

# Carga cognitiva y aprendizaje con TIC: estudio empírico en estudiantes de química y física de secundaria

## Cognitive load and Learning with ICT: an empirical study on Chemistry and Physics students from high school

Marcelo Augusto Salica<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias de la Educación - Universidad Nacional del Comahue, Cipolletti, Argentina.

[marcelo.salica@uncoma.face.edu.ar](mailto:marcelo.salica@uncoma.face.edu.ar)

Recibido: 11/07/2019 | Aceptado: 25/11/2019

**Cita sugerida:** M. A. Salica, "Carga cognitiva y aprendizaje con TIC: estudio empírico en estudiantes de química y física de secundaria," *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, no. 24, pp. 67-78, 2019. doi: 10.24215/18509959.24.e08

Esta obra se distribuye bajo **Licencia Creative Commons CC-BY-NC 4.0**

### Resumen

En la actualidad, resulta escaso encontrar estudios que permitan conocer los efectos de las TIC en el aprendizaje de las ciencias naturales, principalmente basadas en metodologías cuantitativas o mixtas. La tendencia general de los informes e investigaciones sobre el tema, destacan el impacto positivo de las TIC, sin embargo, estas indagaciones no ofrecen información sobre los efectos cognitivos de las TIC en el aprendizaje y sus derivaciones didácticas. Basado en la Teoría de la Carga Cognitiva, esta investigación explora los efectos de las TIC contrastando dos tipos diferentes de modelos didácticos mediante el empleo de Secuencias de Enseñanza y Aprendizaje (SEA). La investigación utiliza un indicador cuantitativo indirecto para medir la CC en 50 estudiantes de secundaria que estudian Física y Química. Cada SEA impone una tarea particular sobre el sistema cognitivo del grupo disciplinar. Para el análisis se cruzaron las siguientes variables: actitudes, género, disciplina y canales de percepción. Los resultados obtenidos muestran que el grupo de Química no presenta diferencias antes y después de la intervención didáctica. El grupo de Física, muestra mejoras en el aprendizaje colaborativo. A partir de estos incipientes hallazgos, se presentan algunas implicancias socio-cognitivo-didácticas para la enseñanza de las ciencias y la investigación educativa.

**Palabras clave:** Carga cognitiva; Tecnología educativa; Aprendizaje; Física y química; Género; Actitud.

### Abstract

At present, it is scarce to find studies that allow knowing the effects of ICT in the learning of natural sciences, mainly based on quantitative or mixed methodologies. The general trend of reports and research on the subject, highlight the positive impact of ICT, however, these inquiries do not provide information on the cognitive effects of ICT in learning and its didactic derivations. Based on the Cognitive Load Theory, this research explores the effects of ICT by contrasting two different types of didactic models through the use of Teaching and Learning Sequences (SEA). The research uses an indirect quantitative indicator to measure CC in 50 high school students studying physics and chemistry. Each SEA imposes a particular task on the cognitive system of the disciplinary group. For the analysis, the following variables were cross checked: attitudes, gender, discipline and perception channels. The results obtained show that the Chemistry group does not present differences before and after the didactic intervention. The Physics group shows improvements in collaborative learning. From these incipient findings, some socio-cognitive-didactic implications for the teaching of science and for educational research are presented.

**Keywords:** Cognitive load; Educative technology; Learning, Physics and chemistry; Gender; Attitude

## 1. Introducción

El modo en que los estudiantes adquieren y procesan la información es una pieza clave para lograr una adecuada integración curricular de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) [1] en las clases de ciencias: Física y Química. La llegada de las tecnologías en la enseñanza introdujo formas mucho más interactivas. En esta misma línea, recuperamos a “Ferreiro [2], al señalar que los cambios en las mediaciones para la «alfabetización» crean nuevas aperturas y requerimientos para una alfabetización digital-multimedial”. “El aprendizaje constituye un proceso personal, interno, permanente, dinámico y activo, tanto individual como social. Esto significa visualizar al estudiante como procesador activo de información y generador de conocimientos. Asimismo, el aprendizaje aparece ligado a la idea de cambio con una cierta permanencia, a partir de la experiencia y referido a la comprensión, información, capacidades, competencias, conocimientos y actitudes” [3]. A raíz de lo anterior, especialistas en el campo de la psicología cognitiva se dieron tarea de realizar investigaciones vinculadas a conocer cómo influye el uso de las herramientas multimedia en el aprendizaje. Esto originó la elaboración de teorías como el de la Carga Cognitiva (CC) [4] y, más adelante, la Teoría Cognitiva del Aprendizaje Multimedia (TCAM) [5]. De manera general, estas teorías pretenden optimizar los ambientes de aprendizaje mediados por las TIC, permitiendo diseñar y planificar Secuencias de Enseñanza y Aprendizaje (SEA), material didáctico e interfaz digital que resulten más efectivas.

Para contribuir con el propósito mencionado, se plantea en esta investigación la importancia de comprender y analizar la relación entre la memoria sensorial y las actitudes en los estudiantes de ciencias de secundaria, en función del tipo de inteligencia o capacidad que demanda el uso del recurso TIC de cada asignatura (Química y Física) y los efectos de género. Dado que en el contexto educativo, los estudiantes promueven aprendizajes tanto individual como socialmente compartido, estos son factores que pueden influir en la CC durante su interacción con el contenido de la interfaz gráfica del software utilizado [6], [7].

Por otra parte, son escasos los estudios basados en metodologías cuantitativas o mixtas que permitan conocer el efecto de las TIC en el aprendizaje de las ciencias naturales. La tendencia general de los diversos informes e investigaciones revelan el impacto positivo de las TIC, cuyos estudios se caracterizan por ser indagaciones principalmente cualitativas por su fuerte componente socioeducativo, como se observa en varios autores [8], [9], [10]. La mayoría de estos estudios revelan el efecto positivo de las TIC en términos pedagógicos y didácticos del aula, pero no ofrecen información acerca del rendimiento académico y su impacto en el aprendizaje [11]. Particularmente, las evaluaciones de los «modelos de aprendizaje 1:1 [12]» muestran que la adquisición y entrega de tecnología a las instituciones educativas, sin un proyecto

o planeamiento educativo adecuado tienden al fracaso en la transformación de las prácticas de enseñanza y aprendizaje [13]. La naturaleza de estos resultados y sus consecuencias llevan a inferir que el principal problema, consiste en la dificultad de establecer una relación de causalidad entre el uso de las TIC y sus efectos en los aprendizajes dado que la CC depende de la interacción de tres factores o dimensiones: las características del estudiante, las cualidades del material didáctico y el contexto socioeducativo.

De todo lo anterior, resulta necesario comprender y relacionar la forma en que los estudiantes reciben, procesan y utilizan los datos y la información en las clases de Física y Química de la educación secundaria en relación a sus múltiples capacidades de cognición [14], con especial atención en la modalidad que caracteriza a los estudiantes para procesar la información (visual, auditiva y táctil), las múltiples inteligencias [15], las actitudes de los estudiantes para aprender Ciencia y Tecnología (C y T) mediado por la multimodalidad de los recursos TIC, y los efectos de género. Incluir la variable de género en la presente investigación no se limita a evaluar la posible desigualdad en los y las estudiantes como resultado de una intervención didáctica, sino que busca reivindicar la diversidad de la condición humana para el desarrollo de las inteligencias múltiples de las personas.

