Prof. Edgar Serna M.
Alexei Serna A.

Educación Siglo XXI

Editorial Instituto Antioqueño de Investigación
2021 Medellín – Antioquia

Prof. Edgar Serna M.
Alexei Serna A.

Educación Siglo XXI

ISBN: 978-958-53278-3-2

© 2021 Editorial Instituto Antioqueño de Investigación

Medellín, Antioquia

Catalogación en la publicación – Biblioteca Nacional de Colombia

Serna M., Edgar
Educación Siglo XXI [recurso electrónico] / Edgar Serna M., Alexei Serna A. -- 1a. ed. -- Medellín: Instituto Antioqueño de Investigación, 2021.
Archivo en formato digital (pdf). -- (Innovación educativa)

Incluye referencias bibliográficas.

ISBN 978-958-53278-3-2

1. Educación - Siglo XXI 2. Educación - Investigaciones 3. Innovaciones educativas - Investigaciones I. Serna Arenas, Alexei II. Título II. Serie

CDD: 370.7 ed. 23 CO-BoBN– a1073773

Investigación Científica
ISBN: 978-958-53278-3-2
DOI: http://doi.org/10.5281/zenodo.4763316
Hecho el Depósito Legal Digital

Educación Siglo XXI
Serie: Innovación educativa
Editorial Instituto Antioqueño de Investigación
Publicación electrónica gratuita
Edición 1: mayo 2021

Copyright © 2021 Instituto Antioqueño de Investigación IAI™. Salvo que se indique lo contrario, el contenido de esta publicación está autorizado bajo Creative Commons Licence CC BY-NC-SA 4.0 (*https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/*)

Editorial Instituto Antioqueño de Investigación es Marca Registrada del *Instituto Antioqueño de Investigación*. El resto de marcas mencionadas en el texto pertenecen a sus respectivos propietarios.

La información, hallazgos, puntos de vista y opiniones contenidos en esta publicación son responsabilidad de los autores y no reflejan necesariamente los puntos de vista del Instituto Antioqueño de Investigación IAI; no se garantiza la exactitud de la información proporcionada en este texto.

Ni el autor, ni la Editorial, ni el IAI serán responsables de los daños causados, o presuntamente causados, directa o indirectamente por el contenido en este libro.

Maquetación: Instituto Antioqueño de Investigación IAI
Diseño, edición y publicación: Editorial Instituto Antioqueño de Investigación
Financiador de la publicación: Instituto Antioqueño de Investigación

Instituto Antioqueño de Investigación IAI
Medellín, Antioquia
http://fundacioniai.org
contacto@fundacioniai.org
http://fundacioniai.org/index.php/editorial.html
editorial@fundacioniai.org

© 2021 Editorial Instituto Antioqueño de Investigación

Contenido

Prólogo	5
Capítulo 1 *El conocimiento y su gestión en la educación y la economía*	12
Capítulo 2 *Construcción cognitiva de la Transdisciplinariedad desde el pensamiento de la sociedad moderna*	21
Capítulo 3 *Análisis y definición del término buenas prácticas*	33
Capítulo 4 *A propósito de contenidos, ¿qué es contenido?*	47
Capítulo 5 *Epistemología del pensamiento abstracto: Un análisis al estado actual de su desarrollo como conocimiento para la educación del siglo XXI*	60
Capítulo 6 *Desarrollar la capacidad lógico-interpretativa y abstractiva en los estudiantes: Un desafío para la educación*	75
Capítulo 7 *Internacionalizar la educación: Una estrategia de desarrollo y calidad*	88
Capítulo 8 *Innovar el modelo de enseñanza: Tarea pendiente del sistema de educación*	96
Capítulo 9 *Eficacia de los modelos de enseñanza para el logro de los resultados de aprendizaje en matemáticas*	109
Capítulo 10 *Realidad de las matemáticas en los programas de ingeniería*	125
Capítulo 11 *Matemáticas en ingeniería: Problema u oportunidad en este siglo*	137
Capítulo 12 *Análisis a las apreciaciones de los estudiantes de secundaria para elegir un programa en ciencia o ingeniería*	154
Capítulo 13 *Factores que inciden para que los estudiantes abandonen un programa de ingeniería*	164
Capítulo 14 *Los contextos cambiantes del aprendizaje: Desarrollos/descubrimientos en neurocomputación*	180

Prólogo

En la Nueva Era el contexto de la educación es diferente. Las personas que se pueden considerar creativas, exitosas y de capacidades sobresalientes no se quieren ajustar a las restricciones del mercado laboral tradicional, porque su intención es vivir y trabajar en cualquier parte del mundo, viajar cuando lo deseen, mantener al día sus habilidades y capacidades, cambiar de trabajo cuando no encuentran más retos, obtener ingresos no limitados por un salario, trabajar con personas de todo el mundo, buscar quién haga lo que no les gusta realizar y elegir su propio horario. A quien no se identifique con esta realidad le parecerá una cuestión anormal, porque siempre estuvieron atados a un puesto, una empresa, un salario, un jefe, pero es un estilo de vida que se ha hecho popular en este siglo.

La cuestión es averiguar qué es lo que ha hecho que se genere esta visión del mundo y de la vida. La respuesta es simple: estas personas son adelantadas, reconocieron que la educación les puede ofrecer la libertad de vivir verdaderamente y se apropiaron de ella para ponerla a su servicio. Esa deberá ser la educación del siglo XXI.

Desde la Revolución Industrial surgió una idea que para la mayoría pasó desapercibida: a partir de entonces el mundo entraría en una escalada progresiva de complejidad, por lo que las personas debían ser cada vez más creativas para enfrentar los desafíos que aparecieran. Y de esto debía encargarse la educación, pero, aunque la idea del éxito ha cambiado en cada era, el sistema educativo ha permanecido alelado y no se esfuerza lo suficiente para ajustarse a las exigencias en el Nuevo Orden Mundial.

Para nadie es un secreto que desde el siglo XIX la educación ha enfatizado en desarrollar en los estudiantes las habilidades de cumplimiento y conformidad, y si bien por mucho tiempo fueron necesarias para que los empleados se desempeñaran bien en un entorno laboral y para que mantuvieran su trabajo por décadas, en el siglo XXI se pueden considerar reliquias del pasado, porque hoy hace falta más que eso para ser exitoso y para que las empresas sean competitivas en la globalidad. Hoy se necesita que los profesionales sean ingeniosos, creativos, inquietos, autocríticos y globales, pero para el sistema de educación esto parece no encajar en su modelo de enseñanza.

Los estándares y planes de estudios, restringidos a pruebas estandarizadas y valores numéricos para tasar el aprendizaje, no es lo que los estudiantes de este siglo necesitan. Hay que abrirles espacios a los talentosos en otras áreas y ofrecerles oportunidades para que los desarrollen en beneficio de la humanidad. Por el contrario, el sistema los desanima y no los recompensa, porque su intención es conformar una población de profesionales que desarrolle las mismas habilidades, en un espectro reducido de talentos.

El resultado desafortunado es que la mayoría de estudiantes se educan de la misma manera que se ha hecho desde el siglo XIX, mediante un plan de estudios estandarizado, con el único objetivo de memorizar para la prueba y al mismo ritmo para todos. En este entorno gris el sistema de educación parece no darse cuenta de que hay muchos estudiantes luchando por aprender para la vida, que no quieren someterse a esta operatividad y que, si bien siguen en la escuela, no tienen la motivación necesaria. Para estos estudiantes, los métodos de enseñanza y las didácticas tienen

poco sentido, porque ellos aprenden y piensan de manera diferente, y han aprendido que saber usar la información es mucho más valioso que simplemente saber cosas.

A todo esto, la nueva categoría de estudiantes crece en medio de un océano de tecnologías, con una cantidad de información a su alcance sin precedentes. Aprenden por sí mismos sobre cualquier cosa que llame su atención y sin necesidad de moverse de su hogar; son inteligentes, independientes y extremadamente capaces; y se sienten cómodos con la comunicación global e intercultural.

Por eso el clamor por la Educación siglo XXI, que desarrolle o potencialice en estos estudiantes las habilidades y capacidades que requieren para tener éxito en el Nuevo Orden Mundial, a la vez que asesorarlos y acompañarlos para que aprendan a utilizarlas para la supervivencia. No se puede olvidar que, con tanta información disponible, lo que necesitan es aprender a darle sentido, a compartirla y a utilizarla inteligentemente. Pero primero hay que lograr que desarrollen creatividad, pensamiento crítico, comunicación y colaboración, las habilidades que les permitirán alcanzar el éxito en este siglo.

Con *creatividad* podrán pensar en la información de nuevas y diferentes formas, realizar conexiones impensables y encontrarles soluciones innovadoras a los problemas de la Nueva Era; al desarrollar *pensamiento crítico* serán capaces de analizar la información y comprenderla de otra manera; con la *comunicación* entienden las cosas lo suficientemente bien como para compartirlas sin restricciones; y para trabajar en equipo necesitan la *colaboración*, porque el ingenio colectivo es más que la suma de individualidades.

De ahí el llamado para que los profesores se conviertan, más que en maestros, en guías o asesores para los estudiantes, y dejen de actuar como el *oráculo* que les enseña todo lo que sabe. Porque no se puede ocultar la realidad de que en este siglo los niños, con el nivel de acceso que tienen a recursos de todo tipo, siempre sabrán más que los profesores sobre diferentes temas, y siempre van a estar uno o dos pasos adelante en el uso y aprovechamiento de la tecnología.

El cambio que se solicita es a que, en lugar de luchar por ofrecerles la información que necesitan para tener éxito, en áreas de las que el profesor conoce poco, les ayuden a dar sus propios pasos en los campos que llaman su atención. Lo que se necesita es que se formen y capaciten para ir más allá de lo que lograron sus padres y profesores, asegurarse de que desarrollen las habilidades para hacerlo y asesorarlos a medida que recorren ese camino. Esto exige que los profesores tengan que ser innovadores, curiosos, flexibles e ingeniosos; aprender nuevas formas de enseñar y a aprender junto con los estudiantes. Además, ayudar a que el sistema de educación se entere de que la humanidad arribó al siglo XXI, tomar la iniciativa en lugar de dejarse llevar por la corriente, buscar activamente nuevas maneras de hacer las cosas y mantenerse en contacto con el mundo exterior.

Por su parte, la sociedad debe reconocer que la Nueva Era es un período de cambios rápidos al que el sistema de educación se debe adaptar, no solo para atender las demandas de esta década, sino también para los momentos posteriores y de forma continua. Si ya hemos aceptado que la innovación y los avances tecnológicos cambian constantemente la forma en que la sociedad se comunica, trabaja y convive, no es aceptable que los estudiantes todavía no desarrollen las habilidades básicas para desempeñarse en este entorno. Además, las tasas de deserción siguen siendo altas, lo que deja a demasiadas personas expuestas a las duras realidades del mercado laboral, porque no desarrollan las habilidades necesarias para prosperar.

Pero esta realidad no es exclusiva del siglo XXI, porque, de una u otra forma, la tecnología siempre ha estado presente y transformando la vida de las personas. Pero hoy el ritmo del cambio es muy rápido, y mientras en el siglo pasado un desarrollo tecnológico podía aprovecharse por décadas, actualmente, las herramientas pueden cambiar en uno o dos años, con impactos inmedibles en la forma de vida de la sociedad.

Esto tendría que haber sido suficiente para que el sistema de educación notara que el plan de estudios tradicional se estaba quedando obsoleto, y prepararse para proporcionarles a los estudiantes las habilidades necesarias para prosperar en este siglo. Es urgente comprender la evidencia empírica y escuchar al sector empresarial para identificar las habilidades que necesitan los profesionales para tener éxito en el Nuevo Orden Mundial, tanto a nivel personal como laboral.

Tenemos que reconocer que vivimos en un mundo que cambia rápido y constantemente, y que la humanidad enfrenta y enfrentará desafíos sin precedentes, lo cual hace que sea prácticamente imposible saber cómo se desarrollarán las complejidades en cualquier momento posterior. Al tiempo que esta realidad abruma a muchos, los empleadores claman por profesionales que piensen de forma creativa, que se comuniquen asertivamente y que sepan trabajar en equipo, a la vez que flexibles y capaces de adaptarse con facilidad al cambio. La cuestión es que, como ellos mismas afirman, no pueden encontrarlos.

A todo esto, parece que el *villano* de fondo es el sistema de educación, que se estructuró en el siglo XIX y que, aparte de algunos *remiendos* que le realiza cada gobierno de turno, en nada se ha modificado desde entonces. Parece ser que los estudiantes piensan, se comportan, razonan y aprenden de la misma manera; que la educación tiene que ser lineal y mantenerse enfocada solo en que memoricen información para un examen, y que se olviden de que el aprendizaje es para la vida. De ahí el llamado que hacemos en este libro: *hay que revolucionar el sistema de educación, porque lo que necesitamos hoy es formar personas y capacitar profesionales*, que entiendan, comprendan y solucionen los problemas complejos que enfrenta y enfrentará la humanidad.

El libro es producto del programa de *Investigación en Innovación Educativa*, que patrocina el Instituto Antioqueño de Investigación y que desarrolla el grupo de investigación Universus. Está estructurado por capítulos que los investigadores han ido editando a medida que progresan en el programa. Cada uno se enfoca en alguno de los aspectos que se debería incluir en una agenda de trabajo orientada a revolucionar el sistema de educación. El lector podrá darse cuenta de que el contenido se relaciona de forma incremental, partiendo desde algunas conceptualizaciones, luego se presenta recomendaciones para el cambio y se finaliza describiendo los resultados de su aplicación experimental. El libro se estructura de la siguiente manera:

Capítulo 1. *El conocimiento y su gestión en la educación y la economía*. En la literatura relacionada con la Gestión del Conocimiento se divulga resultados de investigación y aportes en diversas y multifacéticas áreas, pero hace falta más trabajo en lo que tiene que ver con el conocimiento como tal. En este capítulo se presenta un análisis crítico, se discute las motivaciones detrás de la creación y la Gestión del Conocimiento, y se explora las diferencias contemporáneas entre lo tácito y lo explícito. También se resume parte del pensamiento acerca del conocimiento en la educación y la economía, y se explora algunos conceptos de Foucault, en cuanto al análisis del poder pastoral, que pueden proporcionar una nueva dirección para desarrollar estrategias de investigación en esta área.

Capítulo 2. *Construcción cognitiva de la Transdisciplinariedad desde el pensamiento de la sociedad moderna*. Los problemas de la sociedad actual son cada vez más complejos y

encontrarles solución será cada vez más difícil. Tratar de comprenderlos, modelarlos y solucionarlos solamente con el enfoque desde una disciplina aislada es una tarea casi imposible. El enfoque de la transdisciplinariedad surge como soporte para llevar a cabo esta tarea, porque su objetivo es integrar los diferentes niveles de la realidad para que los científicos puedan visionar soluciones igualmente complejas. En este capítulo se presenta un recorrido conceptual de la transdisciplinariedad y se describe su construcción cognitiva, principalmente desde los aportes de Basarab Nicolescu y Edgar Morin.

Capítulo 3. *Análisis y definición del término buenas prácticas*. El término *buenas prácticas* aparece a menudo en la literatura y en diversos escenarios disciplinares entre los que se encuentra la educación, sin embargo, a pesar de la frecuencia con que se utiliza se encuentra poca discusión sobre su significado y en cómo identificar de forma fiable una *buena práctica*. Este trabajo es el resultado de una revisión sistemática a la literatura para verificar si es posible encontrar una definición general para el término. La muestra final se conformó de 126 trabajos, de cuyo análisis se puede concluir que *no es posible* un entendimiento común de su significado, y que los aportes se sustentan mayoritariamente en opiniones personales, experiencias individuales, o en información anecdótica, y poco en estudios empíricos detallados. Los resultados determinan que la definición de la expresión se interpreta como experiencias: 1) que llevan a cabo la mayoría de organizaciones, 2) que aplican solo organizaciones exitosas, 3) basadas en la observación y la experiencia, 4) basadas en opiniones, o 5) basadas en la investigación empírica.

Capítulo 4. *A propósito de contenidos, ¿qué es contenido?* En un mundo donde al parecer todo es contenido, llama la atención lo poco que se conoce y acepta acerca del significado de este término. Por eso es que diversos investigadores se preguntan qué es contenido, y con buena razón, porque en toda parte se habla de gestión de contenidos, desarrollo de contenidos y estrategias de contenidos, pero no se llega a una unanimidad de criterios. En este capítulo se hace una reflexión acerca del tema y se propone una definición para el término, una clasificación por su objetivo específico y se describe algunas características que necesariamente debe poseer un buen contenido y las habilidades que debe poseer un buen creador de contenidos.

Capítulo 5. *Epistemología del pensamiento abstracto: Un análisis al estado actual de su desarrollo como conocimiento para la educación del siglo XXI*. Esta investigación se orientó a encontrar la influencia del pensamiento abstracto en el desarrollo de habilidades profesionales para las exigencias del siglo XXI. Con este propósito, y a partir de un protocolo de búsqueda estructurado, se realizó una revisión de la literatura acerca del tema. Los hallazgos demuestran que los autores e investigadores están preocupados por el nivel de desarrollo del pensamiento abstracto en los estudiantes, pero proponen poco para solucionar la situación. Si bien la relación más importante del pensamiento abstracto se observa en la educación en Ciencias Computacionales e Ingeniería, los resultados y las conclusiones de las investigaciones no son concluyentes y, en un alto porcentaje, no están relacionados. Se concluye que los estudiantes desarrollan un modelo mental menos detallado en el estudio de los sistemas, y que la mayoría no alcanza un alto nivel de abstracción. Esto se debe, entre otras causas, a que los planes de estudios se estructuran siguiendo conceptos de la educación del siglo XIX y a que los modelos de enseñanza no enfatizan en el desarrollo de la capacidad lógico-interpretativa y abstractiva en los estudiantes.

Capítulo 6. *Desarrollar la capacidad lógico-interpretativa y abstractiva en los estudiantes: Un desafío para la educación*. En este capítulo se presenta un análisis al estado del arte en esta temática, orientado desde las prácticas metodológicas y la neurocognición. Se parte de que la lógica es el estudio sistemático formal de los principios de la inferencia válida y el razonamiento correcto, cuya importancia radica en que ayuda a razonar correctamente; y que la abstracción es

el proceso de pensamiento mediante el cual se extrae las características innecesarias de algo con el fin de simplificar detalles, y para que, donde existe ambigüedad, vaguedad o falta definición, se despeje ambientes concretos. Ambos son procesos del razonamiento y funciones del cerebro necesarios para identificar e integrar datos e información, por lo que es necesario desarrollarlas adecuadamente para modelar mejores soluciones a los problemas complejos de este siglo. La conclusión es que se requiere iniciativas y didácticas para desarrollar o potencializar esta capacidad en los estudiantes, de tal forma que la adapten y apliquen de acuerdo con las exigencias y necesidades de los problemas complejos en el contexto profesional del Nuevo Orden Mundial.

Capítulo 7. *Internacionalizar la educación: Una estrategia de desarrollo y calidad*. La internacionalización de la educación en general es una estrategia adecuada para ampliar el conocimiento, las habilidades y las actitudes globales que deben poseer los estudiantes antes de ingresar al ambiente laboral. Pero esta estrategia debe ser transversal a todo el proceso de formación asociado. Sin embargo, hacer cambios a un plan de estudios para incluir la globalidad puede crear problemas específicos, por lo que los administradores necesitan saber más acerca de cómo se dirige los cursos y en qué medida el plan de estudios incorpora las exigencias globales. Los administradores deben tomar la decisión de implementar un programa de internacionalización estructurado adecuadamente, que involucre cambios institucionales y en las facultades, los programas y los planes de estudios. Además, que tenga en cuenta a las partes interesadas: estudiantes, profesores, administradores y a la sociedad en general, de tal manera que todos trabajen por el logro de los objetivos del programa, al mismo tiempo que se capacitan para ejecutar sus roles lo mejor posible. Porque internacionalizar, solamente para mostrar indicadores no es la solución, y a corto plazo se convertirá en una debilidad, más que en una fortaleza. Es necesario comprender que no es temáticamente individual, y que no se debe estructurar únicamente para el plan de estudios, sino que es un programa institucional que se irradia a las facultades. El objetivo de este trabajo es presentar una visión general acerca de la internacionalización de la educación desde una perspectiva estratégica de desarrollo y calidad, que les permita a las instituciones adquirir conciencia de la necesidad de implementarla. También se presenta conceptos teóricos y prácticos de cómo pensar, estructurar e impulsar una internacionalización acorde con las metas y objetivos de la institución, la facultad y el programa.

