizadas, los valores son el promedio por cada grupo y están dados en porcentajes, donde el 100% es el valor perfecto de la categoría. Se tomaron tres aspectos: interés, motivación y asimilación. El interés se midió como el tiempo promedio que permanecía el alumno en una sesión de estudio, la motivación es el número de temas de estudio que consultó de los disponibles en la sesión y la asimilación se determinó como la cantidad de respuestas correctas que obtuvo el alumno en una prueba de suficiencia realizada un mes después de haber estudiado el tema.

Se observa que la detección de estilos de aprendizaje como insumo para la presentación de contenidos genera mejorías con respecto a la presentación homogénea de los mismos, contrastando los valores para los grupos A y B. A su vez, se observa cómo la inclusión de los otros momentos, inicio y salida, evidenció mejorías ulteriores, tal como indica los mayores valores del grupo C con respecto al grupo B. La diferencia más notable se da en la asimilación, en donde la inclusión de todos los aspectos hace que la retención y aplicación ulterior de conocimientos más que se duplique con respecto a la forma convencional de instrucción, incluso siendo ésta mediada tecnológicamente.

Con miras a establecer en qué medida el entorno tecnológico no sólo permite la presentación de material sino también la detección confiable de comportamientos en los aprendices, se incluyó un cuarto grupo (D). En este grupo se realizó la detección de estilos de aprendizaje no mediante un cuestionario, sino dinámicamente según el enfoque dado en [39], arrojando la distribución que se indica en la Fig. 3.

Esta información de estilos de aprendizaje se anexó como punto de partida para el módulo gestor de juegos, el cual los presentó a cada alumno en particular teniendo en cuenta el estilo de aprendizaje detectado. La Fig. 4 presenta las medidas de aprendizaje incluyendo al nuevo grupo D.

Se observa que los resultados para el grupo D superan a todos los otros grupos. Este resultado sugiere que la mediación tecnológica puede abarcar diferentes aspectos del proceso de aprendizaje y que los resultados que se obtienen por cierto módulo del entorno pueden alimentar otros módulos para así crear un soporte tecnológico más robusto.

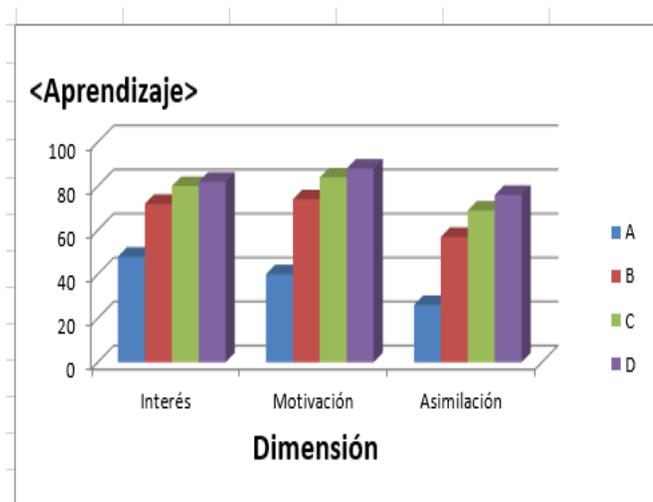


Figura 4. Métricas de aprendizaje para todos los grupos considerados. Fuente: El autor.

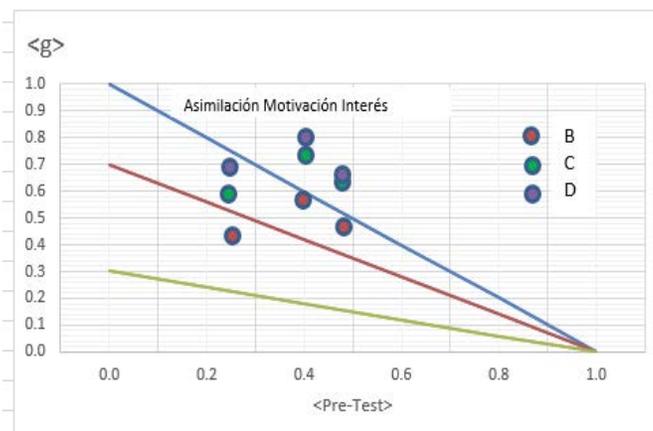


Figura 5. Ganancia normalizada vs promedio del pre-test. Según Hake, se presentan tres regiones de interés: alta ganancia entre 0.7 y 1.0, media ganancia entre 0.3 y 0.7 y baja ganancia entre 0.0 y 0.3. En el caso presente se tienen valores para estas ganancias en las regiones medias y altas, con valores entre 0.42 y 0.8.

Fuente: El autor.