### 1.1. Teoría de la Carga Cognitiva y la Inteligencia Múltiple en la Era Digital

El aprendizaje de una persona está dirigido por la cantidad de recursos cognitivos que la misma utiliza para realizar una tarea determinada [4], [5]. La información proveniente del entorno es recibida y procesada por medio de los tres tipos de memoria sensorial (icónica, ecoica y háptica) parcialmente independientes. Esto hace que la CC sea una variable externa dada por las características de la tarea que se debe realizar, los recursos mentales demandados y la capacidad de las personas para gestionar estos recursos [16].

De acuerdo con Sweller [4], la CC tiene que ver con la interacción que se origina entre las características de la persona y de la tarea de aprendizaje. Respecto a las características del estudiante, se tiene en cuenta su edad y el conjunto de capacidades o inteligencias que la persona es capaz de promover en función de la tarea de aprendizaje, también definido como desempeño.

La TCC postula que se debe considerar la interacción entre la “Arquitectura Cognitiva Humana y las características de la tarea [17]”, particularmente cuando en la interfaz persona-computadora intervienen sistemas de representación multimodal que utiliza el software para representar el contenido icónico de la interfaz gráfica [6], [7] de la pantalla.

Entre los diversos factores o dimensiones que determinan la CC en el contexto educativo, la memoria sensorial es la que recibe la información por medio de los canales sensoriales como la audición (auditivos y verbales), la visión y el kinestésico (táctil y propiocepción), cuyas modalidades condicionan las formas o sistema de representación de la información y que pueden provocar un consumo excesivo de los recursos en la memoria de largo plazo, condicionando la formación de conceptos. De acuerdo a lo anterior, la combinación adecuada de los canales perceptivos en función de las características del modelo didáctico de enseñanza, pueden aportar conocimiento más preciso para diseñar SEA que permitan una integración de las TIC que atienda, no solo a los modos de procesar la información de parte del estudiante, sino también, a las características del hardware, de la interfaz gráfica del software y de la representación del contenido icónico científico del mismo.

Operar con el contenido de la interfaz gráfica del software conlleva en la persona poner en acción diferentes procesos cognitivos y dimensiones del conocimiento. Entre las dimensiones principales podemos encontrar, el conocimiento factual, procedimental, simbólico-conceptual y metacognitivo. La combinación de estas dimensiones deriva en lo que hoy se conoce como inteligencias múltiples “entendidas como una capacidad o habilidad de un aspecto concreto del ser humano, en un momento dado [15]”. Para identificar cada una de estas habilidades, Gardner [15] propone la observación como método esencial, lo que permitirá el descubrimiento de las habilidades dominantes y trazar los cambios que estas adquieran a lo largo del tiempo, en función de las características del proceso de aprendizaje. Del conjunto de inteligencias múltiples, se identifican las ocho siguientes: interpersonal, intrapersonal, musical, lingüística-verbal, lógico-matemática, kinestésica-corporal, visual-espacial y naturalista. Los tipos de inteligencias observadas representan formas indirectas de gestionar la CC de las personas para producir el aprendizaje.

## 1.2. Evaluación de la Carga Cognitiva por medio de las Actitudes

Para tener un conocimiento más adecuado de los procesos de integración de las TIC en el aula, su estudio no se puede limitar a la mera observación y aplicación de técnicas cualitativas, este se debe complementar con estudios empíricos de tipo cuantitativos y que articulen particularmente la psicología socio-cognitiva con la didáctica de las ciencias naturales. Como la CC que demanda el uso de las TIC en las clases de ciencias no se puede medir directamente, las investigaciones que han contribuido al desarrollo exitoso de la TCC, emplean dimensiones medibles como la carga mental, el esfuerzo mental y el desempeño [18]. Dado que la CC ha sido definida como “la carga que el desempeño de una tarea particular impone sobre el sistema cognitivo del aprendiz

[18]”, existen tres tipos de CC: la intrínseca, la extrínseca y la relevante (o Germánica) [19], [20].

**Carga cognitiva intrínseca:** surge de la naturaleza de los estímulos entrantes, es inherente a la complejidad de la tarea y la experiencia de la persona. Es decir, la carga cognitiva intrínseca no se modifica por intervenciones instruccionales ya que la interactividad del elemento es intrínseca, esta se verá condicionada por la memoria sensorial y en consecuencia por los canales de percepción.

**Carga cognitiva extrínseca:** esta CC es promovida por las intervenciones instruccionales, esto hace que sea indeseable, dado que satura, contamina y afecta la memoria de trabajo y por lo tanto el docente puede controlar la misma. **Carga cognitiva relevante (o Germánica):** es la directamente responsable de contribuir al aprendizaje, ocurre cuando la memoria de trabajo se ocupa del aprendizaje y de realizar la automatización de esquemas. Esto hace que este bajo el control del docente.

Cuando se hace referencia al control del docente sobre el proceso de aprendizaje, esto significa que el mismo puede gestionar la CC regulando las características de dos factores o dimensiones del modelo didáctico, constituido por: el tipo de tareas que compone el diseño de la SEA (prácticas de interacción visual persona-ordenador 1:1 *versus* prácticas de diseño e indagación colaborativo 1:4) y la gestión del aula (modelo de aprendizaje individual 1:1 *versus* modelo de aprendizaje colaborativo 1:4). Estas son dos de las principales variables que el docente debe prever, para reducir los efectos de la «CC intrínseca y extrínseca», y evitar la generación de ruido o interferencias en el ambiente educativo, de modo que optimice la «CC relevante».

Por otra parte, en la definición de CC, se encuentra que el término desempeño carece de precisión conceptual. La posibilidad de medir los efectos de las TIC mediante la SEA, exige el empleo de categorías conceptuales más adecuadas a las características de la indagación. En función de lo anterior y para la realización del presente estudio, la medición de la CC se realiza de manera indirecta por medio de la evaluación de las actitudes. De acuerdo con Pozo [21], Sanabria Totaitive y Callejas Restrepo [22], las actitudes “constituyen tendencias o disposiciones psicológicas personales adquiridas, relativamente duraderas, que implican una valoración o evaluación determinada de una persona, suceso o situación y un modo de actuar en consecuencia”.

Buena parte de las actitudes se producen por procesos implícitos más que explícitos [23]. En consecuencia, la irrupción de la tecnología en la educación, transforma el perfil de los estudiantes, quienes interiorizan actitudes y contenidos socialmente construidos impregnados por el medio cultural digital, naturalizando sus concepciones y creencias [24].

### 1.3. El Género como Condición Humana para Potenciar la Carga Cognitiva

A nivel internacional los estudios de género han suscitado mucho interés [25]. Esto se debe a que los estudiantes (Masculinos) tienen actitudes más positivas que las estudiantes (Femeninas), hacia el aprendizaje de la Ciencia y la Tecnología. Focalizado en reducir la desigualdad de formación en los y las estudiantes de ciencias, se asume en esta investigación la variable de género como una capacidad o inteligencia interpersonal de los y las estudiantes para gestionar la CC de manera colaborativa y potenciar sus aprendizajes.