Capítulo 8. *Innovar el modelo de enseñanza: Tarea pendiente del sistema de educación*. En muchos estudios se habla de la falta de procesos que innoven las prácticas de enseñanza en la educación, y que los profesores tienen reticencias para utilizar eficientemente los recursos de Tecnologías de la Información TI que las instituciones ponen a su disposición. En este trabajo se hace un examen a los problemas para implementar procesos de innovación en la educación y a los mecanismos que las instituciones aplican para tratar de promoverla. También se analiza factores como el ambiente para la enseñanza, la asignación de recursos y el apoyo a las consultorías especializadas; se discute los peligros que se generan por la actual desincronización entre la innovación y su aplicación, y se examina la importancia de ofrecer una atención adecuada al diagnóstico de estos problemas. Finalmente, se presenta un marco de trabajo para incorporar la innovación en el escenario de la enseñanza en el sistema de educación.

Capítulo 9. *Eficacia de los modelos de enseñanza para el logro de los resultados de aprendizaje en matemáticas*. En este capítulo se presenta el resultado de una investigación cuyo objetivo es determinar la eficacia de los modelos de enseñanza para el logro de los resultados de aprendizaje en la formación en matemáticas. Por medio de un análisis a los resultados de los estudios de caso en la literatura y aplicando el método de triangulación de variables, se utilizó el modelo de evaluación de Kirkpatrick para determinar dicha eficacia. Los resultados muestran que, de los 13 modelos analizados solamente dos se ubican en el nivel 4 (*Excelente*) y tres en el nivel 3 (*Bueno*),

lo que permite concluir que todavía no logran la eficacia necesaria para que los estudiantes se capaciten adecuadamente en matemáticas, para responder a las demandas de la Nueva Era. Entre las causas se encuentran: profesores sin experiencia profesional, planes de estudios desactualizados, trabajo disciplinar y desarticulado, prácticas y didácticas que no motivan y evaluación memorística, entre otras.

Capítulo 10. *Realidad de las matemáticas en los programas de ingeniería*. El mito con las matemáticas es que el futuro de la humanidad depende de privilegiados que desarrollen habilidades superiores en ellas. Esto se remonta, por lo menos, a la década de los 50, cuando los rusos superaban a los estadounidenses en la carrera espacial, porque eran mejores en matemáticas y ciencias, o cuando los alemanes y los japoneses lo hicieron en los años 80. Hoy la cuestión es con indios y chinos, porque para muchos ellos son mejores en matemáticas y ciencias. La realidad es que es difícil encontrar a alguien que para ser un profesional eficiente en su trabajo utilice algo más que una hoja electrónica y las matemáticas básicas: aritmética y un poco de álgebra, estadística y programación. Por otro lado, el desarrollo de las Tecnologías de la Información TI ha transformado las especialidades y necesidades empresariales en ingeniería, y crearon nuevas oportunidades en áreas relacionadas, tanto en la forma en que adquieren o desarrollan habilidades sus estudiantes, como en la manera de utilizarlas. En este nuevo escenario se presenta un amplio debate sobre qué habilidades matemáticas deben desarrollar los ingenieros, cómo y cuándo enseñarla, y si todas las disciplinas consideradas ingenieriles necesitan el mismo volumen de ellas. Con el objetivo de aportar a este debate se realizó una investigación colaborativa para responder algunas inquietudes relacionadas, especialmente para determinar la realidad de la enseñanza de las matemáticas en la educación en ingeniería.

Capítulo 11. *Matemáticas en ingeniería: Problema u oportunidad en este siglo*. De acuerdo con las expectativas de los estudiantes de la Era Digital, las necesidades sociales, el ejercicio profesional y la complejidad de los problemas de este siglo, ¿se podría observar a las matemáticas como un problema o como una oportunidad en la educación de ingenieros? Para encontrar respuestas se realizó una investigación en la que participaron 9397 estudiantes, 956 profesores, 118 empleadores, 5765 profesionales, 218 directivos, 11 organismos de estado y 16 asociaciones profesionales, apoyada en una amplia revisión de la literatura respectiva. Los países con mayor número de participantes fueron México, Argentina, España, Estados Unidos, Perú y Brasil, además de otros con menor participación. Los principales resultados demuestran que se ofrece programas de ingeniería que no lo son; el sistema de educación es obsoleto; sí se necesita matemáticas en ingeniería, pero hay que modificar metodologías y didácticas; hay que integrar los contenidos matemáticos con los demás procesos de aprendizaje; y se debe armonizar lo teórico y lo práctico de las matemáticas para darle mayor pertinencia en la educación ingenieril. La conclusión es que la educación matemática es necesaria e importante en ingeniería, pero que, dado el escenario actual, hay que actualizar contenidos, didácticas y prácticas para que la nueva categoría de estudiantes la asuma más como una oportunidad y menos como un problema.

Capítulo 12. *Análisis a las apreciaciones de los estudiantes de secundaria para elegir un programa en ciencia o ingeniería*. Se realizó una investigación entre estudiantes de último año de secundaria, que participan en programas en los que toman cursos de educación superior, y se recopilaron datos de 368 participantes. El objetivo fue evaluar las apreciaciones de estos estudiantes acerca de matricularse o no en programas de ciencia o ingeniería, o de continuar en ellas luego de matricularse. Los hallazgos demuestran que tienen poco interés por tomar carreras en estas áreas; además, que factores como el apoyo familiar y el aliento de profesores motivadores les despierta diversos niveles de entusiasmo e interrogantes que direccionan su elección.

Capítulo 13. *Factores que inciden para que los estudiantes abandonen un programa de ingeniería*. Se presenta los resultados de una investigación cuyo objetivo es determinar la incidencia de ciertos factores en la decisión de los estudiantes de abandonar los programas de ingeniería. Se aplicaron consultas y encuestas en línea y entrevistas personales. Se encontró que los factores con mayor incidencia en la decisión de abandonar son la falta de habilidades ingenieriles, de pensamiento lógico y de destrezas matemáticas, además de algunos de control por parte de los profesores, las universidades y las empresas. Los factores incidentes tienen la característica de que son controlables por parte de los actores, por lo que el sistema de educación debe prestarles mayor atención.

Capítulo 14. *Los contextos cambiantes del aprendizaje: Desarrollos/descubrimientos en neurocomputación*. En este siglo se ha publicado diversos desarrollos y descubrimientos en neurocomputación relacionados con el desarrollo cognitivo, de los cuales se podría extraer aportes para resolver los problemas del sistema de educación tradicional. Este trabajo tiene como objetivo revisar el estado del arte acerca de este tema. Se buscaron y analizaron trabajos en los que se evidencia y experimenta estos desarrollos/descubrimientos, a la vez que se presume como factibles de aprovechar en los procesos de aprendizaje de este siglo. En los hallazgos se pudo determinar que estas formas emergentes desde la neurocomputación, aunque diseñadas para funcionar de acuerdo con la comprensión del cerebro desde las Ciencias Computacionales, todavía no se alinean completamente al objetivo de mejorar el desarrollo cognitivo humano. En todo caso, la investigación posterior se debe orientar a aprovechar las tecnologías inspiradas en el cerebro y a diseñar herramientas orientadas al desarrollo cognitivo, aprovechando, por ejemplo, las lagunas de investigación encontradas en este estudio.

1

El conocimiento y su gestión en la educación y la economía

En la literatura relacionada con la Gestión del Conocimiento se divulga resultados de investigación y aportes en diversas y multifacéticas áreas, pero hace falta más trabajo en lo que tiene que ver con el conocimiento como tal. En este capítulo se presenta un análisis crítico, se discute las motivaciones detrás de la creación y la Gestión del Conocimiento, y se explora las diferencias contemporáneas entre lo tácito y lo explícito. También se resume parte del pensamiento acerca del conocimiento en la educación y la economía, y se explora algunos conceptos de Foucault, en cuanto al análisis del poder pastoral, que pueden proporcionar una nueva dirección para desarrollar estrategias de investigación en esta área.

INTRODUCCIÓN

En la Sociedad de la Información el conocimiento se ha convertido en un codiciado recurso, lo que ha hecho que experimente una transformación al mismo ritmo que lo hacen sus usuarios, orígenes y trayectorias [1]. Las nociones románticas de hace algún tiempo, acerca de alma mater, autonomía académica, libertad académica y producción de conocimiento, solo les ha servido a las comunidades de élite para auto-engrandecerse, por lo que se volvieron obsoletas y redundantes [2]. Contrariamente, el mercado cada vez más globalizado de la educación requiere que las instituciones se muestren como proveedoras únicas de los principios formativos y de investigación, que generan el conocimiento de beneficio social y para la academia [3].

Pero esa producción académica se piensa cada vez más en términos explícitamente instrumentales, como aquellos que están al servicio de la obtención de requisitos en la economía de mercados, y se aleja del objetivo de generar conocimiento críticamente reflexivo. La mercantilización de la educación ha causado que el nuevo conocimiento que adquieren los estudiantes y que facilitan los investigadores, se impregne de un proceso mercantilizado [4] y, aunque el conocimiento se adquiere desde lo micro (estudiantes) o lo macro (empresas, industrias y gobiernos), cada vez está más delimitado y regulado por sus respectivas demandas. En este contexto la universidad ha pasado de ser una institución fundamentalmente dedicada a la formación a ser un proveedor de servicios para una economía orientada al comercio altamente competitivo [5-7].

Por otro lado, el papel de las universidades en este siglo, como proveedoras directas de conocimiento, se incrementó en la mayoría de países que adoptaron estrategias de reconocimiento basadas en evidencias, lo que llevó en muchos de ellos a la formulación de políticas en tal sentido [8]. Sin embargo, esta relación todavía es embrionaria, formativa y relativamente indefinida, en tanto que se desconoce los diversos mecanismos y procedimientos de diálogo, o no se prueban por parte de los académicos e investigadores [9]. En esta situación se percibe dos ámbitos profesionales diferentes, incluso se podría decir antagónicos, como una evocación a las dos culturas de Snow [10].

Sin embargo, en lugar de esas culturas diferentes de la ciencia y el arte, aquí lo que se relaciona es el Estado y la academia. Entonces, desarrollar conocimiento de mejor calidad y con mayor fluidez a través de un diálogo útil y significativo, que integre las necesidades respectivas del Estado (apoyo y financiación sostenible de la investigación) y de la comunidad académica (investigación de alta calidad y publicación de resultados con trascendencia internacional), es una prioridad para garantizar la generación de políticas sustentadas en las evidencias, y para que el conocimiento, así generado, participe y contribuya activamente al bienestar, la prosperidad y el bien público de la sociedad en general.

Debido a esta y otras causas, en los últimos años se ha producido una explosión en la literatura acerca de la Gestión del Conocimiento KM, aunque gerencialista casi en su totalidad, sustentada por una creencia en las ventajas competitivas que se pueden obtener de su explotación, tanto para las empresas como para los países, en el mundo globalizado. Un argumento típico alrededor de esta cuestión es que las ampliamente pronosticadas Sociedad de la Información y Economía del Conocimiento emergen como realidades tangibles, donde los teóricos en KM sostienen que es mucho más rentable para una empresa invertir en sus activos de conocimiento que en los bienes materiales [11]. Pero resulta que para las organizaciones el desafío es doble: por un lado, deben crear nuevo conocimiento y, por otro lado, explotar el existente, aunque lo deban hacer agresivamente como hasta ahora.

En tal sentido, el trabajo de autores como Nonaka y Takeuchi [12] contiene cuentas seminales de estos procesos, y ofrece prescripciones para los administradores de las empresas competitivas contemporáneas, en relación a cómo crear y explotar el conocimiento. Además, argumentan que, con el fin de persistir, deben ofrecer continuamente nuevos productos y servicios competitivos, para lo cual los resultados de las investigaciones en empresas japonesas y occidentales los convencieron de que la creación de conocimiento ha sido la fuente más importante de su competitividad internacional. De estos trabajos se deduce que, para ser sostenibles, las empresas necesitan crear constantemente nuevo conocimiento, porque los mercados de este siglo se conciben como dinámicos y progresistas. Por otro lado, crear conocimiento organizacional es la capacidad de una empresa, en su totalidad, para generar nuevo conocimiento y para difundirlo e incorporarlo en sus productos, servicios y sistemas.

Este enfoque, y otros en el campo de KM, hipotetiza y alienta en las empresas un deseo por el conocimiento y, como señala Fuller [13], es una cuestión que poco tiene que ver con el simple deseo basado en la curiosidad por el saber, ya que la literatura se centra en las necesidades de las empresas competitivas o, tal vez, en sus accionistas. Esta aceptación de que el conocimiento es el nuevo recurso competitivo ha afectado mayoritariamente al mundo Occidental, aunque el contexto acerca de su importancia, para empresas y países, les ayuda muy poco a comprender cómo se crea [12].

Filosóficamente esto es significativo, porque la epistemología actual es en gran medida una actividad regulativa, en la que la mayoría de filósofos se han ocupado de cómo evaluar la demanda de conocimiento y han abandonado los aspectos generativos. Otros aportes hacen hincapié en estos aspectos y dejan por fuera buena parte de lo regulativo, como si esos problemas ya se hubieran resuelto. En ocasiones, en este proceso se tiene la impresión de que, mientras se produzcan cosas útiles, los debates acerca de su veracidad se relegan a la escolástica.

Desde este punto de vista se puede afirmar que, hasta cierto punto y desde una perspectiva crítica, Lyotard [14] ya había establecido estos argumentos, aunque es una cuestión que está por fuera de los objetivos de este trabajo. Por otro lado, diversos autores asumen que el conocimiento se divide en categorías y hacen una diferenciación entre lo tácito y lo explícito, una cuestión que se trata tangencialmente en este trabajo, porque se orienta a analizar el conocimiento y su gestión con el objetivo de enriquecer el contexto de análisis de esta área en el siglo XXI.

1. PAUTAS PARA LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO

1.1 Conocimiento tácito y conocimiento explícito

El conocimiento tácito es personal y de contexto específico, por lo que es difícil de formalizar y comunicar, mientras que el conocimiento explícito, o *codificado,* es el que se transmite a través del lenguaje formal y sistemático; lo que sustenta que la objetividad científica no es su única fuente y que una parte del conocimiento humano es fruto de un esfuerzo decidido por interactuar con el mundo [12]. El explícito no es subjetivo y reside en las bases de datos, los reportes escritos y en otras fuentes; el tácito se subdivide en dos categorías: 1) *modelos mentales*, elementos cognitivos como esquemas, paradigmas, perspectivas, creencias y puntos de vista que les ayudan a los individuos a percibir y definir su mundo, y 2) *elementos técnicos* del conocimiento, entre los que se incluye el saber hacer en concreto, los oficios y las habilidades. La importancia de estas categorías radica en que los elementos cognitivos se refieren a imágenes individuales de la realidad y a visiones futuras, es decir, *lo que es* y *lo que debería ser* [12], mientras que los elementos técnicos son principalmente habilidades corporales.

1.2 Performatividad

Jean-François Lyotard (1924-1998) fue uno de los primeros en vincular sistémicamente la producción de conocimiento al bienestar económico y, en cierta medida, la literatura relacionada es una especie de extensión *alegre* de su tesis. En la educación, actualmente predomina la tecno-ciencia, una subordinación de las declaraciones cognitivas orientada a la finalidad del mejor rendimiento posible: *el criterio tecnológico*.

Los objetos y pensamientos que se originan en el conocimiento científico y la economía comunican una de las reglas que sustentan su posibilidad: *la realidad existe si la testifica un consenso entre el conocimiento cierto y los compromisos ciertos*. Esta regla es una huella sobre las políticas científicas y la administración de capital a través de una especie de evasión de la realidad a partir de certezas metafísicas, religiosas y políticas que la mente cree que la sostienen. Esta evasiva es necesaria para el surgimiento mismo de la ciencia y el capitalismo [14].

Sin embargo, para Nonaka y Takeuchi [12] el tipo más importante de conocimiento es el *tácito*. Entonces, si se acepta la certeza de esta propuesta, como parece hacerlo la literatura de KM, la atención de la gestión se debería centrar en el conocimiento tácito. Sin embargo, parte del argumento de Lyotard se refiere al conocimiento *explícito*, a la vez que considera al tácito como predominantemente textual. En consecuencia, la solución crítica a los problemas del principio de performatividad en este contexto, propuesto por él mismo, ya no sería sostenible, por lo que finalmente se podría comprender cómo es que esta problemática afecta la computarización de la sociedad. Esto se convierte en el instrumento *soñado* para controlar y regular el sistema de mercados, que se ha extendido para incluir conocimiento propio regido casi exclusivamente por el principio de performatividad.

De igual manera, también le podría ayudar a la educación a abastecerse con la información, de la que generalmente carece, para tomar decisiones. En principio, cuando se toma el segundo de los caminos la línea a seguir para la computarización es bastante simple: permitir el libre acceso a la memoria y a los bancos de datos y, entonces, los juegos de lenguaje podrían ser juegos de información perfecta en cualquier momento dado [14]. Pero una teoría crítica a la difusión del conocimiento tácito tendría que tomar un enfoque muy diferente, y Lyotard hace su aporte acerca de la gestión activa de los procesos de creación y gestión del conocimiento, por ejemplo, en una empresa competitiva.

1.3 Generar conocimiento dinámico

¿Qué intervenciones específicas implica crear y gestionar conocimiento? Una respuesta a esta pregunta podría ser arrogante, porque existen tantas como textos acerca de KM. Nonaka y Takeuchi llegan a algunas conclusiones para explicar supuestos teóricos y pragmáticos, y aportan ideas para esclarecer esta cuestión. Pero sería conveniente indagar primero cómo *crear* conocimiento y, por supuesto, tiene sentido afirmar que su generación no es casual. También parece tener sentido asumir que generalmente el conocimiento no *se genera,* sino que se *descubre*. La cuestión es que el uso del término *crear* implica un proceso activo con acciones que adoptan diversas técnicas dinámicas [15].

Por su parte, la teoría de la creación de conocimiento organizacional de Nonaka y Takeuchi adopta la definición tradicional de que es una *creencia verdadera justificada*. Sin embargo, si bien la epistemología occidental se centra en la veracidad como atributo principal del conocimiento, estos investigadores destacan su naturaleza como *creencia justificada*. Además, mientras la

epistemología tradicional hace hincapié en el carácter absoluto, estático y no-humano del conocimiento, expresado típicamente en proposiciones y lógica formal, para justificar la creencia personal hacia la *verdad,* ellos lo consideran como un proceso humano y dinámico.

Probablemente la palabra *verdad* sea una justificación para el producto que se obtendría en un momento posterior, es decir, en la aceptación por parte del consumidor de los productos o servicios, que se producen como resultado del *conocimiento* generado. En cierto sentido quizás esta sea la conclusión final del argumento de justificación de la performatividad, aunque lo diferente es que la explotación, o liberación, del conocimiento explícito puede no ser suficiente o importante. Hasta ahora los procesos implícitos en la gestión activa de la creación de conocimiento dinámico se han escapado en buena parte de la atención crítica, mientras que otros enfoques ofrecen pistas importantes para analizar críticamente la dimensión tácita, como el análisis del poder pastoral de Foucault [16], en el que se prevé el inicio de un enfoque genealógico para el estudio de las relaciones de poder-conocimiento, intrínsecas en las típicas descripciones contemporáneas de la gestión del conocimiento tácito en las empresas competitivas [17].