Otra forma de cotejar la información y de analizar la mejoría en el aprendizaje es comparando los resultados de los grupos B, C y D con respecto a la exposición base representada por el grupo A. Haciendo uso del indicador de aprendizaje ganancia promedio normalizada, $\langle g \rangle$ de Hake [40] se obtiene la gráfica presentada en la Fig. 5.

4. Conclusiones

El aprendizaje de un alumno es susceptible de ser mejorado si se tiene en cuenta su dimensionalidad como ser complejo biopsicosocial.

La consideración del aprendizaje como un proceso y de la necesidad de separar en momentos las sesiones de aprendizaje permite diseñar estrategias particulares para cada momento que activen aspectos particulares del inconsciente del aprendiz que promuevan significatividad.

El diseño de las actividades tomando como base la evolución, es decir, la modulación neurogenética, y su impronta en cuanto al comportamiento general de los individuos permite de forma intencional evaluar la eficiencia del proceso didáctico.

La información relativa a los estilos de aprendizaje que cada alumno tiene es valiosa como insumo para determinar qué recursos didácticos son procedentes con miras a generar aprendizaje contextualizado y son un complemento apropiado de los moduladores.

El uso de tecnología para generar los moduladores, para detectar perfiles de los alumnos y generar contenidos que incrementen la significatividad y por ende el aprendizaje es un apoyo que facilita al profesor poder materializar sus estrategias de enseñanza de formas más elaboradas manteniendo sus esfuerzos en niveles adecuados.

La inclusión de técnicas tan básicas como las curiosidades, los juegos y las reflexiones mostró ser de gran valor si éstos poseen una intencionalidad de incrementar la significatividad. Si se combinan con la detección de estilos de aprendizaje realizada por la plataforma tecnológica, se está frente a un promisorio entorno significativo de aprendizaje.

La suma de técnicas que son apropiadas de manera independiente puede redundar en una ulterior mejora. En el caso presente, la perfilación por estilos de aprendizaje ayudó al medio tecnológico a incrementar la significancia al ser combinada con los moduladores neurogenéticos.

Referencias

[1] Kelly, R., 11° Ed. Tech Trends to Watch in 2017. [online]. Available at: <https://campustechnology.com/articles/2017/01/18/11-ed-tech-trends-to-watch-in-2017.aspx>, 2017.

[2] Pelet, J., E-Learning 2.0 technologies and web applications in higher education advances, in: Higher Education and Professional Development, IGI Global, 2013.

[3] Soledad, C., Sistemas inteligentes en la educación: Una revisión de las líneas de investigación y aplicaciones actuales. RELIEVE: 10(1), pp. 3-22, 2004.

[4] Parra-Plaza, J.A., Aprendizaje significativo y sociedad del conocimiento. Órbita Científica, [en línea]. 22, 2016, Disponible en: http://rorbita.ucapejv.edu.cu/index.php/rOrb/article/view/223/html_6

[5] Parra-Plaza, J.A., Propiciando el aprendizaje significativo en entornos interactivos mediante la inserción de moduladores neurogenéticos. Compdes, Guatemala, 2017.

[6] Parra-Plaza, J.A., Mejora de la experiencia de videojugador usando inteligencia computacional biomolecular. X Congreso Internacional de Electrónica, Control y Telecomunicaciones, Bogotá, 2014.

[7] Moore, B., The evolution of learning. Biol Rev Camb Philos Soc, 79(2), pp. 301-35, 2004. DOI: 10.1017/S1464793103006225

[8] Ausubel, D., Educational psychology: A cognitive view, New York: Holt, Rinehart & Winston, 1968.

[9] Parra-Plaza, J.A., Modelo didáctico basado en entornos interactivos enfocados hacia el aprendizaje significativo. II Congreso Internacional de Pedagogía, Didáctica y TIC aplicadas a la Educación, Bogotá, 2015.

[10] Doyle, T. and Zakrajsek, T., The new science of learning: How to learn in harmony with your brain, Stylus Publishing, 2013.

[11] Weber, B. and Depew, D., Evolution and learning: The Baldwin effect reconsidered (Life and mind: Philosophical issues in biology and psychology), Bradford Book, 2007.

[12] Willingham, D., Why don't students like school?: A cognitive scientist answers questions about how the mind works and what it means for the classroom, Jossey-Bass, 2010.

[13] Escocotado, A., Principios matemáticos de la filosofía natural - Isaac Newton, Tecnos, 2011.

[14] van der Schaft, A., An introduction to hybrid dynamical systems, University of Twente, 1999.

[15] Fradkin, A. Gabbe, B. and Cameron, P., Does warming up prevent injury in sport?. The evidence from randomised controlled trials. J Sci Med Sport, 9(3), pp. 214-220, 2006. DOI: 10.1016/j.jsams.2006.03.026

[16] Eagleman, D., Incognito: The secret lives of the brain, Canongate Books, 2012.

[17] Ausubel, D. Novak, J. and Hanesian, H., Educational psychology: A cognitive view, Holt, Rinehart & Winston, 1978.