En el contexto educativo, por ser un ambiente socio-cognitivo, el rol del género representa una variable interpersonal prometedora, basada en la diversidad para promover el aprendizaje colaborativo en entornos mediado por las TIC. El efecto de género podría ofrecer información al ser interpretada como una característica del aprendiz en interacción con las características de la tarea que emplean las TIC. Esta relación reflejaría los efectos de la CC (*intrínseca* y *extrínseca*), al ser un proceso cognitivo que permite controlar las variables del modelo didáctico de enseñanza y aprendizaje: organización social de la clase, interacción comunicativa, tipo de actividad. En cuanto a la organización de la clase, el diseño pedagógico de una de las SEA se realiza mediante el trabajo colaborativo; este “es un proceso en el que un individuo aprende más de lo que aprendería por sí solo, fruto de la interacción de los integrantes de un equipo, quienes saben diferenciar y contrastar sus puntos de vista, de tal manera, que llegan a generar un proceso de construcción de conocimiento [26]”. Esta premisa permitiría potenciar las capacidades interpersonales a partir de la diversidad de género.

En este sentido, las propuestas de innovación didáctica mediadas por las TIC poseen el potencial para conocer los efectos de la CC en función del modelo de enseñanza, el desarrollo de las múltiples inteligencias y comprender mejor los aprendizajes alcanzados. Asimismo, la presente investigación se ocupa de contrastar dos modelos de SEA mediadas por las TIC con diferentes características cognitivo-didáctica, al indagar sus efectos en las actitudes de los estudiantes de ciencias focalizadas en el género y la memoria sensorial, como condición humana con valor clave para el desarrollo del intelecto de las personas y la mejora de los modelos de instrucción didáctica.

## 2. Metodología

La metodología de la investigación se basa en un estudio de caso aplicado a dos grupos, experimental natural de estudiantes de secundaria. Los instrumentos consisten en la aplicación de un test psicométrico con repetición de medidas: pretest y posttest. La metodología del test psicométrico se basa en un modelo representacional [27],

cuyos indicadores permiten establecer relaciones y no cantidades propiamente, entre el conocimiento implícito y explícito [23] que son promovidos por el aprendizaje de las TIC y la gestión del aula. Este modelo posibilita establecer relaciones cuantitativas al evaluar el estado de la CC por medio de las actitudes, basado en el análisis del contenido del cuestionario que responden los participantes antes y después de la intervención didáctica mediada por las TIC.

La aplicación del instrumento se realizó en dos instancias espaciadas temporalmente, con tres meses de separación (Ver Tabla 1). Estas mediciones son estáticas, como directriz general, los momentos temporales, ambientales y físicas de aplicación son equivalentes. Este protocolo permite evitar los efectos de recuerdo entre cada aplicación del cuestionario y garantizar la equivalencia de los resultados limitado a los efectos de la memoria de trabajo, concurrente con el aprendizaje recibido durante la intervención didáctica.

Tabla 1. Diseño metodológico de la investigación

Grupo Experimental:	Pre-Test Evaluación	Intervención Didáctica: SEA Tipo de Interfaz-Tarea	Modelo de Aprendizaje	Post-Test Evaluación
Química	10411	ACD/Chemsketch: Visuo-Espacial	Aprendizaje Individual (1:1)	10411
Física	10411	IOLab + Sistema Electromecánico: Corporal-Kinestésica y Lógicomatemática	Aprendizaje Colaborativo (1:4)	10411
Tiempos (orientativos)	x/03/2018	→		x/06/2018

### 2.1. Objetivo

Evaluar la CC por medio de las actitudes de los estudiantes, que realizan tareas mediante el empleo de SEA con diferentes características de trabajo cognitivo-didáctica. Analizar los efectos de la CC en función de las variables: canales de percepción, actitud, género y disciplina, esta última focalizada en la naturaleza del recurso TIC aplicado, en función del modelo didáctico de aprendizaje (modelo 1:1 de aprendizaje individual *versus* modelo 1:4 de aprendizaje colaborativo).

### 2.2. Muestra y Diseño de la Investigación

#### 2.2.1. Característica de la Muestra

La muestra de estudio se compone por un grupo de 50 estudiantes de educación secundaria con edad media de 17,00 años (D.T.: ,699). La muestra se subdivide en dos grupos de estudio, el grupo de Química (N = 25) conformado por 12 mujeres y 13 varones, edad media = 17,08 (D.T.: ,276). El grupo de Física (N = 25) constituido por 15 mujeres y 10 varones, edad media = 16,92 (D.T.: ,953).

### 2.2.2. Característica del Instrumento Didáctico

La intervención didáctica consiste en dos SEA elaboradas para cada disciplina con dinámica de trabajo y características TIC diferentes, sintetizadas en la Tabla 1.

La SEA de Química consiste en el uso del software ACD/ChemSketch. Este software es un editor que permite el diseño y modelado molecular en 3D. El contenido seleccionado para el aprendizaje de los estudiantes corresponde al campo de la química orgánica: hidrocarburos simples. Mediante este software los estudiantes modelan la estructura de compuestos básicos, formando cadenas lineales o ramificadas, abiertas o cerradas, saturada e insaturada. Esta SEA promueve la inteligencia visuo-espacial al trabajar enteramente sobre la representación icónica de la interfaz gráfica del software. La organización de la clase se realiza por medio del aprendizaje individual 1:1 del estudiante en interacción con la interfaz del contenido icónico del software. Es decir, un estudiante por computadora.

La SEA de Física utiliza un sistema de captura de datos en tiempo real. Este dispositivo consiste en un hardware conectado al objeto de estudio y un software donde se representan las variables que se desea analizar. El contenido de la SEA corresponde al campo de la cinemática. En la misma los estudiantes deben armar un dispositivo móvil o carrito que funciona con un sistema de potencia electromecánico, el cual conectan el sistema de captura de datos en tiempo real para registrar los cambios de los parámetros deseados: distancia, tiempo, velocidad, aceleración. La SEA se focaliza en la inteligencia corporal, Kinestésica y lógico-matemática mediante la construcción de un dispositivo y la posterior medición de variables físicas. El sistema utiliza representaciones icónicas mediante gráficos cartesianos y física estadística. La organización del aprendizaje se realiza mediante el aprendizaje colaborativo en una relación 1:4, es decir una computadora por 4 estudiantes. En esta organización se aplican dos protocolos de investigación para el contraste de variables: asegurar la paridad de género por grupo y asegurar que cada estudiante se responsabilice de una sola tarea, pero en interacción con las demás.

## 2.3. Instrumentos de Evaluación Experimental

Los instrumentos de evaluación del impacto de la CC de la SEA en cada grupo disciplinar, corresponden a indicadores estadísticos cualitativos y cuantitativos.