1.4 El poder pastoral

Parece ser que el moderno Estado Occidental ha integrado como nueva forma política una antigua técnica de poder que se originó en las instituciones cristianas: *el poder pastoral*. Esta forma de poder se aplica asimismo a la vida cotidiana al categorizar al individuo, porque lo marca por su propia individualidad, le otorga su propia identidad y le impone la ley de la verdad, sobre la que se debe reconocer y que otros deben reconocer en él. Es una forma de poder que crea sujetos individuales y no se puede ejercer sin conocer el interior de la mente de las personas, sin explorar sus almas y sin hacerles revelar sus secretos más íntimos, lo que implica el conocimiento de la conciencia y la capacidad para detectar ese conocimiento [16].

Una de las técnicas del poder pastoral fue la *confesión religiosa*, con la que se logra un amplio conocimiento de los sujetos y de sus intenciones, aspiraciones y secretos. El objetivo original de este poder, y de la tecnología confesional asociada, era la salvación religiosa, aunque en las sociedades laicas occidentales puede haber perdido su significado tradicional. Sin embargo, Foucault sostiene que el poder pastoral, como forma de poder, todavía prevalece bajo otras formas y que solo cambió su objetivo: ya no es una cuestión de personas conducidas a su salvación en el otro mundo, sino más bien de garantizarla en éste y, en tal contexto, la palabra *salvación* toma significados diferentes: salud, bienestar, seguridad y protección, entre otros, lo que se interpreta como que una serie de objetivos mundanos pretende tomar el lugar de los fines religiosos del poder pastoral tradicional [16].

Es así que la legitimación de la gestión activa de los procesos de creación de conocimiento tiene su origen en la salvación secular que, en términos generales, son procesos que trascienden los límites de la gestión, entendida como un aspecto de las relaciones capital-trabajo tradicionales. Foucault traza la genealogía de esta concepción hasta las antiguas culruras, donde la aceptación general era que el pastor es quien reúne, guía y conduce a su rebaño. Las personas son individuos dispersos que se reúnen al oír su voz, y para él la vigilancia es importante.

En otras palabras, la presencia del pastor y la acción directa hacen que el rebaño exista en sí mismo. Aquí se pone de manifiesto dos aspectos de la devoción del pastor: 1) actúa, trabaja y se pone en forma para aquellos que alimenta y que están dormidos, y 2) vela por ellos, presta atención a todos y vigila a cada uno, por lo que tiene que conocer su rebaño con todo detalle. No solo debe saber dónde están los *buenos pastos*, dominar las leyes actuales y el orden de las cosas,

sino que también debe conocer las necesidades particulares de cada uno, y ese poder le exige prestar atención a cada miembro de la *manada* [16].

Teóricamente, en la época moderna los directivos de la gestión del conocimiento manifiestan gran parte de estas características, porque su papel es aprovechar tanto el conocimiento tácito como el explícito, que se genera en los niveles inferiores de la estructura, para obtener ventajas competitivas. La función básica de estos *agentes del conocimiento* es gestionar, a nivel corporativo, todo el proceso de creación del mismo. Además, deben estar conscientes de que sus aspiraciones e ideales determinan la calidad del conocimiento que crea la organización.

Pero si bien sus ideales son importantes, no son suficientes, por lo que deben fomentar un adecuado grado de compromiso personal para con los otros miembros del equipo y, para lograrlo, es preferible que asuman una visión abierta, ambigua y susceptible a una variedad de interpretaciones. Una visión de este tipo les ofrece a los miembros del equipo la libertad y la autonomía para establecer sus propias metas, y crea en ellos un compromiso para averiguar lo que realmente significan los ideales de la gestión.

Otra cuestión importante es que la creación de conocimiento no se logra a través de la antigua técnica de gestión jerárquica disciplinaria. Por el contrario, gestionar el *rebaño* de potenciales creadores de conocimiento involucra la aplicación de los clásicos temas de poder-conocimiento de Foucault, particularmente su tercer modo de objetivación: la *subjetivación*; es decir, las formas en que las personas se convierten en sujetos, por lo que generalmente, estas prácticas divisorias son técnicas de dominación. A pesar de la nueva claridad y del poder de los análisis y estudios históricos de Foucault, otros pensadores han reconocido la interacción entre estos modos de dominación y las diversas formas científicas sociales de clasificación, aunque en la subjetivación Foucault analiza los procesos de autoformación en los que está inmersa la persona [18].

Para crear conocimiento tácito se necesita que los actores involucrados se auto-formen dinámicamente para producir el suyo propio, y que lo puedan transmitir por diversos medios a otros miembros de la organización, siempre con fines de explotación comercial. Ontológicamente y en sentido estricto el conocimiento solo lo crean los individuos, y sin ellos las organizaciones no lo logran, pero a cambio les apoyan su creatividad o les proporcionan los contextos para que lo creen [12]. Por lo tanto, la explicación de cómo las compañías japonesas crean nuevo conocimiento se reduce a que convierten el tácito en explícito. Entonces, tener una idea o presentimiento personal es de poco valor para la compañía, a menos que esta característica individual se pueda convertir en conocimiento explícito [12].

El empleado se debe auto-formar de varias maneras, corporales o cognitivas, porque que el conocimiento tácito se puede crear de ambas formas. En términos generales, este es el proceso de subjetivación que, a través de una variedad de operaciones, se lleva a cabo en los cuerpos, las almas, los pensamientos y las conductas de las personas [18]. Parte de los requisitos de la gestión conductual es la función pastoral de convertir el conocimiento tácito (individual) en explícito (organizacional), implementando técnicas o recursos como los expuestos por Nonaka y Takeuchi.

2. CREACIÓN DE CONOCIMIENTO

En la literatura se puede diferenciar varios procesos para *crear* conocimiento, en los que se vincula explícitamente operaciones en el cuerpo y en la mente. Los ajustes que tienen lugar apenas sí se parecen a las organizaciones disciplinarias de momentos anteriores, sin embargo, existe fuertes indicios de que deberían estar ocurriendo procesos de subjetivación:

1. *De tácito a tácito*. Este proceso es la *socialización*, es decir, el conocimiento tácito se adquiere mediante la experiencia, y luego se transmite a otras personas. En este proceso cognitivo la formación personal es tan importante como cualquiera de los otros componentes, porque se da en gran medida por iniciativa propia y requiere arreglos e incentivos educativos adecuados. En teoría, en este proceso los procedimientos disciplinares tienen poco o ningún papel.

2. *De tácito a explícito*. También llamado *externalización*, consiste esencialmente en describir textualmente el conocimiento personal, aunque no siempre sea posible hacerlo en prosa o diagramas. Cuando por medio de métodos analíticos de deducción o inducción no se puede encontrar una expresión para describir una imagen, se tiene que utilizar un método no-analítico, por tanto, frecuentemente la externalización se realiza mediante metáforas y/o analogías [12]. Sin embargo, para que este conocimiento sea útil se debe codificar en un lenguaje muy preciso, aunque puede existir dificultades para fomentar la investigación crítica respecto de este modo de conversión.

3. *De explícito a explícito*. Es un proceso de combinación en el que cualquier aprendizaje cognitivo, principalmente desde fuentes textuales como bases de datos, cae bajo la denominación de combinación. Aquí es interesante el principio de Lyotard de darle al público acceso libre a la memoria y a los bancos de datos, una estrategia que aplican las empresas que continuamente crean y gestionan conocimiento. Un ejemplo de estos procesos es la corporación japonesa KAO, que para asegurar *el libre acceso a la información* introdujo una base de datos con toda la información archivada. A través de este sistema cualquier persona accede a la información de ventas, *marketing*, producción y distribución, y a la red de información que incluye a todas sus oficinas en Japón. La única característica es que cualquier miembro, sin importar su posición o sección, tiene pleno acceso a la base de datos, exceptuando una limitada cantidad de información personal. En otras palabras, cualquier empleado puede acceder a la base de conocimiento explícito que existe en el sistema empresarial [12]. Sorprendentemente y como resultado de esta política, se percibe un riesgo, lo que demuestra una considerable diferencia entre este *enfoque*, donde la seguridad y la necesidad de conocer los problemas es primordial, y los *antiguos enfoques* disciplinares de gestión.

4. *De explícito a tácito*. Es una internalización difícil de describir que algunos autores definen como *aprender haciendo*. En este proceso la persona es el centro, porque aprende a expresarse formalmente por escrito y sus operaciones explícitas son básicas. Para ilustrarlo se puede recurrir a otra empresa japonesa, la corporación Matsushita, que en 1993 puso en marcha una política para reducir la jornada laboral; su objetivo no era reducir costos, sino innovar el modo de pensar y de gestionar al tiempo que incrementaba la creatividad individual. Aunque esta política fue claramente comunicada como conocimiento explícito, muchos departamentos estaban confundidos acerca de cómo implementarla, entonces se les indicó que experimentaran con una jornada de 150 horas mensuales y, a nivel personal, los empleados tenían que aprender cómo sería trabajar 1800 horas al año. Este concepto explícito fue internalizado a través de la experiencia recogida en un mes, de tal manera que al poco tiempo las prescripciones escritas se internalizaron como actividades y procesos personales.

3. CONCLUSIONES

Este capítulo se centra en analizar la gestión del conocimiento desde diferentes aspectos, aunque buena parte de la literatura se centra en lo tecnológico, particularmente en TI, en lugar de la propia gestión. Además, el trabajo de autores como Nonaka y Takeuchi incluye un amplio debate sobre

Sistemas de Información y poco sobre Tecnologías de la Información. Suponiendo que este trabajo sea duradero, y por el momento lo es, un enfoque en lo tecnológico parece perder las *homilías* acerca de la importancia del conocimiento tácito, especialmente en su carácter personal.

En teoría, las instituciones creadoras y gestoras de conocimiento se consideran diferentes a las disciplinarias, y sin duda muchos de los temas posteriores de Foucault, acerca del poder y de la subjetividad, son pertinentes para analizar los efectos del poder que emplean, pero queda la duda de si esos análisis pueden ir más allá de las conclusiones temáticas. Los diversos ejemplos presentados por Nonaka y Takeuchi, y otros investigadores, se centran en empresas japonesas, mientras que mayoritariamente los estudios genealógicos son europeos, aunque en Japón se encontró poco material al respecto.

Considerando que las compañías occidentales siguen muchos de los patrones sociales observados en las europeas, se puede afirmar que existe mucha similitud en sus historias, sobre todo a nivel ideológico-genealógico. Asimismo, recientemente no ha habido un intercambio importante de fertilización cruzada, es decir, de ideologías, estructuras sociales y otras, entre Europa, América y Japón, a pesar de que vale la pena revisar la influencia de Estados Unidos en Japón después de 1945. Sin embargo, las personas aceptan sin mucho problema lo que se refiere a la genealogía en sí misma, con la que se estructura estilos de gestión y otras cosas. En este sentido, y para la gestión del conocimiento, sería interesante volver a revisar los conceptos de Foucault, en particular los relativos a la subjetivación, cuando los estilos de gestión defendidos por otros autores resultan tan fugaces. Pero debido al establecimiento de la moderna, aunque considerada inadecuada, literatura en KM, la gestión de conocimiento muestra muchos aspectos de la moda actual.

A este respecto se puede argumentar que los cambios en la gestión del conocimiento, defendidos por diversos autores, pueden parecer propuestas para modificar las relaciones de producción en las empresas, en lugar de cambios en las fuerzas de producción [19]. Por otra parte, parece ilusorio que estos cambios e ideas, propuestos desde las relaciones de producción, sean tan sustantivos como para dar lugar a recepciones académicas entusiastas, aunque de hecho lo sean, precisamente porque son extensiones/formalizaciones de las técnicas de gestión, lo que explica el entusiasmo demostrado por los gestores de estas ideas y que han cobrado fuerza en este siglo. A primera vista revigorizar el cuerpo como una fuerza productiva, incluso en el más sedentario de los lugares de trabajo, sería una receta de gestión que difícilmente sorprendería a pensadores como Foucault.

REFERENCIAS

[1] Lambert R. (2003). Review of Business-University Collaboration: Final Report. HMSO.

[2] Graham G. (2002). The Recovery of an Idea. Thorverton: Imprint Academic.

[3] Bok D. (2003). Universities in the Marketplace: The commercialization of higher education. Princeton University Press.

[4] Brown P. y Lauder H. (1996). Education, globalization and economic development. Journal of Educational Policy 10(1), 1-24.

[5] Bowden J. y Marton F. (1998). The University of Learning: Beyond quality and competence in higher education. Kogan Page.

[6] Baker M. (2004). The University 'Market' is here. BBC News. Recuperado: http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/education/3595049.stm

[7] Gibbons M. (2005). Choice and Responsibility: Innovation in a new context. Higher Education Management and Policy 15(3), 89-104.

[8] Thorpe C. (2010). Participation as Post-Fordist Politics: Demos, new labour and science policy. Minerva 48(4), 389-411.

[9] Serna E. (2017). La 'maldita' investigación por proyectos. Editorial. Revista Antioqueña de las Ciencias Computacionales y la Ingeniería de Software (RACCIS) 7(1), 5-6.
[10] Snow C. (1960). The Two Cultures. Cambridge University Press.
[11] Probst G. et al. (2000). Managing Knowledge. Wiley.
[12] Nonaka I. y Takeuchi H. (1995). The Knowledge Creating Company. Oxford University Press.
[13] Fuller S. (2001). Knowledge Management Foundations. Routledge
[14] Lyotard J. (1984). The Postmodern Condition. Manchester University Press.
[15] Serna E. (2012). Maturity Model of Knowledge Management in the Interpretativist Perspective. International Journal of Information Management 32(4), 365-371.
[16] Foucault M. (1982). The subject and power. En Dreyfus H. y Rabinov P. (Eds.), Michel Foucault: Beyond Structuralism and Hermeneutics (pp. 208-226). Chicago University Press.
[17] Serna E. (2019). Educación para un nuevo orden mundial - Retos de un escenario emergente para la formación y la capacitación de una nueva categoría de estudiantes. Editorial Instituto Antioqueño de Investigación.
[18] Rabinov P. (1984). Introduction. En Rabinov, P. (Ed.), The Foucault Reader. Penguin.
[19] Adorno T. (1968). Late Capitalism or Industrial Society? Is Marx Obsolete? Diogenes 64, 1-16.

2

Construcción cognitiva de la Transdisciplinariedad desde el pensamiento de la sociedad moderna

Los problemas de la sociedad actual son cada vez más complejos y encontrarles solución será cada vez más difícil. Tratar de comprenderlos, modelarlos y solucionarlos solamente con el enfoque desde una disciplina aislada es una tarea casi imposible. El enfoque de la transdisciplinariedad surge como soporte para llevar a cabo esta tarea, porque su objetivo es integrar los diferentes niveles de la realidad para que los científicos puedan visionar soluciones igualmente complejas. En este capítulo se presenta un recorrido conceptual de la transdisciplinariedad y se describe su construcción cognitiva, principalmente desde los aportes de Basarab Nicolescu y Edgar Morin.

INTRODUCCIÓN

La ciencia es un conjunto de conocimientos obtenido mediante observación y razonamiento sistemático y estructurado, desde el que se deduce principios y leyes generales. La *ciencia normal* es definida por Thomas Kuhn [1] como la búsqueda basada en uno o más logros científicos y que una comunidad en particular reconoce durante un tiempo como base para la práctica posterior. Este concepto de ciencia prevé un periodo de tiempo en el que las actividades científicas se desarrollan enmarcadas en el paradigma predominante. Pero la ciencia, debido a que en muchos casos es evidencia, debe ir más allá de los hechos para ser clara, precisa y comunicable. De otro lado, una disciplina es una categoría en la que se organiza el conocimiento científico y que establece la división y especialización de un trabajo, que responde a la diversidad de las zonas que abarcan las ciencias. Aunque una ciencia engloba un todo más amplio, una disciplina tiende, naturalmente, a la autonomía y a la delimitación de sus fronteras, el lenguaje y las técnicas que tiene que desarrollar o utilizar y, posiblemente, de las teorías que le son propias [2].

Al analizar la sociedad moderna se observa una serie de problemáticas que están definiendo este siglo, tales como el agua, las migraciones forzadas, la pobreza, las crisis ambientales, la violencia, el neo-imperialismo y la destrucción del tejido social, y obligatoriamente se debe concluir que ninguna de ellas se puede abordar de manera adecuada desde la esfera de alguna disciplina individual específica, porque representan desafíos transdisciplinares. La situación no se resuelve, como frecuentemente se intenta, creando supuestos equipos conformados por especialistas en diferentes áreas en torno a un problema dado. Con un mecanismo de este tipo solamente se puede aspirar a lograr una acumulación de visiones que emergen de cada una de las disciplinas participantes, porque una síntesis de integración no se consigue a través de la acumulación de diferentes *cerebros*, debe ocurrir dentro de cada uno.

Por otro lado, en este siglo el número de problemas sociales complejos se ha incrementado, y los conocimientos técnicos y la comprensión de la ciencia y la ingeniería, necesarios para abordarlos y mitigarlos, están en rápida evolución. El mundo está cada vez más interconectado y surgen nuevas oportunidades y problemas altamente complejos que solo recientemente se empezaron a identificar [3]. Cuando estos problemas no se resuelven oportuna y correctamente se convierten en crisis, tales como la escasez de energía, la contaminación, el transporte, el medio ambiente, los desastres naturales, la seguridad, la salud, el hambre y la crisis mundial del agua, entre otros, que amenazan la existencia misma del planeta tal como se conoce. Por eso es que ninguno de estos problemas se puede comprender desde la sola perspectiva de una disciplina tradicional.

Por otro lado, el diseño de sistemas de ingeniería a gran escala ha demostrado que los enfoques mono-disciplinares, inter o multidisciplinares no proporcionan un ambiente que promueva la colaboración y la síntesis necesarias, para extenderlos más allá de los límites disciplinares existentes y para diseñar amplias soluciones realmente creativas e innovadoras para estos problemas [4]. Ellos exigen no solamente el diseño de sistemas de ingeniería con numerosos componentes y subsistemas que interactúen en múltiples e intrincadas formas, también implican el diseño, el rediseño y la interacción de sistemas sociales, políticos, administrativos, comerciales, biológicos, médicos, … Además, estos sistemas son propensos a una naturaleza dinámica y adaptativa, por lo que las soluciones a los problemas no-estructurados necesitan la realización de actividades que trasciendan las fronteras de las disciplinas tradicionales, es decir, se requiere investigación y educación transdisciplinar.

Este tipo de educación e investigación hace énfasis en el trabajo en equipo, porque reúne a investigadores de diversas disciplinas, y en el desarrollo y la puesta en común de conceptos,

metodologías, procesos y herramientas, para crear ideas estimulantes y frescas que expandan los límites de las posibilidades de solución. El enfoque transdisciplinar genera en las personas un deseo por buscar colaboración por fuera de los límites de su experiencia profesional, para realizar nuevos descubrimientos, explorar diferentes perspectivas, expresar e intercambiar ideas y adquirir nuevos conocimientos.

Con todo lo anterior en mente, en este capítulo se presenta un recorrido conceptual desde la disciplinariedad hasta la transdisciplinariedad, y se describe la construcción cognitiva de esta última, principalmente desde los aportes de Basarab Nicolescu y Edgar Morin.

1. MARCO REFERENCIAL

Las primeras universidades se estructuraron alrededor de cuatro facultades: Medicina, Filosofía, Teología y Derecho, como áreas que contenían, hasta ese momento, la *totalidad* del conocimiento. De hecho, los académicos de entonces eran versátiles y eruditos, precursores legítimos de los pensadores y creadores del Renacimiento [5]. Con el paso del tiempo estas facultades se hicieron más y más especializadas, y así surgieron y se multiplicaron las disciplinas y sub-disciplinas, al punto que, para la década de 1950, existían más de 1.100 disciplinas científicas reconocidas, sin incluir a las Humanidades [5].