[18] Dennett, D., From bacteria to bach and back: The evolution of minds, W. W. Norton & Company, 2017.

[19] Smith, D., Why we lie: The evolutionary roots of deception and the unconscious mind, St. Martin's Griffin, 2007.

[20] McNally, L. and Jackson, A., Cooperation creates selection for tactical deception. Proceedings of the Royal Society B, 2013. DOI: 10.1098/rspb.2013.0699

[21] Stewart, A. and Plotkin, A., From extortion to generosity, evolution in the Iterated Prisoner's Dilemma. PNAS Early Edition. 110, pp. 15348-15353, 2013.

[22] Kazi, S. and Harne, B., Statistical signal processing of EEG signals for lie detection. International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering, 4(4), pp. 2654-2660, 2015. DOI: 10.15662/ijareeie.2015.0404116

[23] Gramzow, R., Willard, G. and Mendes, W., Big tales and cool heads: Academic exaggeration is related to cardiac vagal reactivity. Emotion, 8(1), pp. 138-144, 2008. DOI: 10.1037/1528-3542.8.1.138

[24] Pease, A. y Pease, B., El lenguaje del cuerpo, Amat Editorial, 2010.

[25] Ekman, P., Nonverbal messages: Cracking the code, Paul Ekman Group, 2016.

[26] Brain, S., Attention span statistics. [online]. Available at: <http://www.statisticbrain.com/attention-span-statistics/>, 2017.

[27] Mark, G., Work, email, distraction, repeat: Switching tasks is ruining your workflow. [online]. Available at: <https://rework.withgoogle.com/blog/switching-tasks-ruins-workflow/>, 2017.

[28] Sohlberg, M. and Mateer, C., Cognitive rehabilitation: An integrative neuropsychological approach, The Guilford Press, 2001.

[29] Wamsley, E., Tucker, M., Payne, J., Benavides, J. and Stickgold, R., Dreaming of a learning task is associated with enhanced sleep-dependent memory consolidation. Current Biology May 11; 20(9), pp. 850-855, 2010. DOI: 10.1016/j.cub.2010.03.027

[30] Stickgold, R. and Walker, M., Sleep-dependent memory triage: Evolving generalization through selective processing. Nature Neuroscience 16, pp. 139-145, 2013. DOI: 10.1038/nn.3303

[31] Delgado, C., Nuevas tecnologías y zona de desarrollo próximo, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 2004.

[32] Dayley, B., jQuery and JavaScript phrasebook, Pearson, 2014.

- [33] Dickey, J., *Write modern Web apps with the MEAN stack: Mongo, Express, AngularJS, and Node.js*, Pearson, 2015.
- [34] Nise, N., *Control Systems Engineering*, Wiley, 2015.
- [35] Herrmann, N., *El libro de negocios de todo el cerebro*, McGraw-Hill, 1996.
- [36] Huizinga, J., *Homo ludens*, Alianza Editorial, 2007.
- [37] Gómez, D., *Estilos de aprendizaje en los estudiantes universitarios con base en el modelo de hemisferio cerebrales*. *Revista Académica de la Investigación*, 11, pp. 2-23, 2012.
- [38] Carvajal, P. y Barros, A., *Análisis estadístico multivariado de los estilos de aprendizaje predominantes en estudiantes de ingenierías de la Universidad Tecnológica de Pereira - II - II semestre de 2006*. *Scientia Et Technica*, XIII (34), 2007.
- [39] Parra-Plaza, J.A., *Inteligencia computacional fuertemente bioinspirada enfocada hacia el aprendizaje significativo*. *CICOM - Congreso Internacional de Computación*, Cartagena, 2015.
- [40] Roychoudhury, A., Gabel, D. and Hake, R., *Inducing and measuring conceptual change in introductory-course physics students*. *AAPT Announcer*, 19(4), p. 64, 1989.
- J.A. Parra-Plaza**, recibió el título de Ing. Electricista en 1991, de MSc. en Automática en 1997 y de Dr. en Ingeniería – Electrónica y Computación en 2012, todos ellos de la Universidad del Valle, Cali, Colombia. De 1995 a 2012 trabajó en la Pontificia Universidad Javeriana. Se vinculó a la Institución Universitaria Antonio José Camacho, Cali en el año 2013 como profesor asociado. Entre los años 2014 y 2015 fue director del Grupo de investigaciones Gicat. Actualmente es investigador asociado al Grupo Inteligo y es estudiante de doctorado en Ciencias Pedagógicas de la Universidad Enrique José Varona de La Habana, Cuba. Sus intereses investigativos incluyen: sistemas complejos, sistemas empotrados y sistemas adaptativos empleando computación, inteligencia artificial fuertemente bioinspirada y hardware reconfigurable.
ORCID: 0000-0002-4255-5296