### 2.3.1. Instrumentos de Evaluación de las Actitudes

Cuestionario de Opinión de Ciencia y Tecnología: el cuestionario aplicado se ha extraído del banco de datos de 100 ítems denominados Cuestionario de Opinión Ciencia-Tecnología-Sociedad (COCTS) [28]. Es un cuestionario de respuesta de opción múltiple que permite a las personas encuestadas expresar sus propios puntos de vista. Todas

tienen el mismo formato de elección múltiple; se inicia con una cabecera de pocas líneas donde se plantea un problema respecto al cual se desea conocer la actitud de la persona encuestada, seguido de una lista de frases que ofrece un abanico de diferentes justificaciones sobre el tema planteado y, por último, dos opciones fijas que recogen diversas razones para no contestar, como «No entiendo» y «No sé». Cada una de las frases alternativas fue clasificada por un panel de expertos como adecuada (A), plausible (P) o ingenua (I) según la cual se valoran las respuestas dadas por los encuestados con el Método de Respuesta Múltiple –MRM–. Cada cuestión corresponde a un tema y subtemas de referencia que representan las distintas dimensiones de la tabla de cuestiones de Ciencia y Tecnología. En esta intervención se seleccionó un cuestionario referido a la Interdependencia Ciencia y Tecnología (10411)», a su vez el cuestionario se compone de sub-ítems con frases dentro de cada cuestionario ordenado alfabéticamente (A, B, C...), de modo que los participantes valoran siguiendo una escala tipo Likert. En la Tabla 2 se puede conocer el contenido del cuestionario aplicado a la evaluación.

Tabla 2. Cuestionarios de evaluación de las actitudes: pretest y posttest

#### 10411 La ciencia y la tecnología están estrechamente relacionadas entre sí:

- A.(I) porque la ciencia es la base de los avances tecnológicos, aunque es difícil ver cómo la tecnología podría ayudar a la ciencia.
- B.(A) porque la investigación científica conduce a aplicaciones prácticas tecnológicas, y las aplicaciones tecnológicas aumentan la capacidad para hacer investigación científica.
- C.(A) porque aunque son diferentes, actualmente están unidas tan estrechamente que es difícil separarlas.
- D.(I) porque la tecnología es la base de todos los avances científicos, aunque es difícil ver cómo la ciencia puede ayudar a la tecnología.
- E.(P) Ciencia y tecnología son más o menos la misma cosa.

Una vez que los participantes valoran el grado de acuerdo/desacuerdo de las diferentes justificaciones de cada ítem en una escala del 1 (muy desacuerdo) al 9 (muy de acuerdo), estas valoraciones se transforman en los índices actitudinales normalizados (+1 y -1), utilizando el MRM. En esta escala de evaluación, las frases adecuadas se valoran tanto más alto cuanto la puntuación dada por una persona se aproxime al 9, las ingenuas cuanto más cercana esté al 1 y las plausibles (que incluyen aspectos parcialmente adecuados) cuanto más cercana esté al 5 (valor central de la escala). Las tres categorías de frases poseen diferente complejidad como unidad de significado lo que permite medir de forma indirecta la CC.

Los datos se obtienen mediante la administración en papel y lápiz. Los estudiantes participan libremente, como una actividad de autoevaluación dirigida a explorar sus actitudes sobre la relación Ciencia y Tecnología.

### Índice de actitud global medio de las frases (IAG):

Es la media aritmética de los índices del conjunto de las frases de cada categoría (Adecuada, Plausible, Ingenua). Cada frase tiene el mismo peso por categoría, pero la categoría con mayor número de frases pesa más en el IAG. Este indicador permite medir la «CC intrínseca» dado que este depende de dos variables: de la dificultad intrínseca del material a aprender y de la pericia del aprendiz. De esta manera el IAG evalúa la «CC relevante» de manera indirecta por medio de la «CC intrínseca» y en dos momentos diferentes (pretest y postest), ya que el aprendiz deberá recurrir a su memoria de largo plazo y en consecuencia a la información previa que conforma su esquema conceptual. Esta última está formada por los empaquetamientos (o chunks) que influyen directamente en la capacidad de la memoria de trabajo del aprendiz, la cual se constituye por los procesos cognitivos adecuados, como las abstracciones. En términos teóricos, durante el pretest la «CC total» que resulta de la suma de las tres CC debería ser menor que en el postest ya que en el segundo momento la «CC relevante» incide en la «CC total» y en consecuencia determina el aprendizaje. Para evaluar esta diferencia se utilizan estadísticos como la prueba de significancia y el tamaño del efecto.

### 2.3.2. Instrumento para Identificar los Canales Perceptivos

El instrumento consiste en un cuestionario con 24 afirmaciones, donde el participante debe marcar con una “X” en cada una de las cuatro opciones: nunca, rara vez, a veces, con frecuencia. La selección que realiza el participante determina la predisposición para actuar de cierta forma en función de su memoria sensorial. Estas 24 afirmaciones se clasifican y dividen en ocho, correspondientes a cada uno de los tres canales de percepción: auditivo (A), visual (V) y kinestésico (K). Para clasificar el tipo de canal de percepción predominante en el estudiante, la diferencia de la suma de la puntuación alcanzada debe ser mayor a cuatro. El instrumento ofrece la ventaja de registrar de manera adicional, la intensidad de las preferencias (notando, por ejemplo, cuántas veces respondiste con un cinco en cierta columna). El resultado obtenido permite identificar tres categorías de actitudes de aprendizajes según el o los canales de percepción identificadas: monomodal (cuando predomina un solo canal), bimodal (es aquella donde se destacan dos canales con igual puntuación) y multimodal (corresponde al caso en el que los tres canales alcanzan una puntuación equilibrada).

### 2.3.3. Procedimiento de Análisis

Los resultados de las medidas repetidas del test se presentan a partir de los índices actitudinales para la caracterización del grupo experimental completo y comparando los efectos pretest y postest.

El análisis de los datos se realizó con el programa informático SPSS®, con ANOVA de medidas repetidas, pruebas de significación “*p*-value”, aplicando pruebas paramétricas *t* de Student, no paramétricas de Wilcoxon, cálculo de “*d*” de Cohen para evaluar el tamaño del efecto y “*r*” de Spearman. Se evalúa el estadístico *p*-valor para muestras relacionadas y de contraste entre intervenciones para comparar los índices globales antes y después del desarrollo de la SEA, con un nivel de significancia del ,05 (intervalo de confianza 95%). Los índices actitudinales de cada frase constituyen indicadores que permiten realizar análisis comparativos exhaustivos, para caracterizar las actitudes entre frases y categorías apoyadas en indicadores cuantitativos para contrastar hipótesis [27].

Las hipótesis de contraste buscan determinar diferencias significativas antes y después de la intervención didáctica para el grupo completo de participantes en función de la CC que demanda cada actividad didáctica realizada. Por otro lado, la efectividad del tratamiento se valora comparando los resultados de la evaluación con las puntuaciones del pretest y postest. El tamaño del efecto se considera relevante cuando es mayor que ,30 ( $d > ,30$ ) y la dirección del efecto de mejora se determina por el signo del estadístico de acuerdo a la dirección predicha (negativo para el pretest y positivo a favor del postest). Debido al caudal y densidad de datos, la determinación del tamaño del efecto permite describir y maximizar el efecto cualitativo de la intervención didáctica en los estudiantes.

La prueba Ji-cuadrado se aplica para verificar la independencia o no de las variables cualitativas. La prueba *t* de Student determina el contraste entre variables cualitativas y cuantitativas.