La asociación entre disciplinas, departamentos e institutos es un fenómeno relativamente moderno que comienza a consolidarse a finales del siglo XIX. Esa departamentalización fue importante para mantener las autonomías disciplinares, para la consecución de fondos para investigación y para la consolidación del prestigio académico. De esta forma los profesores y estudiantes desarrollan y aumentan las legalidades disciplinares y, frecuentemente, sienten que la suya es la más importante de todas. Pero el siglo XXI es diferente y los problemas son más complejos, se acumulan y exigen soluciones inmediatas e ingeniosas, por lo que hay que replantear el concepto de la disciplinariedad. A continuación, se describe el proceso que da surgimiento a la Transdisciplinariedad con la que se debe abordar los problemas de hoy.

- La *Disciplinariedad* se refiere a una mono-disciplina y representa una especialización en el aislamiento. De hecho, una persona puede estudiar Biología y desempeñarse bien sin necesidad de conocimientos acerca de Física o Química. Es más, si se escribiera una lista de ciencias de izquierda a derecha (Físicas, Químicas, Biológicas, Matemáticas, Computacionales, …) es posible que se perciban conectadas lógicamente de manera horizontal, no vertical. La mono-disciplina se caracteriza por la especialización, un método por el cual una disciplina científica encoge gradualmente los márgenes de su objeto de estudio, lejos de los horizontes de otras especialidades, de manera que, y como resultado de esa fragmentación y del enfoque reduccionista, cada área se convierte en insignificante y sin relación con el resto. Las razones que abogan por las mono-disciplinas se consideran el método menos eficaz para hacerle frente a una realidad compleja.

- En la *Multidisciplinariedad* una persona estudia, simultáneamente o en secuencia, más de un área de conocimiento, pero sin hacer ninguna conexión entre ellas. De esta manera puede, por ejemplo, ser competente en Química, Física y Lingüística, pero sin generar ninguna cooperación entre ellas. Los equipos multidisciplinares son comunes y frecuentes, y en ellos los miembros llevan a cabo análisis separados desde la perspectiva de sus disciplinas individuales. Por lo tanto, el resultado final es una serie de reportes grapados juntos, sin ningún tipo de síntesis de integración. A pesar de la convergencia de integrantes de diferentes disciplinas, esto sucede porque el enfoque multidisciplinar sigue siendo fragmentado y reduccionista, y porque se

mantiene la autonomía de los participantes: no es necesario compartir el mismo idioma y la misma meta, simplemente a alguien que clasifique e incorpore los resultados.

- La *Pluridisciplinariedad* implica cooperación entre disciplinas, aunque sin coordinación. Normalmente ocurre entre áreas afines del conocimiento y sobre un nivel jerárquico común. Como ejemplo podría hablarse de la combinación de la Física, la Química y la Geología o la Historia, la Sociología y el Lenguaje. El estudio de cada uno de ellas refuerza la comprensión de las otras.

- La *Interdisciplinariedad* se organiza en niveles jerárquicos e implica una coordinación desde un nivel más alto a uno más bajo. En este sentido, un propósito se introduce cuando las axiomáticas comunes de un grupo de disciplinas afines se definen en el siguiente nivel jerárquico más alto. Entonces, ¿qué se entiende por nivel jerárquico? Las ciencias Físicas, Químicas, Biológicas, Matemáticas y Computacionales, además de otras, se pueden considerar como el primer piso de una edificación, e identificables como el nivel empírico. Inmediatamente por encima, en el segundo piso, está otro grupo de disciplinas que constituyen el nivel pragmático, y que incluyen, entre otras, a la Ingeniería, la Arquitectura, la Agricultura, la Medicina, ... El tercero piso es el nivel normativo, que involucra disciplinas como la planificación, la política, el diseño de sistemas sociales, el diseño ambiental, ... Por último, el piso superior de la edificación corresponde al nivel de valor, y está ocupado por la Ética, la Filosofía y la Teología. Así se define una imagen jerárquica en la que el propósito de cada nivel se define por el siguiente más alto.

- Por su parte, la *Transdisciplinariedad* es el resultado de una coordinación entre todos esos niveles jerárquicos, que ahora se pueden representar de manera diferente. Las disciplinas en la base de la edificación describen el mundo tal como es. Aquí se puede aprender de las leyes físicas de la naturaleza y de los principios que impulsan la vida y las sociedades. Este nivel se pregunta y responde a *qué existe*. Por ejemplo, desde las Ciencias Computacionales acerca del desarrollo de software; desde la Física acerca de los cuantos; desde la Química acerca de los elementos de la tabla periódica; desde la Biología acerca de la composición de las células; y desde las Matemáticas acerca de la resolución de problemas. El lenguaje organizador de este nivel es la *lógica*.

  El siguiente nivel se compone principalmente de disciplinas tecnológicas, y se pregunta y responde a *qué somos capaces de hacer* con lo que se ha aprendido del nivel empírico. Aquí se aprende cómo construir aeronaves, cómo viajar a los planetas y cómo navegar mar adentro. Lo que este nivel no dice es si se debe implementar las capacidades humanas, y el peligro es que, a menudo, las cosas se hacen de manera sencilla y únicamente porque se sabe cómo hacerlo. El lenguaje organizador de este nivel es la *cibernética*, que enfatiza solamente en las propiedades mecánicas de la naturaleza y la sociedad.

  El nivel normativo pregunta y responde a la cuestión de *qué queremos hacer*. Normalmente, en las sociedades democráticas las respuestas se someterían a votación. Un ejemplo es el control al impacto ambiental, que se origina a consecuencia del movimiento ecologista, y los que se logran a partir de otros movimientos, como el de los indignados. Estos y otros son claros ejemplos de personas que tienen capacidad de influir directamente en su entorno lo que quieren que suceda. El lenguaje organizador de este nivel es la *planificación*.

  El nivel de valor pregunta y responde *qué debemos hacer,* o mejor, *cómo debemos hacer lo que queremos hacer.* Este nivel va más allá del presente y de la inmediatez. Apunta a las

generaciones por venir, al planeta como un todo y a una economía como si las personas importaran. Al hacer explícita una preocupación mundial por la especie humana y la vida en general, el lenguaje *organizacional* debe ser una especie de ecología profunda. En todo caso, por ejemplo, no hace falta decir que los sistemas de educación ni se piensan ni estructuran de forma transdisciplinar. En el mejor de los casos se encuentran algunos esfuerzos interdisciplinares, pero las experiencias son principalmente marginales y no-integradas en la estructura macro. Los departamentos, institutos y facultades se organizan, todavía, en torno a disciplinas aisladas.

En términos generales, transdisciplina significa algo diferente a interdisciplina, en primer lugar, respeto del estatus científico y, en segundo lugar, respeto de la función social. En cuanto al estatus científico el concepto de Transdisciplinariedad no es solo una simple combinación de disciplinas existentes, sino una transgresión de sus fronteras tradicionales, y con ello una transformación de ellas en algo nuevo, donde tendrán su propia identidad en la medida que dispongan de una terminología general, la cual parte de la propia disciplina individual. Por tanto, se espera que la Transdisciplinariedad cierre brechas como: 1) entre las dos culturas de la ciencia (natural) y lo social y humano, 2) entre especialistas y generalistas, y 3) entre la investigación aplicada y básica.

Esto resulta de un proceso que parte desde la mono o multidisciplinariedad, y que trasciende a la interdisciplinariedad hasta llegar a la Transdisciplinariedad. En cuanto a la función social de la ciencia el concepto de una transdisciplina no se adhiere a la hipótesis de larga data, donde la ciencia debía estar en una torre de marfil, sino que implica una transgresión desde lo científico a lo social que se ve afectado por sus resultados, y una transformación en una nueva ciencia centrada en lo humano, democrática y participativa.

La sociedad juega un papel importante en esta nueva perspectiva de investigación y cooperación científica, porque el conocimiento transdisciplinar se debe re-contextualizar para una audiencia más amplia de múltiples disciplinas, donde se hace más accesible e interpretable [6]. Para Charles Kleiber [7], Transdisciplinariedad significa poner en común los conocimientos e información disciplinares, las revoluciones tecnológicas y la creación de redes y nuevas formas de conocimiento. Debido al aspecto global de los problemas actuales, que no pueden ser resueltos por personas o grupos individuales, es necesario que participen otros sectores de la sociedad [8]. Además, ya que el conocimiento es transgresivo, la Transdisciplinariedad no respeta las impositivas fronteras institucionales [9].

Por lo tanto, la Transdisciplinariedad cruza las fronteras nacionales, porque es un concepto transnacional. De ahí que signifique algo más que una suma de investigadores de diferentes disciplinas que trabajan juntos, como en la multi o interdisciplinariedad. Otro aspecto es que también cruza las fronteras académicas con el fin de resolver los problemas del mundo real. Las universidades y las organizaciones de investigación tienen que tener mente abierta y estar dispuestas a cooperar con no-académicos y con científicos de otras disciplinas. En este entendimiento pueden aprender unos de otros, porque la colaboración en un trabajo transdisciplinar requiere actores que abran los horizontes y participantes de la ciencia, para que aporten nuevos puntos de vista e ideas con el objetivo de conocer mejor el tema del mundo real y las pruebas y la adaptación de sus teorías [8].

Mirando en retrospectiva la edificación transdisciplinar, es fácil darse cuenta de que la mayoría de las acciones sociales no van más allá de las combinaciones entre los niveles inferiores. En términos de comportamiento este edificio no pasa la prueba y, en la medida en que no se restaura, la humanidad no va a ser capaz de afrontar con éxito las grandes problemáticas de este siglo.

Entonces, ¿cómo hacerlo? Ciertamente no es fácil, pero en lo primero que hay que pensar es en modificar radicalmente la estructura de los sistemas de educación y de la academia misma, lo que en la mayoría de casos parece imposible. Las resistencias internas pueden llegar a ser insalvables, ya que generalmente la disputa, dentro de la que se construye el prestigio académico, ataca vigorosamente cualquier cambio estructural en su disciplina.

Esto es sorprendente si se tiene en cuenta que hace casi trescientos años que Leibnitz expresó su hostilidad hacia las universidades, porque su organización en términos de facultades impedía la expansión del conocimiento a través y más allá de las disciplinas. El cambio es necesario y, a pesar de todas las dificultades existentes, solamente puede venir de adentro del sistema, y a través de la acción y la cooperación entre académicos cultos. De hecho, es posible detectar aquí y allá que un proceso de este tipo ya se encuentra en marcha.

2. CONSTRUCCIÓN COGNITIVA DE LA TRANSDISCIPLINARIEDAD

El concepto se ha definido de diversas maneras, por ejemplo, Gibbons y Nowotny [9] lo analizan como una visión pragmática centrada en un enfoque para resolver problemas concretos. Para Basarab Nicolescu [10, 11], y desde lo cognitivo, se refiere a las cosas que todas las disciplinas tienen en común, al mismo tiempo, en medio, a través y más allá. Su objetivo es la comprensión del mundo actual, donde una de las imperiosas necesidades es la unidad del conocimiento. Es una teoría que coloca al ser humano en el centro de sus preocupaciones, una visión con mayor generalidad y adecuada para discutir temas en educación, ética y, prácticamente, cualquier aspecto social y humano.

En este sentido, es interesante observar que Goethe, cuyas contribuciones científicas han sido eclipsadas injustamente debido a sus logros colosales en literatura y artes, se sentía molesto por lo que creía las limitaciones de la física newtoniana. Para él, la ciencia era tanto una ruta interior de desarrollo espiritual, como una labor destinada a acumular conocimiento del mundo físico. Además, afirmó que se trataba no solo de un entrenamiento riguroso de las facultades de la observación y el pensamiento, sino también de otras que puede sintonizar la dimensión espiritual que subyace a lo físico, como los sentimientos, la imaginación y la intuición. Vista de esta forma la ciencia tiene como objetivo supremo la excitación del sentimiento de asombro a través de la visión contemplativa [12]. Werner Heisenberg [13], uno de los padres de la física cuántica, sugirió que en realidad no hay conflicto entre la aceptación de la forma de contemplar la naturaleza de Goethe y los aportes y descubrimientos de la física moderna. Para él, ambos sentidos son complementarios, en lugar de opuestos.

De acuerdo con Basarab Nicolescu [14], la Transdisciplinariedad es un enfoque relativamente joven. Jean Piaget desarrolló el concepto siete siglos después de que la disciplinariedad evolucionara. La propia palabra apareció por primera vez en 1972 en Francia, en las conversaciones de Piaget, Jantsch y Lichnerowicz. Piaget [15] afirmaba que las relaciones interdisciplinarias debían evolucionar a etapa superior, transdisciplinaria, limitadas no solamente a reconocer las interacciones y/o reciprocidades entre investigaciones especializadas, sino que las buscaran dentro de un sistema total y sin fronteras estables entre disciplinas. Aunque esta descripción es vaga, tiene el mérito de señalar a un nuevo espacio de conocimiento: *sin fronteras estables entre disciplinas*. Sin embargo, la idea de un sistema total abre la posibilidad de una transformación de la transdisciplina en una super o hyper disciplina, una especie de ciencia de las ciencias. Entendida de esta manera, la Transdisciplinariedad solamente sería una nueva fase (superior) de la interdisciplinariedad [16].

Por su parte, Erich Jantsch [17] cae en la *trampa* de la transdisciplinariedad como hyperdisciplina, y afirma que es la coordinación de todas las disciplinas e interdisciplinas de un sistema sobre la base de un enfoque axiomático general. Con lo que claramente la sitúa en un marco disciplinar. Sin embargo, su mérito histórico fue poner de relieve la necesidad de inventar un enfoque axiomático para la misma y de introducir valores en este campo del conocimiento. Por su parte, para André Lichnerowicz [18] la Transdisciplinariedad es un juego transversal para describir la homogeneidad de la actividad teórica en diferentes ciencias y técnicas, independientemente del campo donde se efectúa y, por supuesto, esta actividad solo se puede formular en lenguaje matemático. Para él, es precisamente este carácter no-ontológico el que les confiere a las matemáticas su poder, su fidelidad y su polivalencia. El interés de Lichnerowicz por la Transdisciplinariedad fue accidental, pero sus observaciones acerca del carácter no-ontológico de las matemáticas tienen que ser recordadas. Otro autor que aportó en este proceso inicial fue Edgar Morin [19], quien poco tiempo después de ellos comienza a utilizar la palabra Transdisciplinariedad, y aunque no ofreció una definición como tal, para él era, en ese período, una especie de mensajero de la libertad de pensamiento, un intermediario entre las disciplinas.

En las décadas siguientes el uso del término se amplió y se vinculó con paradigmas completos, como los sistemas, el feminismo y el marxismo; campos interdisciplinarios amplios, como los estudios de área y los estudios culturales; y con disciplinas sinópticas, como la filosofía, la geografía y los estudios religiosos. Asimismo, una búsqueda rápida revela una multitud de sitios con esta etiqueta en ámbitos tan variados como la evaluación del aprendizaje, la educación artística, la salud mental, la rehabilitación, la educación especial, la ingeniería, la economía, la ecología, la biología de la población humana, las Ciencias Computacionales, la organización del conocimiento, el trabajo en equipo y en el aprendizaje colaborativo. Por otro lado, también se organiza congresos y eventos internacionales alrededor de la temática, se publica revistas completas y se estructura y desarrolla centros de investigación. En fin, la Transdisciplinariedad es una cuestión que llama la atención a nivel mundial.

En las últimas décadas del siglo XX dos corrientes alrededor de la Transdisciplinariedad ganaron amplia atención. Por un lado, Basarab Nicolescu [10], que aboga por un nuevo tipo de Transdisciplinariedad, comienza a desarrollar un amplio enfoque científico y cultural con el objetivo de facilitar el diálogo a largo plazo entre los especialistas, que comparten una nueva visión del mundo de la complejidad en la ciencia. En contraste con la realidad unidimensional del pensamiento clásico, la Transdisciplinariedad reconoce la Multidimensionalidad. Esta visión, que sustituye al reduccionismo con un nuevo principio de relatividad, es transcultural y transnacional, y abarca a la ética, la espiritualidad y la creatividad. No se trata de una nueva disciplina o super disciplina, y Nicolescu la llama *la ciencia y el arte de descubrir puentes entre diferentes áreas de conocimiento y diferentes seres*. La tarea principal es elaborar un nuevo lenguaje, la lógica, y estructurar los conceptos para permitir un verdadero diálogo.

Por otro lado, surgió una corriente fundamental para los estudios de caso alrededor de la Transdisciplinariedad, y un enfoque orientado a la investigación y la resolución de problemas, en el que se destaca la convergencia de la Transdisciplinariedad, la complejidad y trans-sectorialidad en un conjunto único de problemas que no emanan de adentro de la ciencia [20]. Esta corriente afirma que los problemas de la sociedad son cada vez más complejos e interdependientes, por lo tanto, no están aislados a sectores o disciplinas particulares y no son predecibles. Son fenómenos emergentes con dinámicas no-lineales, incertidumbres y altas apuestas políticas en la toma de decisiones [21], que se centran en dominios complejos y heterogéneos donde la necesidad de la Transdisciplinariedad es ubicua. Además, son invocados en campos como la interacción humana con los sistemas naturales (agricultura, silvicultura, industria y mega-ciudades), y en los

desarrollos técnicos importantes (nucleares, biotecnológicos y genéticos). También ha demostrado eficacia en campos donde interactúan los desarrollos sociales, técnicos y económicos con elementos de valor y de la cultura y la educación, como la edad de la población, la energía, la salud, la nutrición, el desarrollo sostenible, el paisaje, la vivienda y la arquitectura, y la tierra y la gestión de residuos urbanos [22]. Cada uno de estos temas es multidimensional y, en el pasado, se estructuraron en función de sus límites disciplinares y sectoriales. Este enfoque transdisciplinar ha puesto de manifiesto los límites del pensamiento segmentado para la resolución de problemas.

De acuerdo con Nicolescu [10], epistemológicamente la Transdisciplinariedad se basa en tres pilares fundamentales: 1) los niveles de la realidad, 2) el principio del tercero incluido, y 3) la complejidad. Además, reconoce como modos simultáneos de razonamiento a lo racional y lo relacional, por lo tanto, representa un claro desafío a la lógica binaria y lineal de la tradición aristotélica. En el curso de la evolución humana la transición de la comunicación oral, donde el conocimiento se imparte a través de historias y mitos, a la comunicación escrita (esencialmente el producto occidental del desarrollo del alfabeto fenicio/griego), la primacía del pensamiento racional sobre el pensamiento relacional se convirtió en regla. El resultado es que la fascinación producida por la razón ha sido tan grande que se ha perdido otras facultades y sentimientos que facilitaron, por así decirlo, la comprensión de la naturaleza desde el interior.

Para una comprensión pragmática de los diferentes modos de pensamiento es necesario examinar los pilares de la Transdisciplinariedad de Nicolescu [10]. En la adopción del primer pilar de su propuesta, los *niveles de la realidad*, designa como realidad aquello que se resiste a las experiencias, representaciones, descripciones, imágenes, o formalizaciones matemáticas. La física cuántica permitió descubrir que la abstracción no solo es un intermediario entre el hombre y la naturaleza, o una herramienta para describir la realidad, sino más bien una de las partes constitutivas de la naturaleza. En la física cuántica la formalización matemática es inseparable de la experiencia [23]. Según lo revelado por la ciencia hasta el momento, la coexistencia de ambos mundos coincide con muchas visiones similares que surgen de algunas religiones, tradiciones y creencias cuando se trata de buscar más profundamente en el universo interior. A pesar de todo, y aunque la investigación y los enfoques transdisciplinares son necesarios, la Transdisciplinariedad en sí misma sigue siendo un proyecto inacabado, alrededor del cual todavía hay mucho por descubrir e investigar. Debe quedar claro que en esta etapa es tanto una herramienta como un proyecto.