## 3. Resultados

### Evaluación de los canales de percepción

La prueba de Barsch aplicada al grupo de estudiantes completo ( $N = 50$ ) permitió identificar los tipos de canales perceptivos que caracteriza la muestra de estudio, por disciplina (Química y Física) y por género (Femenino y Masculino) disponible en la Tabla 3. Del conjunto se encuentran siete categorías de canales perceptivos, donde el 25% de la muestra es monomodal (V, A o K), el 34% de la muestra completa es bimodal (AK, AV, o VK), y el 24% es multimodal (AVK). En la Tabla 3, se discrimina el grupo completo con las siete categorías de canales perceptivos identificados. En el subgrupo de Química se identifican siete categorías de canales perceptivos, con una fuerte predominancia intra-grupo en el canal visual (32%). En el subgrupo de Física, se identifican seis categorías de canales perceptivos con un porcentaje superior intra-grupo, en la categoría multimodal VAK (32%).

Tabla 3. Frecuencia de los canales perceptivos en función del grupo disciplinar

Canales	Disciplina:		Frecuencia Total (%)
	Física (fr ;%)	Química (fr ;%)	
Mono- (25%)	A	0 (0,0%)	4 (8,0%)
	V	5 (20,0%)	8 (32,0%)
	K	2 (8,0%)	4 (8,0%)
Bi- (34%)	AK	1 (4,0%)	5 (10,0%)
	AV	4 (16,0%)	6 (12,0%)
	VK	5 (20,0%)	6 (12,0%)
Multi- (24%)	AVK	8 (32,0%)	12 (24,0%)
Total	25 (100%)	25 (100%)	50 (100%)

**Tabla de contingencia canales\*disciplina\*género**

Al conjunto de datos se aplicó la prueba Ji-Cuadrado ( $X^2$ ) para evaluar la independencia ( $H_0$ ) o dependencia ( $H_1$ ) entre el par de variables cualitativas: «canales perceptivos\*género» y «canales perceptivos\*disciplinas». El resultado del análisis determina un p-valor = ,253 y p-valor = ,123 para cada par respectivamente, mayor al valor Alfa de significación ( $\alpha = 5\%$ ). Este análisis denota que no hay indicios de una relación de dependencia entre las variables cualitativas establecidas, es decir, no están relacionadas. La prueba también se aplicó para evaluar diferencias entre la diversidad de canales perceptivos que caracterizan a cada grupo disciplinar. Este contraste no resulta estadísticamente significativo (p- = ,084; gl = 6) entre las categorías identificadas para los estudiantes de Física y Química.

El resultado obtenido con la evaluación de la prueba Ji-Cuadrado  $X^2$  () para la determinación de las diferencias entre los canales de percepción y el género, para un intervalo de confianza del 95%, no es estadísticamente significativo (p- = ,731; gl: 6). Este contraste permite verificar la distribución de los canales de percepción entre los estudiantes según el género. De acuerdo a la variable de género se encuentra que en el grupo Femenino se destaca el canal Visual (26%) y, en el grupo Masculino se destaca el multicanal AVK (24%).

En los apartados siguientes se analiza el efecto de los tipos de SEA aplicado por medio de la evaluación de las actitudes en función de la disciplina, el género y los canales perceptivos.

**Evaluación de las actitudes**

Respecto a la evaluación de las actitudes para el grupo de estudiantes completo (N = 50), la prueba t- de Student para muestras relacionadas es estadísticamente significativa (p- = ,003) para un 99% de intervalo de confianza. La diferencia entre el pretest y postest para cada categoría de las frases evaluadas no presentan diferencias estadísticamente significativas. Como podrá observarse en la siguiente Tabla 4, la determinación del tamaño del efecto de acuerdo al punto de corte ( $d > ,30$ ) es relevante en la categoría *adecuada*, irrelevante en la categoría *plausible* y muy significativa en la categoría *ingenua* y para el total del grupo de estudio. Dado que el cuestionario tiene mayor

peso en las frases adecuadas e ingenuas (Ver distribución de categorías en la Tabla 2), el análisis realizado por medio del estadístico -tamaño del efecto-, permite conocer los efectos de la CC en cada categoría.

Tabla 4. Estadísticos de cada categoría del índice de actitud global

Categorías Frases	Sig. (bilateral)	“d” de Cohen	Tamaño del efecto “r”
Adecuadas	,814	,753	,352
Plausibles	,849	,381	,187
Ingenuas	,063	6,255	,952
Total	,003	13,445	,989

Como la cantidad de estudiantes por género no supera el criterio de corte estadístico ( $N > 30$ ) para aplicar pruebas paramétricas, al mismo se evalúa con la prueba de Wilcoxon. En los dos grupos la diferencia entre el pretest y postest no es estadísticamente significativo (Femenino p- = ,339 y Masculino: p- = ,211).

En la Tabla 5 se presentan los resultados de la prueba de significación de Wilcoxon para contrastar el pretest y postest de cada categoría de frases y el IAG por paridad de género. En la misma se encuentran diferencias estadísticamente significativas, en la categoría ingenua y en el IAG del grupo Femenino, en consecuencia, la CC *intrínseca* y *relevante* de la SEA tiene mayor efecto en el grupo de estudiantes indicado. Para el caso del grupo Masculino, los resultados no revelan diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las tres categorías del IAG, esto determina que la CC no presenta cambios relevantes.

Tabla 5. Estadísticos de cada categoría en función del género

Género	Pretest*Postest	Sig. asintót. (bilateral)
Femenino	Adecuadas	,799
	Plausibles	,464
	Ingenuas	<b>,024</b>
	IAG	<b>,010</b>
Masculino	Adecuadas	,676
	Plausibles	,638
	Ingenuas	,472
	IAG	,153

Para la evaluación de los índices de actitud (pretest y postest) de acuerdo al tipo de canal de percepción se aplicó el ANOVA de un factor para realizar comparaciones múltiples. El p-valor obtenido en el pretest = ,415 y en el postest = ,192 comparado con un Alfa de significación del 5% ( $\alpha = ,05$ ). De la comparación múltiple entre el pretest y postest de cada categoría de canal de percepción y el índice de actitud, se encuentra que no es estadísticamente



significativa, es decir, no hay diferencias significativas en las actitudes agrupadas por canales de percepción.

A continuación, se encuentran en la Tabla 6 los resultados de la prueba t de Student de muestras independientes que permiten contrastar la igualdad de medias entre los índices de actitud del grupo de estudiantes de Física y Química, y los índices de actitud entre estudiantes Masculino y Femenino. En los resultados se encuentra que hay diferencias solo en la categoría adecuada y plausible interdisciplina en la categoría adecuada y plausible del postest. En el contraste de variables según el género no se observan diferencias estadísticamente significativas, por lo tanto se acepta la hipótesis nula, de independencia de variables. Los IAG en cada par de variables no son estadísticamente significativos. Las diferencias entre las categorías de frases por disciplina se amplían en los siguientes Gráficos 1 y 2.

Tabla 6. Prueba de significancia del índice de actitud de cada categoría en función de la asignatura y el género

Variables	Disciplinas:		Género:		
	Física *	Química	Femenino *	Masculino	
		p-		p-	
Índice de Actitud	Pretest	Adecuadas	,000	Adecuadas	,692
		Plausibles	,019	Plausibles	,074
		Ingenuas	,115	Ingenuas	,375
		IAG	,285	IAG	,062
Postest	Adecuadas	Adecuadas	,004	Adecuadas	,434
		Plausibles	,896	Plausibles	,450
		Ingenuas	1,000	Ingenuas	,938
		IAG	,666	IAG	,131

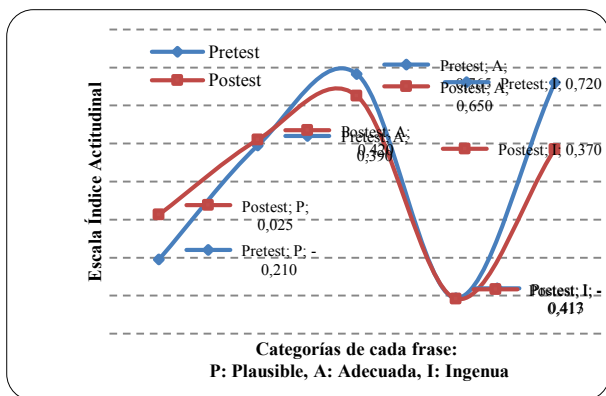


Gráfico 1. Contraste del índice de actitud de cada categoría del grupo: Química

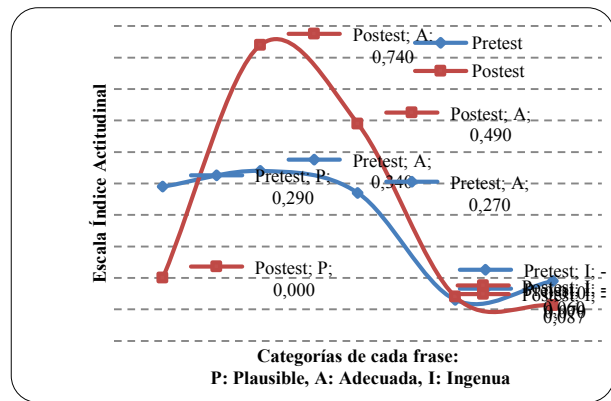


Gráfico 2. Contraste del índice de actitud de cada categoría del grupo: Física

Los datos presentados en los Gráficos 1 (Química) y 2 (Física), representan el pretest y postest de los índices de actitud por categoría de frases (Adecuadas, Plausibles e Ingenuas) para cada grupo disciplinar. Los datos permiten observar los efectos de la CC por medio de las actitudes como resultado de la tarea realizada por cada SEA.

En el grupo de Química, los índices actitudinales de cada categoría no exhiben variaciones significativas en las puntuaciones entre el pretest y postest. El trazado que describen estos índices en los dos momentos de aplicación del cuestionario presenta una correlación alta ( $r^2 = ,931$  y  $p = ,022 < \alpha = ,05$ ). Este comportamiento permite inferir que la CC no presenta variaciones relevantes en el grupo disciplinar. Dado que los índices actitudinales expresan las creencias directas de los estudiantes referidas al contenido específico de cada afirmación desarrollada en cada frase, el análisis global revela que la demanda cognitiva que impone la tarea sobre el sistema cognitivo del estudiante no presenta variaciones globales relevantes: IAG del pretest = ,174; IAG del postest = ,179.

Por otra parte, el análisis global por categoría no muestra cambios significativos en la categoría adecuada: pretest = ,578; postest = ,535. En las demás categorías los cambios son despreciables.

En el grupo de Física, los índices actitudinales de cada categoría exhiben variaciones significativas en las puntuaciones entre el pretest y postest. El trazado que describen estos índices en los dos momentos de aplicación del cuestionario resultan muy disímiles, con una correlación moderada-débil ( $r^2 = ,741$  y  $p = ,120 > \alpha = ,05$ ). Este comportamiento permite inferir que para este grupo la tarea realizada impuso una importante CC sobre el sistema cognitivo del grupo disciplinar. Los índices actitudinales expresan las creencias directas de los estudiantes referidas al contenido específico de cada afirmación desarrollada en cada categoría, el análisis global revela que las variaciones del sistema cognitivo del grupo no presenta diferencias globales: IAG del pretest = ,185; IAG del postest = ,181. Sin embargo, el análisis por categoría muestra una mejora importante en la categoría adecuada: pretest = ,305; postest = ,615. En las demás categorías los cambios son despreciables.



Al analizar los resultados de forma separada para el grupo de Química y para Física, se observa que el primero posee índices similares en las tres categorías del cuestionario, siendo en su mayoría índices altos y positivos ( $\bar{x} = ,176$ ). En el grupo de Física los índices de las tres categorías exhiben mayores variaciones entre sus puntuaciones pretest y postest.

## 4. Discusión

La TCC sugiere lo siguiente, cuando el diseño de la SEA demanda al estudiante distribuir su atención entre múltiples fuentes de información, este sobrecarga la memoria sensorial que recibe la información por medio de los canales de percepción, provocando un aprendizaje ineficaz [4], [5]. En la presente investigación se comparó los efectos de la CC con dos tipos de SEA por disciplina que se describen a continuación:

En el grupo de Física, se distribuye la atención entre múltiples estudiantes por fuentes de información (1:4), es decir, cada estudiante se ocupa de una sola tarea, todas interrelacionadas para promover de ese modo el aprendizaje colaborativo. En este grupo, sus actitudes alcanzan mejoras significativas promoviendo el éxito del proyecto de C y T. Este grupo se destaca por la paridad de género equilibrada en cada grupo de trabajo, con predominio del género Femenino, además el grupo disciplinar se caracteriza por tener una memoria de trabajo multimodal (AVK) para la realización de las tareas. Estas características fortalecen la formación de nuevos empaquetamientos, la cual se ocupa de las actividades intelectuales. La distribución de tareas focaliza la atención de los estudiantes con sus múltiples capacidades, en una sola actividad. De acuerdo con la TCC, en este caso las características del modelo de SEA es consistente con las características de la cognición humana que predomina en el grupo de estudiantes de Física, lo que favorece la efectividad del aprendizaje, visto en los índices de actitud alcanzado (Ver Gráfico 2). Particularmente, esta coherencia entre la instrucción didáctica y la cognición humana, permite que la memoria de trabajo redistribuya el procesamiento de la información entre los procesadores que conforman la memoria sensorial y, evitar de este modo la sobrecarga cognitiva para así, no limitar la capacidad operativa de la memoria de trabajo. Por otra parte, el trabajo colaborativo del grupo permite que los estudiantes gestionen la distribución y atención de la tarea entre sus integrantes, esta organización didáctica logra reducir los efectos de la «CC *extrínseca*» para aumentar el espacio de la «CC *relevante*» en la memoria de trabajo.

En el grupo de Química, los estudiantes estuvieron expuestos a un solo tipo de fuente de información (1:1) de naturaleza visuo-espacial, evitando la distribución de la atención entre múltiples tareas. En este tipo de instrucción, la tarea demanda un alto nivel de inteligibilidad/comprendibilidad con un alto grado de abstracción icónica. Dado que la interacción persona-

computadora se basa en un solo tipo de instrucción cognitivo-didáctico, el resultado encontrado conlleva la siguiente hipótesis explicativa.