El segundo pilar de la Transdisciplinariedad es el axioma del *tercero incluido*. Nicolescu recuerda que la historia acreditará a Lupesco [24] por haber mostrado que la lógica del tercero incluido es una lógica verdadera, formalizable, formalizada, multivalente y no-contradictoria. La lógica del tercero incluido no es una metáfora, sino, de hecho, una lógica de Transdisciplinariedad y complejidad, ya que a través de un proceso iterativo permite cruzar de manera coherente las diferentes áreas del conocimiento y generar una nueva simplicidad o *simplexity*, según Nicolescu. Esto no excluye la lógica del tercero excluido, solo limita sus fronteras y rango de influencia, además, ambas lógicas son complementarias.

Más allá de la verificación de la existencia de los diferentes niveles de realidad, el siglo XX fue testigo de la aparición en muchas áreas de la ciencia de la *complejidad* (tercer pilar de la Transdisciplinariedad), de la teoría del caos y de los procesos no-lineales. Las visiones sistémicas dieron lugar a la desaparición de los supuestos de que la naturaleza puede ser descrita, analizada y controlada en términos simples, que se correlacionan con la lógica lineal tradicional. Sin embargo, cuando se trata de disciplinas relacionadas con lo social, lo educativo, lo económico y lo político no se encuentra ningún avance significativo. Paradójicamente, el concepto de una realidad

unidimensional, orientado por una lógica de simplicidad lineal, aparece en ellas tan fuerte como siempre, justo en un momento en el que la sociedad se debe adaptar a un mundo en proceso de cambios cada vez más acelerados.

Por otro lado, la relación con un mundo y una naturaleza complejos requiere pensamiento complejo, y las propuestas de Edgar Morin se orientan en este sentido. Entre otras cosas, y teniendo en cuenta su creciente complejidad, propone una reformulación radical a la organización del conocimiento. La idea es desarrollar un tipo de pensamiento recursivo, es decir, uno capaz de establecer circuitos de retroalimentación en términos de conceptos como todo/parte, orden/desorden, observador/observado y sistema/ecosistema, de tal manera que permanezcan simultáneamente complementarios y antagónicos [25].

A primera vista la propuesta de Morin parece ser una tarea imposible, sin embargo, una vez que se entiende e integra, en una nueva forma de ver el mundo, a los diferentes niveles de la realidad y su lógica asociada del tercero incluido, la visión y la forma de proceder se vuelven más claras. El principio de fondo no es separar los polos opuestos de las muchas relaciones di-polares que caracterizan el comportamiento de la naturaleza y la vida social. Tal separación, normal en el pensamiento racional y su correspondiente lógica lineal, en realidad es artificial, ya que ni la naturaleza ni la sociedad humana funcionan en términos de relaciones mono-polares. La insistencia en simplificar lo artificial, e ingeniosamente el conocimiento sobre la naturaleza y las relaciones humanas, es la fuerza detrás de las disfunciones crecientes que se provocan entre las interrelaciones sistémicas de ambos ecosistemas y el tejido social.

La investigación de Morin no está limitada por las fronteras disciplinares, porque es transdisciplinar y se basa en una amplia gama de lo que él llama *conocimiento pertinente* [26]. En otras palabras, él no se acerca a sus temas desde lo que otros han llamado una *perspectiva disciplinar impulsada* [27], lo que significa que no está incitado por la solución de problemas en el contexto de la agenda de una disciplina específica. Más bien, su investigación es dirigida por la demanda temática, y se mueve a través de disciplinas para dibujar en el conocimiento lo que es pertinente para arrojar luz sobre la misma. Esto es fundamental y hace que la visión de Morin acerca de la Transdisciplinariedad sea importante y oportuna, porque no se fundamenta en intentos por crear marcos teóricos de totalización abstracta, ni se orienta a promover la agenda de una mono-disciplina. Más bien, se basa en la necesidad de encontrar el conocimiento pertinente para la búsqueda humana de entender y darle sentido a la vida, y para responder a los grandes interrogantes que cada vez se dejan más por fuera del discurso académico, precisamente porque son demasiado complejos y porque abarcan una amplia variedad de disciplinas.

El enfoque de Morin ha sido siempre tanto planetario como personal y, a través de una combinación de reflexión teórica e histórica sobre el estado de un mundo conectado a tierra, en su método holográfico se ocupa de cuestiones políticas clave con amplios ejemplos de reflexiones y experiencias. Además, manifiesta su voluntad de luchar con profundas cuestiones existenciales, que a menudo son borradas en el discurso, frecuentemente estéril, de lo social y lo filosófico. Morin caracteriza su trabajo posterior sobre el Pensamiento Complejo como un intento de desarrollar un método que no mutile, que no se fragmente ni *abstracte*, que no haga violenta la vida y que no sea unidimensional, anémico, antiséptico ni homogeneizado. Este enfoque transdisciplinar se refleja en los argumentos que aporta Morin et al. [28].

Entonces, la Transdisciplinariedad obtiene su noción de complejidad desde la física cuántica, la teoría del caos y los Sistemas Adaptativos Complejos. Desde esta perspectiva existe diferencia entre una situación complicada y una compleja [29]. Un problema *complicado* es difícil de resolver,

porque es confuso y detallado. Pero en un problema *complejo* aparece una característica adicional: el proceso de derivación de algunas estructuras nuevas y coherentes, con patrones y propiedades particulares, que emergen como resultado de la red de relaciones entre personas. Lo que hace especial la resolución de un problema complejo es que ese conjunto de relaciones se mantiene en constante adaptación y se encuentra en el corazón del mismo. Además, cualquier información puesta en común será modificada, ya que se pasa de una persona a otra dentro de esas relaciones cambiantes. Constantemente se forma energía e información, lo que significa que el espacio fértil entre las disciplinas está en constante cambio. Por lo tanto, no solo cambia el espacio, sino también las personas, sus relaciones, la naturaleza de la información y los flujos de energía. Porque todos somos parte del todo, nadie puede controlar el espacio [30].

Si se acepta que la realidad es un todo coherente que comprende varias capas, entonces se debe estar de acuerdo en que constantemente hay que vivir al tanto de todas, sin mirar a ninguna en particular. Esta toma de conciencia hace que no se mire solamente un aspecto individual de un problema complejo, sino dirigir la atención al conjunto que lo conforma, como la capa de partículas invisibles, la de material, la biológica-ecológica, la social, la educativa, la económica, la política y la tecnológica, por lo que el desafío es no perder de vista al conjunto. Desde esta perspectiva es fácil ver por qué la Transdisciplinariedad es tan necesaria e importante para resolver los problemas en el mundo de hoy. Un espacio exterior intelectual sólido consistiría en una colección de diferentes disciplinas que, sin embargo, han encontrado una manera de vivir y trabajar juntas para crear conocimiento integrador y embebido [31].

Para lograr una comprensión más profunda del mundo (el sello del enfoque transdisciplinar) hay que pasar a través de una comprensión más amplia de estas realidades diferentes (en lugar de imágenes) y de la complejidad de las mismas [10]. Esta comprensión puede evolucionar si el espacio en el que se opera es nutritivo y abierto a varias realidades. Voss [32] explica que este concepto se refiere a la zona de no-resistencia a las percepciones, un lugar donde el concepto de realidad puede estirarse más allá de las experiencias conocidas. En él hay que tratar de dejar de lado los límites de la racionalidad para cruzar a través del velo de lo real. Imaginemos por un momento las puertas que se abrirían si se asume que existe realidades simultáneas e independientes que se manifiestan a través de las interacciones con ellas. El ser humano nunca dejará de preguntarse ni de buscar soluciones amplias a los problemas del mundo, por eso, imaginemos la profundidad de la comprensión del mundo que se lograría si se abraza esta forma de pensar, incluso cuando los resultados sean contrarios a lo que el sentido común sugiere [33].

En este estado de ánimo sería posible ver que la información proviene de afuera del ser y que es transformada por él. Además, a medida que a través del velo se avanza a otras realidades el flujo de conciencia se corresponde con el de la información desde los demás en un espacio fértil. Es necesario pasar de ver las cosas como dualidades a verlas en unidades abiertas, más complejas. Si se tiene en cuenta al mundo cuántico en la forma de pensar, se podría decir que solucionar problemas se asocia con un complejo de sustancia-energía-información-espacio-tiempo [34]. No hay nada simple en esto, porque es transdisciplinar, pero obtener una comprensión más profunda del mundo tampoco es una cosa simple.

A este respecto y a través del conocimiento de la complejidad, Edgar Morin [35] exhorta (exige) por un nuevo diálogo que una a las culturas humanística y científica. Desafortunadamente, la mayor parte de la investigación transdisciplinar existente se da únicamente a través de fronteras disciplinares duras, como la física y la química. Incluso, cuando se produce la integración real en lo social, a menudo está acompañada por una tendencia a conceptos y enfoques incompatibles

con el conocimiento duro, y lo dejan de lado. Por eso, los esfuerzos científicos juegan un papel importante, pero están enmarcados en un proceso dinámico y auto-referencial de resolver y crear problemas sociales y ecológicos a diferentes escalas de espacio y de tiempo [36]. La educación es vital para el futuro de estas perspectivas, por lo que Morin [35] convoca a los sistemas de educación para que asuman un enfoque transdisciplinar través de los niveles primario, secundario y terciario, pero nunca por separado.

3. CONCLUSIONES

La Transdisciplinariedad por sí sola consiste en una forma práctica de abordar los problemas de manera sistémica, pero es un proyecto inacabado que requiere muchos esfuerzos de sistematización que todavía se deben realizar. Lo disciplinar se refiere solamente a un nivel de la realidad, mientras que lo transdisciplinar extiende su acción a través de varios de ellos. La disciplina y la transdisciplina se deben entender como complementarias, pero el tránsito de una a otra se logra a través de un recorrido por los diferentes niveles de la realidad, generando enriquecimiento recíproco que puede facilitar la comprensión de la complejidad.

La Transdisciplinariedad, más que una nueva disciplina o súper-disciplina, en realidad es una manera diferente de ver el mundo, más sistémico y holístico. Aunque lo cognitivo de la Transdisciplinariedad puede ser relativamente claro, su aplicabilidad como metodología en las ciencias, la educación y la ingeniería todavía adolece deficiencias. En concreto, hay que lograr una mayor claridad con respecto a los niveles de la realidad en el mundo: ¿los conocimientos y la comprensión pertenecen realmente a diferentes niveles de la realidad? ¿Qué pasa con ser y tener o razón o intuición? ¿Las visiones y actitudes antropocéntricas y bio-céntricas del mundo pertenecen a diferentes niveles de la realidad? ¿Se puede afirmar, por ejemplo, que el desarrollo y el medio ambiente son opuestos solo a nivel antropocéntrico y que esa oposición se resuelve desde el nivel bio-céntrico?

Todas estas preguntas son abiertas, sin embargo, insinúan el camino a seguir en un sistema, como el de educación, cuyo objetivo sea completar y consolidar la Transdisciplinariedad como un proyecto destinado a mejorar la comprensión del mundo y de la naturaleza. Está claro que si no se lleva a cabo se continuará generando mayores daños a la sociedad y a la naturaleza, debido a que las visiones y suposiciones de comprensión y acción son parciales, fragmentadas y limitadas. El desafío es practicar la Transdisciplinariedad de manera sistemática, pero en función de las posibilidades, y realizar esfuerzos para perfeccionarla como visión del mundo.

Puesto que todavía no se ha identificado instituciones educativas completamente orientadas a formar y capacitar de manera transdisciplinar a sus estudiantes, es imperioso crear instancias que estimulen su aplicación y desarrollo. Es urgente pensar en un nuevo sistema de educación, para transformar el oxidado objetivo de la Era Industrial de *educar* por *competencias*. Hoy se necesita un Sistema de Formación y Capacitación que se piense desde lo transdisciplinar, que forme personas y capacite profesionales, y cuyo objetivo sea alcanzar estas metas a través de resultados de aprendizaje horizontales y verticales en los planes de estudios [37]. Pero diseñados a partir de proyectos integradores Multidimensionales y Transdisciplinares.

REFERENCIAS

[1] Kuhn T. (1996). The structure of scientific revolutions. University of Chicago Press.

[2] Morin E. (1994). Sur l'interdisciplinarité. Bulletin du Centre International de Recherches et Études transdisciplinaires 2. CIRET.

[3] Achive, T. (2018). Coexistence of the natural and the artificial in the mind: Engineering the non-possible. Revista Actas de Ingeniería 4(1), 35-42.
[4] Denote, P. (2018). The new physics of knowledge: A philosophy of information. Revista Antioqueña de las Ciencias Computacionales y la Ingeniería de Software 8(1), 5-11.
[5] Schulz, A. (1970). Ecosystemology. University of California Press.
[6] Hunsinger J. (2005). Toward a transdisciplinary internet research. The Information Society 21(4), 277-279.
[7] Kleiber C. (2002). What kind of sciences does our world need today and tomorrow? A new contract between science and society. En Bill A. et al. (Eds.), Transdisciplinarity: Joint problem solving among science, technology and society. An effective way for managing complexity (pp. 47-58). Akademie Verlag.
[8] Häberli R. y Thompson K. (2002). Summary. En Bill A. et al. (Eds.), Transdisciplinarity: Joint problem solving among science, technology and society. An effective way for managing complexity (pp. 3-5). Akademie Verlag.
[9] Gibbons M. y Nowotny H. (2002). The potential of transdisciplinarity. En Bill A. et al. (Eds.), Transdisciplinarity: Joint problem solving among science, technology and society. An effective way for managing complexity (pp. 67-80). Akademie Verlag.
[10] Nicolescu B. (1996). La transdisciplinarite: Manifeste. Editions du Rocher.
[11] Nicolescu B. (2008). Transdisciplinarity: Theory and practice. Hampton Press.
[12] Naydler J. (2000). Goethe on science. Floris Books.
[13] Heisenberg W. (1952). Philosophical problems of nuclear science - Eight lectures. Faber and Faber.
[14] Nicolescu B. (2010). Methodology of transdisciplinarity – Levels of reality, logic of the included middle and complexity. Transdisciplinary Journal of Engineering & Science 1(1), 19-38.
[15] Piaget J. (1972). L'épistémologie des relations interdisciplinaires. En Apostel L. et al. (Eds.), L'interdisciplinarité – Problèmes d'enseignement et de recherché. OCDE.
[16] Duguet P. (1972). L'approche des problèmes. En Apostel L. et al. (Eds.), L'interdisciplinarité – Problèmes d'enseignement et de recherche, Centre pour la Recherche et l'Innovation dans l'Enseignement (pp. 123-138). OCDE.
[17] Jantsch E. (1972). Vers l'interdisciplinarité et la transdisciplinarité dans l'enseignement et l'innovation. En Apostel L. et al. (Eds.), L'interdisciplinarité – Problèmes d'enseignement et de recherche. OCDE.
[18] Lichnerowicz A. (1972). Mathématique et transdisciplinarité. En Apostel L. et al. (Eds.), L'interdisciplinarité – Problèmes d'enseignement et de recherche. OCDE.
[19] Morin E. (1997). La methode I - La nature de la nature. Seuil.
[20] Häberli R. (2000). Transdisciplinarity: Joint problem-solving among science, technology and society. Haffmans Sachbuch Verlarg.
[21] Goorhuis H. (2000). Second order management for emerging problems. En Häberli R. et al. (Eds.). Transdisciplinarity: Joint problem-solving among science, technology and society (pp. 25-29). Haffmans Sachbuch Verlarg.
[22] Häberli R. (2001). Synthesis. En Klein J. et al. (Eds.), Transdisciplinarity: Joint Problem Solving among Science, Technology, and Society (pp. 6-22). Basel.
[23] Nicolescu B. (2000). Transdisciplinarity and complexity: Levels of reality as source of indeterminacy. En Arecchi T. (Ed.), Determinismo e complessità (pp. 127-142). Armando Editore.
[24] Lupesco S. (1987). Le principe d'antagonisme et la logique de l'energie. Le Rocher.
[25] Morin E. (1992). From the concept of system to the paradigm of complexity. Journal of Social and Evolutionary Systems 15(4), 371-385.
[26] Morin E. (2001). Seven complex lessons in education for the future. UNESCO.
[27] Montuori A. (2005). Gregory Bateson and the challenge of transdisciplinarity. Cybernetics and Human Knowing 12(1-2), 147-158.
[28] Morin E. et al. (1968). Mai 1968: La brèche: Premières réflexions sur les événements. Fayard.
[29] Morin E. (2008). On complexity. Hampton Press.
[30] Morin E. y Kern A. (1999). Homeland Earth: A manifesto for the new millennium. Hampton Press.
[31] Aerts D. (2001). Transdisciplinary and integrative sciences: Humanity's mind and potential. Encyclopedia of Life Support Systems.
[32] Voss K. (2001). Review essay of Barsarab Nicolescu's manifesto of transdisciplinarity. State University of New York Press.
[33] Morin E. (1998). La complexité humaine. Flammarion.
[34] Nicolescu B. (2000). Levels of reality as source of quantum indeterminacy. History and Philosophy of Physics 12, 127-158.
[35] Morin E. (1997). Réforme de pensée, transdisciplinarité, réforme de l'université. En Congrès International ¿Quelle Université pour demain? Vers une évolution transdisciplinaire de l'Université. Locarno, Suisse.
[36] Becker E. et al. (1997). Sustainability: A cross-disciplinary concept for social transformations. UNESCO.
[37] Serna E. (2019). Educación para un nuevo orden mundial: Retos de un escenario emergente para la formación y la capacitación de una nueva categoría de estudiantes. Editorial Instituto Antioqueño de Investigación.

3

Análisis y definición del término *buenas prácticas*

El término *buenas prácticas* aparece a menudo en la literatura y en diversos escenarios disciplinares entre los que se encuentra la educación, sin embargo, a pesar de la frecuencia con que se utiliza se encuentra poca discusión sobre su significado y en cómo identificar de forma fiable una *buena práctica*. Este trabajo es el resultado de una revisión sistemática a la literatura para verificar si es posible encontrar una definición general para el término. La muestra final se conformó de 126 trabajos, de cuyo análisis se puede concluir que *no es posible* un entendimiento común de su significado, y que los aportes se sustentan mayoritariamente en opiniones personales, experiencias individuales, o en información anecdótica, y poco en estudios empíricos detallados. Los resultados determinan que la definición de la expresión se interpreta como experiencias: 1) que llevan a cabo la mayoría de organizaciones, 2) que aplican solo organizaciones exitosas, 3) basadas en la observación y la experiencia, 4) basadas en opiniones, o 5) basadas en la investigación empírica.

INTRODUCCIÓN

Generalmente se acepta que el término *buenas prácticas* surgió del interés de la industria en la implementación del *benchmarking*. El proceso comenzó en serio en la década de 1970 y aumentó su popularidad en la década de 1980, cuando las empresas se interesaron en descubrir cómo se calificaban entre sus competidores y en determinar por qué algunas tenían más éxito que otras en áreas específicas. Hoy en día, el *benchmarking* se define como el proceso de identificar las buenas prácticas en relación con los productos y procesos, tanto al interior como el exterior de la empresa, para utilizarlo como punto de guía y de referencia para mejorar las prácticas cotidianas [1]. Asimismo, *buena práctica* se definió como una experiencia que ha demostrado producir un rendimiento superior, y su adopción se vio como un mecanismo para mejorar las ventajas de un proceso, una unidad de negocio, un producto, un servicio, o una organización entera [2].

No es sorprendente entonces que el interés actual en el *benchmarking* y las buenas prácticas no se limite solo al sector manufacturero, porque el término ha entrado en el vocabulario de todas las disciplinas y áreas del conocimiento, como en la educación. Sin embargo, a pesar de la frecuencia con la que se encuentra en la literatura, no es posible hallar una norma o incluso un significado ampliamente compartido entre quienes lo utilizan. Es evidente que, sin una comprensión de su representación, hay algunas cuestiones acerca de cómo significar el cuerpo de la literatura de las buenas prácticas y qué ideas se pueden deducir del mismo.

Aparte de los problemas de definición, el mayor problema es que todavía no se acepta una evidencia sólida sobre la que se fundamente la afirmación de que un proceso o método sea una buena práctica. ¿Por qué medios se puede determinar qué es una buena práctica? ¿Una buena práctica es la que se basa en un determinado tipo de pruebas o son tan variados sus cimientos como las definiciones del término en sí mismo? La cuestión no es meramente académica, en el contexto político actual, que más que nunca exige la rendición de cuentas y de resultados medibles, está claro que se debe centrar la atención en el establecimiento de formas significativas para evaluar el desempeño y trabajar hacia una mayor coherencia y claridad en este discurso.

Si bien se encuentra una cantidad considerable de buenas prácticas en una serie de disciplinas y profesiones, desde las humanidades hasta las ingenierías, son relativamente pocos los trabajos que exploran cómo definir qué son en realidad. Particularmente, el estudio y la práctica del cambio organizacional es el área en la que se han llevado a cabo más estudios para determinar las bases para su demanda. Por ejemplo, Reay et al. [3] llevaron a cabo una revisión sistemática de la literatura acerca de la gestión basada en la evidencia EBMgt para responder tres preguntas: 1) ¿existe literatura considerable sobre el concepto? 2) ¿cuál es la calidad de la evidencia? y 3) ¿se puede evidenciar que mejora el desempeño organizacional? Revisaron 169 trabajos y encontraron que un amplio número de ellos tratan el tema, pero que la mayoría adopta EBMgt con base solo en la opinión y la evidencia anecdótica. También se sorprendieron al encontrar que casi no había evidencia de que realmente mejora el rendimiento.

Hallencreutz y Turner [4] exploraron el cambio organizacional para determinar si se utiliza modelos y definiciones consistentes para declarar un proceso o ejercitar una buena práctica. Revisaron 160 trabajos que contenían alguna combinación de las palabras *cambio organizacional*, *gestión del cambio* y *buenas prácticas*, y concluyeron que muchas de las populares prácticas de gestión etiquetadas como tal se basan en evidencias anecdóticas, en lugar de en datos empíricos. Es importante destacar que este trabajo se basa en un estudio previo en el que los autores determinaron que en la literatura no encontraron modelos o definiciones coherentes acerca de buenas prácticas en el cambio organizacional [5].

Simon [6] realizó una revisión de la literatura acerca de las buenas prácticas en las bibliotecas corporativas en los Estados Unidos, y encontró que, aunque existe muchos trabajos relacionados, la mayoría trata solo sobre la importancia de incorporar la evaluación comparativa y las buenas prácticas en la gestión; que existe una clara falta de estudios de casos que detallen experiencias reales; y que no hay trabajos que propongan un conjunto de buenas prácticas aceptadas ampliamente por la comunidad. Simon especula que la razón de esto radica en el trabajo de teóricos como Shera [7], Wasserman [8] y Lancaster y Joncich [9], quienes argumentan que un conjunto de normas no podría ser desarrollado para una disciplina específica, porque por su propia naturaleza no son homogéneas y, por tanto, no son candidatas naturales o fáciles de normalizar.

El propósito del estudio de Alias et al. [10] fue analizar los criterios establecidos para las buenas prácticas en la gestión de proyectos con base a las actuaciones del líder del equipo. Las principales conclusiones revelan que, para lograr una gestión adecuada, el director del proyecto debe orientar sus capacidades en términos de conocimientos, habilidades y características personales, porque al ponerlas de relieve podría establecer un nuevo criterio para las buenas prácticas.

De acuerdo con Giles y Cormican [11], hay fuertes factores de motivación para las prácticas más eficaces de gestión que han demostrado ser uno de los mayores diferenciales para el éxito, sin embargo, en la literatura el término *buenas prácticas* se gestiona mal. En parte porque los estudios específicos de la industria no son suficientes y, como consecuencia, existen pocas guías aplicables. El trabajo presenta un análisis empírico de estudios de caso en el que se recogen 66 trabajos.

Existe otros estudios a través de una variedad de disciplinas que cuestionan el concepto de las buenas prácticas de manera más general, a la vez que escasean modelos normalizados y definiciones [3, 12, 13], y otros que sugieren modelos que podrían utilizarse para evaluar y determinar qué es una buena práctica [5, 14]. En el área de la salud existe algunas revisiones con resultados de investigaciones empíricas [15-20], y en Ciencias Computacionales también aparece aportes sustanciales [21-25].

Si bien la exploración completa de estos trabajos a través del espectro de las disciplinas académicas y otras áreas está más allá del alcance de este trabajo, queda claro que otros autores ya han cuestionado estas ideas y, por supuesto, concluyen que se necesita mayor investigación en el campo para determinar si alguno de los modelos y/o definiciones sugeridos puede ser aceptado ampliamente.

1. MÉTODO

Para el desarrollo de esta revisión sistemática a la literatura se aplicó la metodología propuesta por Serna [26]. En el proceso de definieron tres preguntas de investigación: 1) ¿qué se entiende en la literatura por *prácticas* y *buenas prácticas*? 2) ¿Con base en qué se presenta las definiciones? y 3) ¿En qué conceptos se puede enmarcar los aportes? La búsqueda se realizó en las bases de datos: ScienceDirect, ACM Digital Library, Scopus y Web of Science.

Debido al alto número de trabajos encontrados en la revisión preliminar, se optó por buscar las palabras clave *best practices, good practices, systematic review* y *empirical studies* solo en el título y en el resumen. Aplicando este método de búsqueda se compilaron 950 trabajos entre artículos, libros, capítulos de libros, trabajos en eventos y reportes técnicos. A esta población se aplicaron los criterios de inclusión/exclusión: línea de tiempo, resultados orientados a definir los términos

y descripción clara del tipo de estudio, para determinar si el contenido aporta para responder a las preguntas de investigación y al logro de los objetivos planteados en la revisión.

Luego de este procedimiento se obtuvo 185 trabajos que, después de una lectura rápida y de aplicar los conceptos de calidad para determinar la valoración de cada uno en la investigación: proponer una definición sustentada, acercarse al término desde la experiencia y demostrar su replicabilidad, permitió conformar la muestra final de 126 trabajos.

2. RESULTADOS

Acerca de las buenas prácticas se ha escrito sobre una variedad de temas y en diferentes campos y disciplinas, pero para este trabajo solo se tuvo en cuenta los aportes que proponen o especifican una definición para el término. Primero se hizo una clasificación por áreas para agrupar los aportes, lo que determinó que las publicaciones que abordan la definición desde las áreas de la administración y las organizaciones componen el mayor grupo, con 53 trabajos; luego están los que lo abordan desde las disciplinas ingenieriles, con 35; desde la bibliotecología y la gestión de la información con 22; y desde otras áreas, como la salud, el derecho, la gestión de personal, y la educación, con 16 trabajos. Los resultados también confirman el hecho de que el término *buenas prácticas* de hecho ha ganado popularidad en el discurso de diferentes disciplinas y áreas de conocimiento.

Los trabajos se clasificaron de acuerdo con el método utilizado por los autores para presentar una definición, y se ubicaron en una de las siguientes categorías: 1) revisión de la literatura, 2) prácticas derivadas de alguna área o disciplina, 3) investigación empírica, 4) enfoque combinado, 5) opinión, y 6) otros. La mayoría de documentos de la muestra son iniciativas individuales y con perspectiva disciplinar, en lugar de trabajos en equipos y multidisciplinares.

1. *Revisiones a la literatura.* 20 trabajos de la muestra presentan revisiones no-sistemáticas a la literatura y utilizan esta información para determinar si un método o proceso constituye una buena práctica. La mayoría acepta la definición solo porque en la revisión encontraron la descripción de un método particular como referencia. Por su parte, Shaw y Spink [27] tratan de diferenciar entre los tipos de trabajos que consultaron y señalan que 23 se identificaron como trabajos empíricos y 16 como artículos de opinión, una distinción importante para localizar aportes fiables. Los trabajos que se analizaron tratan una variedad de temas relacionados con las buenas prácticas en áreas como la educación [24, 28-30], la atención al cliente [22, 31, 32], la gestión organizativa [20, 33, 34], la gestión de la información [16, 35], la prestación de servicios [27, 36, 37], el diseño [19, 38] y la gestión documental [39, 40].

2. *Prácticas derivadas en alguna área o disciplina*. 22 autores eligieron esta forma para determinar si un método o proceso se puede considerar buena práctica. Algunos explican el sistema o método que se utiliza en un área o disciplina, discuten el por qué les parece que funciona bien, y, sin ninguna evaluación empírica previa o posterior, definen qué es una buena práctica. Esta categoría cubre, entre otras, a la educación [30, 41-44], la gestión organizativa [20, 45-47], la gestión de la información [16, 48-50], las Ciencias Computacionales [21, 51, 52], la pedagogía [23, 53], la medicina [54, 55] y la Ingeniería del Software [25, 56]. Curiosamente, al igual que con varios de los documentos basados en revisiones de la literatura, en esta categoría algunos utilizan el término buenas prácticas sin soporte y ninguno define el término.

3. *Investigación empírica*. 20 trabajos conforman esta categoría y la mayoría involucra cuestionarios y encuestas con respuestas recogidas a través de una variedad de medios on-

line e impresos, y entrevistas con personas específicas. Una excepción es el trabajo de Stec [57], quien realiza pre y post medición al aprendizaje que obtuvieron los estudiantes que completaron las pruebas de conocimiento, tanto antes como después de la formación a través de buenas prácticas. El propósito de su estudio fue identificar las buenas prácticas en la enseñanza mediante la evaluación del aprendizaje con diferentes instructores y métodos. Bittarelli y Rossi [30] utilizan encuestas para identificar las buenas prácticas en los procesos e-learning; Hodge [58] identifica las que utilizan los gerentes de proyectos, y Cowen y Edson [59] aplican cuestionarios para encontrar técnicas exitosas en la colaboración y la comunicación. Shelton [60] presenta un estudio acerca del trabajo cooperativo pre-seleccionando las buenas prácticas que indican viabilidad, registro y longevidad, y luego realiza encuestas sobre las condiciones que facilitaron o impidieron la cooperación.

Clair [61] y Singh y Holt [24] utilizan los metadatos de los sistemas de gestión de contenido web, y aplican una encuesta para determinar la autoría de los contenidos, los flujos de trabajo logrados, las normas encontradas y las barreras para el uso de metadatos en el contexto. Si bien el propósito, la metodología, la revisión de la literatura y la discusión de los resultados ofrecen información aparentemente útil, prestan poca atención a la información que permita calificar el proceso como una buena práctica. Renner et al. [62] y Johnston [22], aplican una encuesta en línea para determinar cómo se prestan los servicios a distancia. Aunque la discusión de los resultados busca relacionar los procesos establecidos en las instituciones, en su mayor parte consideran a la práctica común como una buena práctica.

La encuesta de Butler [63] solicita, analiza y compara 12 descripciones de trabajo en bibliotecas, y utiliza los resultados para proporcionar una descripción de las funciones de los elementos que deben ser incluidos para describir funciones básicas como buenas prácticas. Pero al igual que en muchos de los documentos de la muestra declara las prácticas como buenas, simplemente porque son comunes. Los trabajos basados en encuestas, entrevistas y métodos relacionados son problemáticos debido a la parcialidad inherente al diseño de la investigación. Por ejemplo, los entrevistados o participantes en la encuesta generalmente se eligen porque están en programas de vanguardia [15, 58] o porque tienen una reputación de éxito [17, 60], pero no es claro cómo definen vanguardia o éxito. Además, las prácticas comunes, que aparecen con mayor frecuencia entre las reportadas por los que respondieron la encuesta, simplemente son traducidas como buenas prácticas sin ningún tipo de análisis riguroso. Del mismo modo preocupa que los autores puedan haber seleccionado las respuestas que consideran útiles y las reportaran como buenas prácticas [59, 64].

4. *Enfoque combinado*. Es una categoría en la que los autores utilizan dos o más métodos para identificar las buenas prácticas, y que en la muestra está representada por 34 trabajos. Los enfoques utilizados con mayor frecuencia consistieron en una revisión de la literatura y una encuesta a diferentes profesionales [65-67], o en una revisión de la literatura y una descripción de las prácticas derivadas en alguna área o disciplina [68-70]. Otros enfoques incluyen una combinación de revisiones de la literatura y de documentos, como reportes de proyectos, procedimientos o políticas [18, 71], una autoevaluación acompañada de una encuesta [11, 72], o una revisión de la literatura, prácticas derivadas y un estudio de las prácticas en un pequeño número de instituciones [73].

5. *Opinión*. Estos trabajos son de dos clases: 1) los basados en sentimientos o creencias, y 2) los que se basan, en parte, en cómo se lleva a cabo las prácticas en un área o disciplina específica. De la muestra, 18 trabajos se clasifican como de solo opinión, basados en pensamientos u opiniones personales del autor, y algunos ni siquiera citan alguna fuente [74-79].

6. *Otros*. En esta categoría 13 documentos utilizan una variedad de enfoques para identificar y definir buenas prácticas, o para discutirlas como un concepto general, pero que no están entre los grupos analizados. Estos incluyen auto-estudios, es decir, la comparación de una práctica corriente en contra de las directrices del área o disciplina [10, 80], discusiones acerca de lo que son las buenas prácticas, de cuestiones relacionadas con la adopción de las mismas, y de los pasos que se podrían adoptar para ponerlas en práctica [29, 81], o de por qué las buenas prácticas les pueden ayudar a los profesionales y cómo aplicarlas [32, 82]; otros estudian las políticas relacionadas [83, 84] y los protocolos y estándares [52, 85].

2.1 Las buenas prácticas definidas

Solo en 10 de los 126 trabajos de la muestra se presenta una definición del término *práctica* o *buenas prácticas*; de hecho, en algunos se asume como si fuera evidente por sí mismo; pero en términos generales los que tratan de hacerlo están lejos de una definición común o compartida. Algunos lo toman como consecuencia de buenos resultados, normas elaboradas por asociaciones u organizaciones, criterios derivados a través de la evaluación comparativa, o de la comparación con organizaciones exitosas y normas apropiadas para circunstancias y prácticas que han demostrado buenos resultados.

Algunos las definen como aquellas que cumplen las regulaciones federales [78]; otros se basan en definiciones existentes [29, 84]; mientras que Nelson [55], Loizidou et al. [32] y Tarabah [40] crean una definición propia. Por su parte, Kreitz [33] cita el Webster's New Millennium Dictionary of English en el que se define buenas prácticas como *las que son más apropiadas bajo ciertas circunstancias*; o como las técnicas o metodologías que a través de la experiencia y la investigación han permitido alcanzar resultados deseados u óptimos. Sin embargo, señala que a menudo la literatura se basa en estudios de casos o historias anecdóticas breves para apoyar las afirmaciones de los autores, y que el cuerpo de la investigación empírica es demasiado pequeño para determinar si las prácticas concretas pueden producir estos resultados.

Otras definiciones las relacionan con procedimientos operativos y filosofías altamente efectivos o innovadores que cuando se implementan producen un rendimiento excepcional [19, 86], o cualquier procedimiento que, cuando se aplica de forma adecuada, constantemente produce resultados superiores [17, 87]. Por supuesto, esta definición es especialmente problemática debido a que frases como *cualquier procedimiento*, *correctamente aplicada* y *resultados superiores* están, en sí mismas, abiertas al debate y a la interpretación, pero arrojan algo de luz sobre lo que separa una buena práctica de una mejor práctica.

Un pequeño número de definiciones emplean el término *mejor*, por ejemplo, para Leandri [82] las buenas prácticas son simplemente la mejor forma de realizar una determinada función o proceso, que conduce a resultados deseados, que otros tratan de emular y, por tanto, suelen ser medibles. También trascienden fronteras, lo que significa que las buenas prácticas se pueden emplear en cualquier contexto con resultados similares. Por el contrario, para Wheeler et al. [70], Hurst [88] y Halvorson [73] el término es algo que se ha determinado para trabajar bien, y que en algunos círculos se conoce como *tradiciones*. Para Davis [89], son la mejor manera de llevar a cabo una función o proceso. Las buenas prácticas se generan una vez que se ha evaluado las necesidades internas e identificado las prácticas actuales, y luego de identificar formas alternativas de hacer las cosas y de modelar mejores prácticas sobre los métodos alternativos [75]. La comparación de las operaciones propias de la competencia es la clave con el fin de ver lo que se puede utilizar en la operación propia [30].

Por su parte, Morin [90] sugiere que las buenas prácticas esbozan un proceso, una práctica, o un método que puede mejorar la eficacia y la eficiencia. Según este autor, una buena práctica se hace evidente cuando se aplica a una tarea específica en lugar de a áreas más grandes o generales. En el documento utiliza buenas prácticas como sinónimo de *tips* o de *buenas ideas*; esto lo confirman Postar [76] y Pérez et al. [76], quienes opinan que el término implica éxito, que ciertas acciones, actitudes y programas son la manera más eficiente y eficaz de hacer negocios, y que las mismas medidas se pueden utilizar con resultados exitosos en organizaciones similares. Para estos autores, *más eficiente y eficaz* se puede derivar de haber visto, de primera mano, ciertas ideas o principios, que cuando se aplican producen resultados exitosos.

Como indican estos aportes, los autores están muy lejos de una definición compartida y ampliamente aceptada. Además, se agrega la dificultad de que sus trabajos se basan en la literatura como evidencia de la existencia de las buenas prácticas, en particular cuando tratan los trabajos consultados como correctos y autorizados, solo por el hecho de haber sido publicados. Prácticamente no hay discusión, y se difunde porque los trabajos deben considerarse autorizados o confiables. Por otro lado, algunos autores abordan la definición de *benchmarking*, como Melo et al. [91], que la utilizan como un proceso de medición de los procesos y el rendimiento de su servicio, que luego se compara sistemáticamente con el rendimiento de los demás con el fin de buscar las buenas prácticas. Como ya se comentó antes, de acuerdo a este punto de vista las buenas prácticas surgen de la medición de los propios servicios y la posterior comparación con los de los otros. En la misma línea, otros autores definen las buenas prácticas como algo que abarca marcos de calidad, evaluación comparativa y medición del desempeño de productos, procesos y servicios [66, 67].

Por último, la mayoría de autores no define específicamente a las buenas prácticas, y en su lugar utilizan sinónimos como *prácticas comúnmente empleadas* [92], *prácticas comunes que parecen fomentar el éxito en su uso* [38], o *prácticas que se repiten porque funcionan* [79]. Para ellos, las revisiones de la literatura y las normas elaboradas por organismos académicos parecen ofrecer pruebas suficientes para aceptar las buenas prácticas actuales. Otros sugieren que pueden ser identificadas a través de sesiones de *brainstorming* [41]; de procesos o prácticas de reciente introducción que parecen estar funcionando bien o que han obtenido respuestas positivas de los usuarios [52, 93]; o a través de las prácticas tradicionales que se han utilizado con éxito durante muchos años [11, 44]].

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados refrendan los estudios de Kauppinen et al. [21], de Reay et al. [3], de Johnston [22] y de Hallencreutz y Turner [4], quienes llegaron a la conclusión de que en la literatura no se encuentra evidencias consistentes para definir claramente el término *buenas prácticas*, y que no se encuentra una ampliamente aceptada. Al igual que con los resultados expuestos, ellos afirman que la mayoría de definiciones se basan en la opinión y en la evidencia anecdótica.