Como los estudiantes de Química presentan altos índices de actitud en el pretest, esto estaría informando que previo al tratamiento didáctico de la SEA, los estudiantes ya poseen un conocimiento relevante sobre el contenido disciplinar sobre la relación C y T. Esta lleva a que la nueva situación de aprendizaje no demande a la memoria de trabajo introducir nuevos esquemas conceptuales en la memoria de largo plazo, por lo que la actividad solo se limita a reforzar o transferir el contenido a un formato de representación diferente. En términos de la TCC, los empaquetamientos (o chunks) que se producen por medio de la «CC *intrínseca*», no influyen en la capacidad del aprendiz, por lo que el diseño de la interfaz no promueve cambios en la «CC *relevante*» para originar nuevos aprendizajes. En este grupo se encuentra una mayor tendencia en el uso del canal visual, y como en la SEA predomina la interfaz visuo-espacial, esto permite inferir que los estudiantes ya poseen automatizado los procesos de la inteligencia visuo-espacial. Por lo tanto, los procesos cognitivos que demanda la interacción con el contenido icónico del software pueden no ser necesariamente aprendidos, dado que los estudiantes ya poseen los conocimientos necesarios previamente formados. Como en el grupo de Química son principalmente visuales y con una paridad de género muy equilibrada, estas dos variables pueden incidir en la memoria de trabajo y provocar que la «CC *extrínseca*» aumente, de modo que el aprendizaje se obstaculiza y no presentan cambios, vistos en los índices de actitud presentados en el Gráfico 1.

En síntesis, los dos grupos disciplinares presentan resultados dispares respecto a la premisa principal de la TCC, referida a “la idea de que cualquier instrucción o enseñanza es efectiva solo si su diseño ha tenido en cuenta las características de la cognición humana [17]”. En el grupo de Química, las características de la cognición de los estudiantes y la tarea coinciden, obstaculizando la formación de nuevos aprendizajes. En el grupo de Física, también coinciden dichas características, pero con mejoras en los aprendizajes. A partir de estos resultados, el aprendizaje será más efectivo no solo en la medida que se considere la anterior premisa de la TCC para la mejora de los modelos de enseñanza y aprendizaje, sino que también se debe evaluar los efectos de los esquemas conceptuales previos, que portan los estudiantes [29]. Lo anterior es un principio elemental de la didáctica de las ciencias naturales para promover el cambio cognitivo [30] o evolución de las ideas previas [31]. De esta manera, los hallazgos sientan las bases cognitivo-didácticas que hace que el aprendizaje colaborativo resulte más efectivo para promover una mejor comprensión de la interrelación C y T.

## Conclusiones

A raíz del conjunto de variables que aborda esta investigación, resulta necesario partir de un recorrido que sintetice el objetivo formulado.

A partir del IAG presentado en las Tablas 4, 5 y 6, su lectura secuencial permite conocer los efectos de la CC articulando las cuatro variables determinadas: canales de percepción, actitud, género y disciplina. A nivel global (Tabla 4), el grupo completo (N = 50) presenta diferencias significativas ( $p = ,003$ ) con mejoras cualitativas en las categorías: adecuada e ingenua; respecto a la variable género, la diferencia significativa se encuentra en el grupo Femenino y en la categoría ingenua (Tabla 5). Respecto a la variable disciplina, el contraste de resultados a nivel global (Tabla 6), determina diferencias significativas en la categoría adecuada del grupo de Física. La secuencia de resultados presentado permite conocer las variables que inciden en la mejora del aprendizaje en el grupo mencionado. Así mismo, se encuentran dos variables importantes: los efectos de la «diversidad de género», el grupo tiene mayor proporción de estudiantes Femeninos respecto del grupo de Química y el «canal de percepción», que es principalmente multimodal (AVK = 32%). En síntesis, el aprendizaje colaborativo en el grupo de Física resulta altamente efectivo, promovido principalmente por la diversidad de género y la capacidad multimodal del mismo. Esto admite aceptar la idea inicial presentada en este artículo referido a la relevancia que representa el desarrollo de las capacidades o inteligencias interpersonales basada en la diversidad de género como condición humana para potenciar la CC en los procesos de aprendizaje de C y T.

Respecto al grupo de Química, las tres variables evaluadas no presentan cambios significativos, en consecuencia resulta necesario revisar con más estudios los modelos de aprendizaje basado en la relación 1:1.

Esta investigación se focalizó en la medición de la CC de manera indirecta por medio de la evaluación de las actitudes. Dado que es un estudio empírico basado en indicadores cuantitativos, este tipo de indicador se convierte en un importante predictor para el aprendizaje de las ciencias mediadas por las TIC, para contribuir en la mejora de los procesos de aprendizaje y por consiguiente para la consolidación de los criterios de elaboración y diseño de materiales de enseñanza, los procesos de aprendizaje y la integración de las TIC.

Respecto a los aportes de la TCC a la didáctica de las ciencias naturales, si bien, resulta necesario que las características de la tarea y del sujeto sean compatibles, esto no garantiza un aprendizaje efectivo. Existen otras dimensiones o factores como los esquemas conceptuales que ya poseen las personas basada en una determinada inteligencia o forma de aprender y contenido disciplinar. Por otra parte, la presente indagación permitió conocer que la eficacia del aprendizaje colaborativo se debe en este caso

a la distribución de los procesadores de información de la memoria sensorial. Su desarrollo es clave en los estudiantes para que estos puedan evitar la sobre carga cognitiva y gestionar mejoras en sus aprendizajes.

De acuerdo con la definición de CC [4], se encuentra en la misma la necesidad de revisar el término *desempeño*, y analizar la incorporación o elementos del concepto *actitudes* acorde al tipo de investigación, dado que la CC no puede ser medido directamente, la medición de las actitudes utilizando el MRM permitiría contribuir al objetivo general de la TCC y la TCAM. Dado por el carácter multidimensional de los índices actitudinales de las diferentes categorías de frases que lo componen, la especificidad del contenido del cuestionario hacen que estos índices exhiban mayores variaciones y resulten más sensibles en sus puntuaciones respecto a las diferentes tipos de CC. Estas variaciones reflejan la demanda de la CC en función de la tarea, constituyendo logros cuantificables del estudiante, y dada por la dinámica del MRM que ofrece la metodología tipo Likert. Además, permite contemplar el esfuerzo mental de los participantes cuando avanzan en las puntuaciones de cada frase que compone el cuestionario; esto hace posible realizar un análisis del contenido de cada categoría para evaluar la dinámica de la CC.

Dado que la presente investigación se ubica en la interfaz de la psicología cognitiva, la psicología social y la didáctica de las ciencias naturales y la tecnología, los resultados aportan de manera significativa a los diferentes campos disciplinares implicados. Particularmente, los efectos de la diversidad de género reivindica “la condición humana con relación a sus múltiples capacidades de cognición [14]”. Por otra parte, el contraste de los dos grupos disciplinares ponen en discusión la relación entre las características de la tarea didáctica, la dinámica socioeducativa del aula y las características del aprendiz. Esto último requiere continuar con indagaciones que permitan evaluar la CC de los diferentes modelos cognitivos-didácticos para la enseñanza de la Ciencia y la Tecnología.