La teoría expuesta previamente de que las buenas prácticas en la literatura se basan menos en datos empíricos y más en opiniones, experiencias individuales e información anecdótica se confirma también en este estudio. Un alto porcentaje de los trabajos de la muestra simplemente no definen el término, y los que lo hacen no llegan a un acuerdo. El resultado es que se utiliza como sinónimo de normas, directrices, buenas ideas, prácticas comunes y prácticas derivadas a través de la evaluación comparativa, tradiciones y prácticas recomendadas. Lo que pone de relieve la variación en los intentos por encontrar una definición, y recalca la dificultad de construir un cuerpo de conocimiento alrededor de las buenas prácticas, porque su comprensión proviene de

tradiciones y buenas ideas como la manera más eficiente y eficaz de comprenderlas. Algunos autores hacen el intento de adoptar una metodología más rigurosa para describir un proceso o servicio, establecer metas, identificar por lo menos dos métodos para alcanzar los objetivos y realizar pre y post-evaluación al utilizar los métodos, o de diseñar métodos de identificación que cumplan objetivos como punto de referencia. En teoría, este tipo de estudios son los que deben tener mayores probabilidades de proporcionar pruebas fiables acerca del significad del término.

También es importante implantar una formación adecuada acerca de las buenas prácticas, que debería comenzar mucho antes de que los profesionales empiecen a ejercer. Esto es necesario, porque al no tener una idea clara sobre el significado del término y de las ventajas de aprender del tema, deberán copiar o experimentar por cuenta propia hasta que se convenzan por sí mismos de a qué considerar una buena práctica. Claramente se debe prestar mayor atención a esta cuestión. Del mismo modo, una educación adecuada requiere un uso más riguroso del vocabulario dentro de cada disciplina, por lo que en cada disciplina se debe comprender la diferencia entre, por ejemplo, una buena idea, un buen resultado y una buena práctica.

¿Qué significa el hecho de que los profesionales no tengan este tipo de formación o que la reciban, tal vez, incompleta? Está claro que las buenas ideas se deben compartir en la literatura y que se deberían poder adoptar y adaptar para transferirlas a las organizaciones. Al mismo tiempo, hay que leer la literatura con precaución y hacerse preguntas como las que se plantean en esta investigación. Se necesita una visión crítica de todo lo que dice ser una buena práctica antes de intentar aplicarla o adaptarla en los procesos internos.

Cuando un autor escribe acerca del tema debería preguntarse si el proceso o práctica es una *buena práctica* sustentada por resultados exitosos, o si se trata simplemente de una buena idea, es decir, algo que se hace rutinariamente, porque funciona. El llamado es a verificar y validar antes de publicar, a menos que realmente se tenga la evidencia suficiente para utilizar el vocablo.

La investigación futura en esta área podría incluir un estudio similar de guías de buenas prácticas desarrolladas por las asociaciones profesionales. Pero al mismo tiempo es conveniente hacerse ciertas preguntas antes de iniciar la construcción de tales directrices: ¿realmente definen buenas prácticas? Y si es así, ¿cómo lo hacen? ¿Hay similitudes y diferencias en el método utilizado para desarrollar las directrices? ¿En qué se diferencia el rigor en el desarrollo de las directrices para otras disciplinas? Otra alternativa es buscar estudios que hayan seguido estas pautas para determinar si al aplicarlas lograron mejorar la eficiencia y el impacto.

Como señalan Reay et al. [3], incrementar la investigación y comparar y contrastar los esfuerzos en las diferentes disciplinas y sus resultados, podría ayudar a construir un cuerpo de conocimiento transferible a otras organizaciones y situaciones. Es de notar que muchos de los servicios y procesos descritos en los documentos analizados son iniciativas puestas en marcha en una sola empresa.

Como consideración final, es importante tener en cuenta que a los profesionales se les pide cada vez más ser responsables, y cuantificar y documentar el impacto de los servicios. Como tal, las organizaciones de todo tipo, hoy más que nunca, deben participar en una evaluación más rigurosa a los servicios y programas que utilizan, y a las metodologías y técnicas de evaluación implementadas. Este universo de resultados serviría para construir un cuerpo más grande de la literatura, con base en pruebas sólidas, y con documentos fiables que permitan determina las buenas prácticas en cualquier proceso o servicio.

4. PROPUESTA DE DEFINICIÓN PARA LOS TÉRMINOS INVESTIGADOS

Debido a que en la revisión de la literatura no fue posible encontrar una definición clara acerca de los términos *práctica* y *buenas prácticas*, a continuación, se propone una que conformaron los autores con base en su experiencia. No es una opinión personal, sino el resultado de validarla en diferentes procesos y disciplinas, y que otros investigadores han demostrado que funciona en su campo de experticia.

4.1.1 Práctica

Es un método, procedimiento, proceso o regla utilizado ampliamente en una disciplina o profesión. A un conjunto de prácticas se considera un estándar. En inglés se tiende a confundir los términos *practice* y *practise*, y aunque parecen similares sus significados son diferentes: *practice* es un sustantivo que se refiere a un acto en sí mismo, no a quién lo realiza; por su parte, *practise* es un verbo que significa realizar algo repetidamente para mejorar una habilidad. Se trata de un entrenamiento sistemático mediante múltiples repeticiones con el fin de mejorar o dominar dicha habilidad.

4.1.2 Buenas prácticas

Es una técnica o metodología que, a través de la experiencia y la investigación, se ha demostrado que conduce de forma fiable a un resultado deseado y que, como cuerpo de conocimiento, es posible adaptarla a cualquier disciplina. Pero el compromiso con el uso de las buenas prácticas en cualquier campo consiste en utilizar todos los conocimientos y la tecnología disponibles para asegurar el éxito. Por otro lado, las buenas prácticas tienden a propagarse a lo largo de un campo o industria después de que se demuestra su eficiencia. Sin embargo, y aunque estén bien sustentadas, a menudo se observa que este proceso es lento, incluso dentro de la misma organización.

De acuerdo con American Productivity & Quality Center, los tres obstáculos principales para la adopción de una buena práctica son: 1) la falta de conocimiento sobre las actuales, 2) la falta de motivación para hacer cambios que intervienen en su adopción, y 3) la falta de conocimiento y de habilidades necesarios para hacerlo. Una buena práctica es menos que una norma y más que un patrón de pensamiento asociado con el diseño de la misma. La norma es la salida, mientras que la buena práctica es la entrada de pensamiento asociado. El pensamiento puede ser replicado para crear una amplia capacidad organizacional, sin embargo, las soluciones cambian a medida que lo hace el entorno.

En este sentido, los términos *mejor práctica* y *buenas prácticas* se encuentran repetidamente en la literatura, pero su significado parece asumirse solo por ser populares, por lo que tienden a confundirse. Para definirlos es necesario descomponerlas:

- *Mejor*. Superar todo lo demás en excelencia, logros o calidad; lo más satisfactorio, apropiado o útil; lo más altamente cualificado.
- *Buena*. Ser positivo o deseable en la naturaleza; tener las cualidades que son deseables o distintivas en una cosa en particular; servir al propósito o fin deseado; superior a la media.
- *Práctica*. Hacer o realizar habitualmente o por costumbre; tener un hábito de; hacer o llevar a cabo (algo) en varias ocasiones con el fin de adquirir o pulir una habilidad; ofrecer lecciones o instrucciones reiteradas para.

En consecuencia, una buena práctica sugiere que existe una técnica, método, proceso, actividad, incentivo o recompensa que es más eficaz que cualquiera otro para entregar un resultado en particular. La idea es que, con adecuados procesos, controles y pruebas se puede alcanzar un resultado con un menor número de problemas, complicaciones e imprevistos. La buena práctica también se puede definir como la más eficiente y eficaz (menor cantidad de esfuerzo) manera de llevar a cabo una tarea (mejores resultados), con base en procedimientos repetibles que ya se ha demostrado que funcionan. Una estrategia de buenas prácticas es aquella donde la institución se esfuerza por copiar lo que se considera competente para una actividad determinada. Para lograrlo, debe utilizar una serie de herramientas para realizar una gestión adecuada, como el trabajo en red, la evaluación comparativa externa, buscar la calidad, la planeación estratégica y la gestión del rendimiento, entre otras. Esto le puede significar encontrar y utilizar mejores formas de trabajar para lograr los objetivos organizacionales, pero debe tratar de mantenerse al día con las formas en que operan las organizaciones exitosas, y en la medición de sus formas de trabajar en comparación con las utilizadas por los líderes de su entorno.

Por su parte, las *mejores prácticas* no son una teoría sin probar y tampoco una opinión, sino que es lo que se obtiene cuando se aplica una *buena práctica* para alcanzar el más alto estándar posible. Ambos términos han sido objeto de degradación terminológica y muchos proponen que sería mejor si se retornara a la obvia interpretación de sentido común, pero en este mundo post-modernista eso es poco probable.

5. CONCLUSIONES

Cada vez más las organizaciones están obligadas no solo a demostrar la rentabilidad de su inversión, sino también a proporcionar estadísticas fiables y otros datos basados en la evidencia. Como tal, deben mejorar la comprensión de lo que quieren decir cuando utilizan términos como *buenas prácticas*, además, es fundamental que los investigadores incrementen el rigor de sus análisis antes de publicar resultados.

Al mismo tiempo, es necesario reconocer el riesgo al suponer que existe un criterio universal para la práctica de cada disciplina. Porque adoptar métodos y procesos que cualquiera recomienda como buena práctica puede ocasionar pérdidas sustanciales. Además, dada la complejidad de los entornos actuales una buena práctica podría ocultar un problema crítico y castrar la creatividad, con lo que, irónicamente, se lograría resultados inferiores. Un contexto así podría reducir el proceso a una simple adopción de una práctica cuyos resultados no son replicables en los entornos únicos de cada institución. Sin embargo, esto no quiere decir que se deba abandonar completamente la búsqueda de las buenas prácticas, sino que es necesario realizar acercamientos cautelosos antes de concluir que es *buena*, y no caer en una especie de espejismo en el desierto.

En la literatura se utiliza ampliamente el término buenas prácticas, pero en muy pocos trabajos se encuentra una definición. Además, casi todos presentan significados lo suficientemente vagos como para no decir nada en absoluto. Cuando una institución desea utilizar buenas prácticas generalmente significa que se ajusta a las normas establecidas por organizaciones similares. Por definición estas prácticas son muy normales, no las mejores. Esto ha hecho que generalmente el término se asocie con el método o la técnica (un procedimiento, una norma, una pieza de equipo, un sistema informático) en lugar de un patrón de pensamiento y se echa de menos la verdadera intención del término y su subsecuente papel, porque actualmente parece relegarse a un mero mecanicismo. Debido a todo esto, el término se ha convertido en una palabra de moda en el mundo de los negocios, que a menudo se utiliza en alguna campaña de marketing o para ensalzar una venta, pero rara vez se hace el trabajo necesario para considerar una práctica como buena;

sin embargo, y la mayoría de veces, se encuentra buenas o inteligentes prácticas que ofrecen ideas sobre soluciones que pueden o no funcionar en una situación dada. Aunque la práctica recomendada puede variar en función del contexto en el que se aplica.

Otros parecen no estar de acuerdo con el término buenas prácticas en general, ya que limita la capacidad de buscar una mejor manera para hacer las cosas. La palabra *buenas* tiende a simbolizar que no hay nada mejor, por lo que se promociona así misma como la *única* forma de hacerlo. Las *buenas prácticas* de hoy deben ser solo una línea base para una *mejor práctica* mañana. Además, la percepción que se tiene de la intención original del término, de ser el método más eficiente y eficaz para el logro de resultados es que ha sido extremadamente diluido, y ahora simplemente es una palabra de moda que se utiliza para describir un medio en el que se hace algo para promover una percepción de excelencia.

REFERENCIAS

[1] Law J. (2009). Benchmarking. A dictionary of business and management. Oxford University Press.

[2] Szwejczewski M. (2008). Best practice. En Cooper C. (Ed.), The Blackwell Encyclopedia of Management. Blackwell Publishing.

[3] Reay T. et al. (2009). What's the evidence on evidence-based management? Academy of Management Perspectives 23(5), 5-18.

[4] Hallencreutz J. y Turner D. (2011). Exploring organizational change best practice: Are there any clear-cut models and definitions? International Journal of Quality and Service Sciences 3(1), 60-68.

[5] Turner D. et al. (2009). Towards a global definition of best practice in change management. International Journal of Knowledge, Culture and Change Management 9(8), 188-192.

[6] Simon C. (2011). An examination of best practices and benchmarking in corporate libraries. Journal of Management Development 30(1), 134-141.

[7] Shera J. (1944). Special library objectives and their relation to administration. Special Libraries 35(3), 91-94.

[8] Wasserman P. (1958). Measuring performance in a special library – problems and prospects. Special Libraries 49(8), 377-382.

[9] Lancaster F. y Joncich M. (1977). The measurement and evaluation of library services. Information Resources Press.

[10] Alias Z. et al. (2012). Project management towards best practice. Procedia - Social and Behavioral Sciences 68, 108-120.

[11] Giles T. y Cormican K. (2014). An empirical analysis of best management practices at the front end of the innovation process in the medical technology industry. Procedia Technology 16, 913-920.

[12] Sanwal A. (2008). The myth of best practices. Journal of Corporate Accounting and Finance 19(5), 51-60.

[13] Wellstein B. y Kieser A. (2011). Trading "best practices" – a good practice? Industrial and Corporate Change 20(3), 683-719.

[14] Bardach E. (2003). Creating compendia of "best practice". Journal of Policy Analysis and Manag. 22(4), 661-665.

[15] Pérez V. et al. (2010). Buenas prácticas y satisfacción del paciente. Revista de Calidad Asistencial 25(6), 348-355.

[16] Newnham E. y Page A. (2010). Bridging the gap between best evidence and best practice in mental health. Clinical Psychology Review 30(1), 127-142.

[17] Snyder S. et al. (2012). Effectiveness of practices to reduce blood culture contamination: A Laboratory Medicine Best Practices systematic review and meta-analysis. Clinical Biochemistry 45(13-14), 999-1011.

[18] Teresi J. et al. (2013). Comparative effectiveness of implementing evidence-based education and best practices in nursing homes: Effects on falls, quality-of-life and societal costs. International Journal of Nursing Studies 50(4), 448-463.

[19] Boese T. et al. (2013). Standards of best practice: Simulation standard V: Facilitator. Clinical Simulation in Nursing 9(6), S22-S25.

[20] Rossi M. et al. (2014). Engineering and design best practices in new product development: An empirical research. Procedia CIRP 21, 455-460.

[21] Kauppinen M. et al. (2002). Lessons learned from applying the requirements engineering good practice guide for process improvement. En 7th International Conference on Software Quality.

[22] Johnston I. (2010). Beyond "best practice" road safety thinking and systems management – A case for culture change research. Safety Science 48(9), 1175-1181.

[23] Ferreira S. y Faezipour M. (2012). An analysis of processes, risks, and best practices for use in developing systems engineering process simulators. Procedia Computer Science 8, 87-92.

[24] Singh V. y Holt L. (2013). Learning and best practices for learning in open-source software communities. Computers & Education 63, 98-108.
[25] Moreira R. et al. (2013). Selection of good practices for small software development teams: a knowledge-based approach. SIGSOFT Software Engineering Notes 38(6), 1-15.
[26] Serna E. (2018). Metodología de Investigación aplicada. En Serna E. (Ed.), Ingeniería – Realidad de una disciplina (pp. 6-33). Editorial Instituto Antioqueño de Investigación.
[27] Shaw K. y Spink A. (2009). University library virtual reference services: Best practices and continuous improvement. Australian Academic & Research Libraries 40(3), 192-205.
[28] Saunders L. (2002). Teaching the library: Best practices. Library Philosophy & Practice 4(2), 1-8.
[29] Duim L. et al. (2007). Good practices for educational software engineering projects. En 29th international conference on Software Engineering.
[30] Bittarelli A. y Rossi P. (2010). Best practices in university e-learning centre. Procedia - Social and Behavioral Sciences 9(1), 21-25.
[31] Maji T. (2007). Protecting library patrons confidentiality: Checklist of best practices. ILA Reporter 25(6), 14-16.
[32] Loizidou X. et al. (2014). A novel best practices approach: The MARLISCO case. Marine Pollution Bulletin 88(1-2), 118-128.
[33] Kreitz P. (2008). Best practices for managing organizational diversity. J. of Academic Librarianship 34(2), 101-120.
[34] Mehrmann L. y Ollenschläger G. (2014). Problemfelder und Best-Practice-Ansätze in der Arzneimittelversorgung an intersektoralen Schnittstellen – Eine Literaturanalyse. Zeitschrift für Evidenz, Fortbildung und Qualität im Gesundheitswesen 108(1), 66-77.
[35] Alexander M. (2008). Core cataloging and metadata standards and best practices. Science & Technology Libraries 28(1/2), 63-85.
[36] Meyer C. (2008). Reference accuracy: Best practices for making the links. Journal of Electronic Publishing 11(2), 21-35.
[37] Benjes C. et al. (2009). Surveying libraries to identify best practices for a menu approach for library instruction requests. Communications in Information Literacy 3(1), 31-44.
[38] Blummer B. y Kritskaya O. (2009). Best practices for creating an online tutorial: A literature review. Journal of Web Librarianship 3(3), 199-216.
[39] Blummer B. y Kenton J. (2012). Best practices for integrating e-books in academic libraries: A literature review from 2005 to present. Collection Management 37(2), 65-97.
[40] Tarabah F. (2015). Good manufacturing practice (GMP) for biomaterials and medical devices in the EU and the USA. En Amato S. y Ezzell R. (Eds), Regulatory Affairs for Biomaterials and Medical Devices (pp. 115-143). Woodhead Publishing.
[41] Campbell S. y Fyfe D. (2002). Teaching at the computer: Best practices for one-on-one instruction in reference. Feliciter 48(1), 26-28.
[42] Tempelman N. y Ehrenberg E. (2003). Library instruction and online tutorials: Developing best practices for streaming desktop video capture. Feliciter 49(2), 89-90.
[43] Johnson A. y Reynolds L. (2007). Trust but verify: Using best practices to create an evaluation-of-information exercise. Kentucky Libraries 71(4), 8-10.
[44] Johnson N. (2009). Best practices: What first year law students should learn in a legal research class. Legal Reference Services Quarterly 28, 77-99.
[45] Media & Methods. (2001). Best practices for managing library media centers. Media & Methods 37(4), 34-35.
[46] Gushrowski B. (2007). Moving from good effort to best practice — Refining a weeding process in a dental school library. Against the Grain 19(3), 26-32.
[47] Choh N. (2008). Leadership skills and advocacy for libraries: Best practice in library association management, the Singapore experience. En World Library and Information Congress. Quebec, Canada.
[48] Crichton D. (2008). Best practices in library services for aboriginal peoples in Saskatchewan. En World Library and Information Congress. Quebec, Canada.
[49] Glass E. y Sheffield D. (2008). Best practices in multicultural library services: Library Settlement (LSP) at Toronto Public Library. En World Library and Information Congress. Quebec, Canada.
[50] Coonin B. et al. (2011). Fostering library as a place for distance students: Best practices from two universities. Internet Reference Services Quarterly 16(4), 149-159.
[51] Dorf R. (2002). The computer engineering handbook. CRC Press.
[52] Barczak G. y Kahn K. (2012). Identifying new product development best practice. Business Horizons 55(3), 293-305.
[53] Egerton J. et al. (2009). Developing a model of pedagogical best practice in the use of interactive whiteboards for children with autism and complex learning disabilities: Implications for initial teacher training. Training and Development Agency for Schools R&D Award.
[54] The Editors. (2011). Best Practice in Systematic Reviews: The Importance of Protocols and Registration. PLoS Medicine 8(2), 1-2.