## Agradecimientos

Se agradece la colaboración al Prof. Mats Selen de la Universidad de Illinois por ofrecer sus prototipos de interfaz para la captura de datos en tiempo real (IOLab: <http://iolab.science/>) utilizado en el diseño de la secuencia didáctica de física. El estudio fue realizado en el marco del proyecto de investigación «La Enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología y el desarrollo del Pensamiento Crítico» de la Universidad Nacional del Comahue: FI 04/1-208 (UNCo).

## Referencias

- [1] J. Sánchez Ilabaca, “Integración curricular de TICs, Concepto y Modelos,” *Revista Enfoques Educativos*, vol. 5, no. 1, pp. 51-65, 2003.

- [2] E. Ferreira, "Alfabetización digital. ¿De qué estamos hablando?," *Universidad de São Paulo. Educação e Pesquisa*, vol. 2, no. 37, pp. 425-438, 2011.
- [3] M. Gallino, "Un recorrido histórico y la concepción de aprendizaje distribuido, significativo y colaborativo," notas de clase del Módulo IV; La enseñanza y el Aprendizaje, Centro de Estudios Avanzados, Maestría en Procesos Educativos Mediados por Tecnologías, Universidad Nacional de Córdoba, 2015.
- [4] J. Sweller, "Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design," *Learning and Instruction*, vol. 4, pp. 295-312, 1994.
- [5] R. E. Mayer, *The Cambridge handbook of multimedia learning*. New York: Cambridge University Press, 2005.
- [6] C. Scolari, *Hacer Clic. Hacia una sociosemiótica de las interacciones digitales*. Barcelona, España: GEDISA, 2004.
- [7] M. Gutiérrez Miranda, (2017, Diciembre 19) Semiótica y tecnología: la interfaz icónica y el signo interactivo. [Online]. En: *No solo usabilidad*, no 16, Available: <https://nosolousabilidad.com>
- [8] M. E. Almiron y S. Porro, "Las TIC en la enseñanza: un análisis de casos," *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, vol. 6, no 2, pp. 152-162, 2014.
- [9] D. Aguiar, A. Capuano, M. Diez, C. Fourés y M. Silin, "Cambios y permanencias en las prácticas de enseñanza con TIC, Neuquén, Argentina," *Ciencia, Docencia y Tecnología*, vol. 27, no. 53, pp. 315-341, 2016.
- [10] J. C. Tedesco, C. Steinberg y A. Tófaló, "Principales resultados de la Encuesta Nacional sobre Integración de TIC en la Educación Básica Argentina", Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), Buenos Aires: Argentina, Informe Programa TIC y Educación Básica, noviembre 2015.
- [11] M. Area Moreira, "¿Se aprende mejor con las TIC?," *Investigación y ciencia*, no. 414, Marzo 2011.
- [12] M. Warschauer y M. Ames, "Can one laptop per child save the world's poor?," *Journal of International Affairs*, vol. 64, no. 1, pp. 33-51, 2010.
- [13] M. Area Moreira, "Los efectos del modelo 1:1 en el cambio educativo en las escuelas. Evidencias y desafíos para las políticas iberoamericana," *Revista Iberoamericana de Educación*, no. 56, pp. 49-74, 2011.
- [14] M. A. Macías, "Las múltiples inteligencias", *Psicología desde el Caribe*, no. 10, pp. 27-38, Agosto-diciembre 2002.
- [15] H. Gardner, *Inteligencias Múltiples. La teoría en la Práctica*, Barcelona: Paidós, 1995.
- [16] N. Moray, *Mental Workload: Its theory and measurement*, New York: Plenum, 1979.
- [17] L. A. Andrade-Lotero, "Teoría de la Carga Cognitiva, diseño multimedia y aprendizaje: un estado del arte," *Revista Internacional de Investigación en Educación*, vol. 5, no. 10, pp. 75-92, Julio-Diciembre 2012.
- [18] M. Cárdenas Pernet, "Carga cognitiva en la lectura de hipertexto", *Zona Próxima*, no. 28, pp. 42-56, 2018.
- [19] F. Paas, A. Renkel y J. Sweller, "Cognitive load theory and instructional design: Recent developments," *Educational psychologist*, vol. 38, no. 1, pp. 1-4, 2003.
- [20] J. Sweller, "Keynote address: Cognitive load," Symposium on Cognitive Load: Theory and Applications, Universidad Fo Guang, Yilan: Taiwán, 2007.
- [21] J. I. Pozo, *Aprendices y maestros: la psicología cognitiva del aprendizaje*, Madrid: Alianza Editorial, 2008.
- [22] I. A. Sanabria Totaitive y M. M. Callejas Restrepo, "Actitudes hacia las relaciones CTS: estudio con docentes universitarios de ciencias naturales," *Praxis & Saber*, vol. 3, no. 5, pp. 103-125, 2012.
- [23] J. I. Pozo Municio, J. I. Pozo y M. A. Gómez Crespo, *Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Morata. 1998.
- [24] M. Salica, "Caracterización de las actitudes en estudiantes de secundaria como efecto del aprendizaje mediado por la imagen digital en contexto," *Virtualidad, Educación y Ciencia*, vol. 9, no. 16, pp. 16-31, 2018.
- [25] N. Solsona Pairó, "¿Existen desigualdades en la formación de chicas y chicos en ciencias?," en IX Congreso Internacional sobre investigación en Didáctica de las Ciencias, Girona, Septiembre 2013, pp. 3412-3416.
- [26] O. Revelo-Sánchez, C. A. Collazos-Ordoñez y J. A. Jiménez-Toledo, "El trabajo colaborativo como estrategia didáctica para la enseñanza/aprendizaje de la programación: una revisión sistemática de literatura," *TecnoLógicas*, vol. 21, no. 41, pp. 115-134, 2018.
- [27] S. Tornimbeni, E. Pérez, y F. Olaz, *Introducción a la psicometría*. Argentina: Paidós, 2014.
- [28] A. Vázquez-Alonso, y M. A. Manassero-Mas, *Cuestionario de opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS), Manual de uso*. Universidad de las Islas Baleares, España: Palma de Mallorca, 2013.
- [29] J. I. Pozo Municio y M. A. Gomez, *Aprender y enseñar ciencias*, Madrid: Morata, 1996.
- [30] S. Vasniadou, "Capturing and modeling the process of conceptual change," *Learning and Instruction*, vol. 4, pp. 45-69, 1994.
- [31] J. M. de Posada, I. E. S. Miraya del Mar y M. Torre del Mar, "El estudio didáctico de las ideas previas," en

*Didáctica de las ciencias experimentales*, F. J. Pelares Palacios y P. Cañal del León, 2003, pp. 363-388.

*Información de Contacto del Autor:*

**Marcelo A. Salica**  
Yrigoyen 2000  
Cipolletti  
Argentina  
marcelo.salica@face.uncoma.edu.ar

**Marcelo A. Salica**

Profesor en Química, Física y Merceología, Licenciado en Tecnología Educativa, Especialista en Currículum y Prácticas Escolares. Maestrando en procesos Educativos Medios por Tecnologías. Docente-investigador de la Facultad de Ciencias de la Educación (UNCo).