[55] Nelson A. (2014). Best practice in nursing: A concept analysis. International Journal of Nursing Studies 51(11), 1507-1516.
[56] Sidky A. (2007). A structured approach to adopting agile practices: The agile adoption framework. Doctoral Dissertation. Virginia Polytechnic Institute and State University.
[57] Stec E. (2006). Using best practices: Librarians, graduate students and instruction. Reference Services Review 34(1), 97-116.
[58] Hodge G. (2000). An information life-cycle approach: Best practices for digital archiving. Journal of Electronic Publishing 5(4), 21-29.
[59] Cowen J. y Edson J. (2002). Best practice in library/information technology. Journal of Hospital Librarianship 2(4), 1-15.
[60] Shelton C. (2003). Best practices in cooperative collection development: A report prepared by the Center for Research Libraries Working Group on Best Practices in Cooperative Collection Development. Collection Management 28(3), 191-222.
[61] Clair K. (2012). Metadata best practices in web content management systems. Journal of Library Metadata 12(4), 362-371.
[62] Renner B. et al. (2007). Best practices for medical libraries to deliver materials to distance learners. Journal of Interlibrary Loan, Document Delivery & Electronic Reserves 17(3), 85-97.
[63] Butler M. (2009). Job descriptions for interlibrary loan supervisors: core functions and best practices. Journal of Interlibrary Loan, Document Delivery and Electronic Reserve, 19, 21-31.
[64] Sonmez D. y Can M. (2010). Preservice science teachers' ability to identify good teaching practices. Procedia - Social and Behavioral Sciences 2(2), 4120-4124.
[65] Briscoe G. et al. (2003). The catalog vs the home page? Best practices in connecting to online resources. Law Library Journal 95(2), 151-174.
[66] Farrelly J. et al. (2006). Did we get it right? Post evaluation of New Zealand's Interloans best practice workshop. En World Library and Information Congress. Seoul, Korea.
[67] Xu Y. y Yeh C. (2012). An integrated approach to evaluation and planning of best practices. Omega 40(1), 65-78.
[68] Buck S. et al. (2006). Collaboration for distance information literacy instruction: Do current trends reflect best practices? Journal of Library Administration 45(1/2), 63-79.
[69] Boule M. (2008). Best practices for working in a virtual team environment. Library Tech. Reports 44(1), 28-31.
[70] Wheeler R. et al. (2008). Choosing the top candidate: Best practices in academic law library hiring. Law Library Journal 100(1), 117-135.
[71] Mellinger M. y Starmer M. (2002). Preservation in an agriculture library: Balancing best practices with practical considerations. Journal of Agricultural & Food Information 4(3), 51-59.
[72] Bentley M. (2006). Best practice or selling out? Public Library Journal 21(3), 25-26.
[73] Halvorson C. (2010). Review of Best Practices and Literature on Instrument Counts. Perioperative Nursing Clinics 5(1), 27-44.
[74] Huwe T. (2006). Some best practices for personalizing outreach. Computers in Libraries 26(2), 36-38.
[75] Will L. (2006). Sales skills for information professionals: Best practices and other musings. Legal Information Alert 25(3), 1-6.
[76] Postar A. (2006). Use best practices to promote your library. AALL Spectrum 10(7), 12-13.
[77] Stephens M. (2007). Best practices for social software in libraries. Library Technology Reports 43(5), 67.
[78] Perret R. (2011). Developing policies and best practices for virtual reference. PNLA Quarterly 76(1), 82-85.
[79] Smudde P. y Courtright J. (2012). In search of message design best practices: The Silver Anvil Award winners archive. Public Relations Review 38(5), 888-897.
[80] Hunt F. y Birks J. (2004). Best practices in information literacy. Libraries and the Academy 4(1), 27-38.
[81] Todaro J. (2002). Change for the right reason: what is a best practice? Community & Junior College Libraries 11(1), 27-36.
[82] Leandri S. (2005). Why best practices still matter. Information Outlook 9(7), 20-22.
[83] Thomas M. (2007). An evaluation of selected ASERL web pages: "Best practices" for serving distance learners. Journal of Access Services 5(1/2), 37-45.
[84] Cooper B. et al. (2014). Best practice pricing principles and the politics of water pricing. Agricultural Water Management 145, 92-97.
[85] Kasprowski R. (2008). Best practice and standardization initiatives for managing electronic resources. Bulletin of ASIST 35(1), 13.
[86] Leon L. et al. (2003). Enhanced resource sharing through group interlibrary loan best practices: A conceptual, structural and procedural approach. Libraries and the Academy 3(3), 419-430.
[87] Liu Y. (2004). Best practices, standards and techniques for digitizing library materials: A snapshot of library digitization practices in the USA. Information Review 28(5), 338-345.
[88] Hurst J. (2009). Digitization: How many best practices, guidelines, and standards do we need? Information Standards Quarterly 21(4), 22-24.

[89] Davis S. (2009). Best practices for information services: achieving operational excellence. SciTech News 63(4), 7-16.
[90] Morin A. (2004). Approaching best practices and guidelines for digital reference. En Lankes R. et al. (Eds.), The virtual reference experience: Integrating theory into practice. Neal-Schuman Publishers Inc.
[91] Melo L. et al. (2008). Recognizing best practice in Portuguese higher education libraries. IFLA Journal 34(1), 34-50.
[92] Albright M. et al. (2009). The evolution of early literacy: A history of best practices in storytimes. Children and Libraries 7(1), 13-18.
[93] Buzzard P. et al. (2011). Best practices for a university laptop lending program. Code4Lib Journal 15, 10-31.

4

A propósito de contenidos, ¿qué es contenido?

En un mundo donde al parecer todo es contenido, llama la atención lo poco que se conoce y acepta acerca del significado de este término. Por eso es que diversos investigadores se preguntan *qué es contenido*, y con buena razón, porque en toda parte se habla de gestión de contenidos, desarrollo de contenidos y estrategias de contenidos, pero no se llega a una unanimidad de criterios. En este capítulo se hace una reflexión acerca del tema y se propone una definición para el término, una clasificación por su objetivo específico y se describe algunas características que necesariamente debe poseer un buen contenido y las habilidades que debe poseer un buen creador de contenidos[1].

[1] Este trabajo se publicó como artículo en ingles en la Revista general de información y documentación 27(1), 201-218, 2017.

INTRODUCCIÓN

Se acepta de forma generalizada que utilizar contenidos es importante en diversos contextos y que, cuando se diseñan, desarrollan y evalúan adecuadamente, pueden tener mejores niveles de aceptación y lograr sus intencionalidades más claramente [1]. Esto se debe a que de esta forma llaman la atención del público objetivo, porque su uso despierta la creatividad y la actividad intelectual, orienta los procesos, facilita su evaluación y control, y posibilita el trabajo individual y en equipo de los participantes.

Cuando los contenidos se diseñan y crean en función de intencionalidades objetivas o fines últimos, de acuerdo con los ritmos de aceptación y las capacidades de los usuarios y mediante procesos que innoven los materiales y contenidos tradicionales, el resultado se alcanza ampliamente y es posible evaluar los resultados con el logro de las intencionalidades. Si a esto se suma los desarrollos tecnológicos y la creciente dependencia social de sus productos, se genera un entorno en el que se necesita recursos que faciliten un mejor aprovechamiento por parte de los interesados.

Las Tecnologías de la Información TI se han convertido en herramientas importantes en los procesos comunicativos y formativos, en los que se utilizan ampliamente como mediadoras entre el conocimiento existente y el público objetivo [2]. Por otro lado, en la Sociedad de la Información la mayoría de las actividades de las personas tiene una alta dependencia de los desarrollos tecnológicos, y sus productos hacen parte integral de las soluciones a sus problemas. Además, para lograr los objetivos de potencializar el uso y aprovechamiento de las TI, y de difundir y optimizar los desarrollos tecnológicos, los diversos actores se dieron cuenta de que era necesario trabajar paralelamente en el diseño y divulgación de contenidos. Pero, aunque se reconoce su importancia y preponderancia subyacente, los contenidos todavía presentan deficiencias y no satisfacen adecuadamente los requisitos de fiabilidad. En muchas áreas han alcanzado protagonismo y se difunde principios y metodologías para aprovecharlos de mejor forma, pero todavía no tienen una aceptabilidad general, ni demuestran el logro de los fines últimos [3, 4].

Diseñar contenidos sin importar el área y el público objetivos, con adecuados niveles de fiabilidad y de madurez, integrando principios de interactividad y de prácticas ágiles para optimizar el uso de las TI y de los desarrollos tecnológicos, y que además se pueda evaluar el nivel alcanzado del objetivo del diseño, es una necesidad para esta Sociedad [5]. Los contenidos diseñados de esta forma podrían ser económicos, transportables y transdisciplinares, pero sobre todo integradores de conocimiento. Esto sería una ventaja para que el público objetivo los utilice en sus procesos, tales como la formación, el marketing o la divulgación de datos, y las personas contarían con un desarrollo tecnológico que realmente les permita satisfacer sus necesidades específicas [6].

En este capítulo se presenta una reflexión acerca del significado, utilidad y potencialidades de los contenidos. Se parte de una comprensión al significado del térmico, se describe varias clasificaciones encontradas en la literatura y se presenta algunas características que deberían tener para ser considerados de buena calidad. Este trabajo es producto de un proyecto de investigación cuyo objetivo es proponer prácticas para estructurar, desarrollar y evaluar contenidos, con una visión desde la interactividad y el agilismo.

1. MÉTODO

Para el desarrollo de esta revisión se aplicó la metodología propuesta por Serna [7]. En el proceso de definieron tres preguntas de investigación: 1) ¿Qué se entiende en la literatura por *contenido*?

2) ¿Con base en qué se propone clasificaciones para contenidos? 3) ¿Qué características debe tener un buen contenido? La búsqueda se realizó en las bases de datos: ScienceDirect, ACM Digital Library, Scopus, y Web of Science. Se buscó el término *content*(s) en combinación con *definition, description, types, categories, kinds, taxonomy, best practices, effective development, property, methodologies*, inicialmente en el título y/o el resumen.

Debido al bajo número de trabajos encontrados en esta revisión preliminar, se optó por buscar la misma combinación de palabras en el contenido de las publicaciones, a la vez que se incluyeron sitios web con un nivel aceptable de seriedad y rigurosidad. Aplicando este método se compilaron 48 trabajos entre artículos, libros, trabajos en eventos y sitios web. A esta población se aplicaron los criterios de inclusión/exclusión para determinar si el contenido aporta para responder las preguntas de investigación y al logro de los objetivos planteados en la revisión. Luego de este procedimiento se obtuvo 28 aportes, y después de una lectura rápida y de aplicar los conceptos de calidad para determinar la valoración de cada uno en la investigación, se conformó la muestra final con 26 trabajos.

2. RESULTADOS

2.1 Qué se entiende en la literatura por *contenido*

Diversos investigadores se preguntan qué es un contenido, y con buena razón [8, 9]. Ahora que en toda parte se habla de gestión de contenidos, desarrollo de contenidos y estrategia de contenidos, al parecer todo es *contenido*. En la producción y publicación de medios el contenido es la información y las experiencias que proporcionan valor para un usuario final o un público objetivo [10], o es algo que se va a difundir a través de un medio, tal como el habla, la escritura o cualquiera de las diferentes artes y tecnologías (http://dictionary.reference.com/browse/content), pero realmente es difícil encontrar un significado general y preciso para el término.

Para muchas personas y consumidores contenido es una palabra *horrible* que abarca todo [11]. Al principio era solamente el ahora omnipresente Contenido Generado por Usuarios UGC, pero la red se llenó de contenido; la programación de televisión está llena de contenido; las emisoras utilizan el contenido para llenar el tiempo de emisión; y los periódicos y las revistas están llenos de contenido. Está en todas partes, pero al igual que muchas palabras comenzó como algo específico de la industria, en la que el *marketing* hablaba de los contenidos que producía para sus proyectos [12]. Sin embargo, poco a poco se ha convertido en una de esas palabras que se filtra por fuera de los confines del universo industrial y penetra en la sociedad. Así que hoy los sitios web de cara al consumidor hablan abiertamente de contenido, especialmente cuando invitan a subir fotos, audios, o vídeos. Pero también se escucha la palabra hablada y utilizada con el mismo sentido en la televisión y en la radio [13].

Contenido proviene del latín *contentum*, el participio pasado neutro de *continere*, que significa *contener*. Por su parte, Dictionary.com la define como información sustantiva o material creativo visto en contraste con su forma real o potencial de presentación. Entonces, ¿por qué el término despierta resquemores? Es una palabra que no es fácilmente reemplazable en el contexto en el que se utiliza, porque puede significar muchas cosas: vídeo, audio, texto, imágenes, o sus combinaciones. Como el cajón de un sastre, no tiene un propósito definido y se necesita ubicarla por fuera del arte en estas cosas. Si se escribe un ensayo sobre un tema, ¿es una pieza literaria cuidadosamente elaborada o se trata de una pieza de contenido? Si se compone una nueva canción, ¿solamente se está haciendo un poco de contenido? Si se realiza una película, ¿se trata únicamente de poner juntos algunos contenidos?

Por eso la palabra es de alguna manera despectiva, porque no tiene en cuenta el pensamiento, el tiempo, o la creatividad (o la falta de) inmersos en la producción de una obra. Probablemente no ayuda el hecho de que el término suene un poco como a construcción, porque cuando alguien habla de *contenido*, quizás en un sitio web, es como si estuviera tratando de apilar montones de algo para configurar rápidamente otro algo, y construirlo para que las personas lo lean, vean o escuchen. Esto suena como a una impresionante pieza de mano de obra artesanal, un bloque de aire, porque no hay forma de expresar el pensamiento real sobre la calidad de lo que se hace, y solamente persiste la creencia de que se necesita para atraer lectores, televidentes u oyentes [14].

Al parecer todo es simple economía y por supuesto eso es de lo que trata la industria de los medios. Eso está bien, porque vivimos en un mundo capitalista, pero sin duda, ¿no sería mejor si nos preocupáramos por algo más que *cómo llenar espacios vacíos*? Y ese es el problema con la palabra *contenido*, porque sugiere una actitud en la que solamente se requiere tomar la forma más rentable para llenarlos. Esto no es idealismo barato, porque hay que ser conscientes de que los editores de televisión están tratando de llenar los vacíos en su horario de la forma más rentable posible. Además, necesitan una cuota de audiencia suficiente para mantener sus trabajos y cosechar el máximo valor de la publicidad asociada. Sí, tienen que maximizar la audiencia, pero eso no es realmente lo mismo que preocuparse por los programas que hacen. Quizás en estos casos contenido sea un término exacto para definir *relleno*. Mientras los intereses del marketing y los medios han adoptado ampliamente el término, algunos autores se lamentan de la ambigüedad inherente del término [15, 16], unos afirman que devalúa el trabajo de los autores [16, 17] y otros argumentan que hace demasiado hincapié en el trabajo de los mismos [18].

Por eso que es que se necesita mejorar la apreciación del término, ya sea mediante una demostración fehaciente de su importancia y utilidad, mediante procesos sólidos orientados a la creación de contenidos que le brinden seriedad a la palabra, o inventando una nueva para referir relleno de espacios vacíos. De esta manera, cuando se escuche el término contenido sería posible borrar la imagen de un constructor apilando adobes en una carretilla, porque tiene un agujero que llenar. Las principales fuentes de estos factores se derivan de la psicología cognitiva, la lingüística y la filosofía del lenguaje y de la mente. Y aunque estos campos presentan enfoques particulares para contenido o significado que pueden ser contradictorios entre sí, las preguntas más generales que surgen se pueden aplicar a primera vista a los resultados de cualquier análisis teórico del significado de *contenido* [19].

2.1.1 Valor del contenido

El valor de un contenido en sí es lo que el usuario final deriva de él, por lo tanto, contenido puede referirse a la información proporcionada a través del medio, la forma en que se presenta, y las características añadidas incluidas en el medio en que se entrega. Sin embargo, sin la información y las experiencias que constituyen el contenido, el medio ofrece poco o ningún valor para el usuario final. En la teoría de la comunicación el filósofo Marshall McLuhan [20] acuñó la famosa frase de que el medio es el mensaje. En el caso del contenido, el canal a través del cual se entrega la información afecta la forma en que el usuario final lo percibe, es decir, el mensaje.

El autor, productor o editor de una fuente original de información o de experiencias, puede o no ser directamente responsable de todo el valor que alcanzan como contenido en un contexto específico. Por ejemplo, parte de un artículo original (un titular de una noticia web) se puede incorporar en otra página que muestra los resultados de un motor de búsqueda de material, agrupado con los titulares de otras publicaciones de noticias y anuncios relacionados. El valor que el artículo tiene en este grupo de resultados como medio puede ser muy diferente del que tenía

como contenido original. Por otro lado, un contenido también puede conducir a otras personas a crear su propio contenido, a veces de manera que el autor original no hizo o no pudo planear o imaginar. Como opción de innovación en un medio esta característica añadida significa que los usuarios pueden desarrollar su propio contenido desde los contenidos existentes.

Un asunto importante es que el contenido debe mantener su coherencia todo el tiempo [21], es decir, mantener el mensaje sólido mientras se le da flexibilidad para crear múltiples formas que optimicen el logro del propósito. Esto es importante como estrategia de desarrollo de contenidos, porque le ayuda al público objetivo a tomarlo y darle un mejor uso, y trabajar en nuevas formas para nuevos medios que se extienden más allá de su propósito inicial.

Asumiendo los principios del agilismo para estructurar y diseñar contenidos, la recomendación es empezar con casi cualquier cosa, menos con los detalles [22]; luego concretar la idea central y a continuación diseñar una oración o párrafo para cada detalle; seguir con el imaginar y hacer, y listo, contenido estructurado. A partir de aquí se comienza a refinar el diseño con revisiones sólidas y documentadas. Por ejemplo, en el desarrollo de un contenido educativo hay que pensar más allá de dónde se alberga y de querer postear solamente diapositivas en línea; lo que se debe hacer es incluir un plan para generar una serie de materiales que extiendan el valor del contenido:

- Generar una serie de ideas para medios y formas de contenidos adicionales.
- Filtrar las ideas con base en el reconocimiento del público objetivo, de sus necesidades y de los medios preferidos.
- Seleccionar un medio de difusión directo, imaginar las preguntas e inquietudes que puedan surgir, proyectar las actualizaciones y/o modificaciones, sondear los sitios de intercambio, y calcular su vida útil. Todo esto le dará *kilometraje* al contenido.

Como resultado se tiene una cantidad de material adicional de piezas del contenido que extiende su valor y amplía la difusión del contenido inicial a través de varios activos. Esta gama de activos crea un conjunto coherente de materiales que permite llegar a un público objetivo más amplio y a través de múltiples medios. Esta estrategia disminuye los tiempos de aproximación al contenido, porque se tiene el original como punto de partida y solamente se necesita revisiones menores del material modificado [23].

2.1.2 Incidencia de la tecnología en el contenido

Tradicionalmente, el contenido se ha editado y adaptado para un público objetivo a través de los editores de noticias, los autores y otros tipos de creadores, sin embargo, no toda la información del contenido requiere autoría creativa o edición. Los desarrollos tecnológicos permiten el movimiento instantáneo de información desde y hacia todos los rincones del planeta al mismo tiempo [24], lo que ha causado que el mundo se considere como una aldea global [20]. Estas nuevas tecnologías pueden registrar eventos en cualquier parte, y publicarlos y transformarlos con el fin de llegar a un público potencialmente mundial. Estos eventos pueden ser grabados o transmitidos y, por lo tanto, ser referidos como contenido, por lo que ya no son únicamente producto de fuentes fiables.

Las nuevas tecnologías se han convertido en las principales fuentes de contenido y son fácilmente accesibles para todos. Además, se genera nuevos parámetros de comparación y validación, por ejemplo, un vídeo de un político presentando un discurso en comparación con un artículo escrito por un reportero que lo presenció.

Los medios de producción y la tecnología de entrega pueden potencialmente aumentar el valor de los contenidos para formatear, filtrar y combinar fuentes originales para nuevos públicos en nuevos contextos [25]. Para un público específico el mayor valor de una determinada fuente de contenido se encuentra a menudo a través de dicha re-elaboración electrónica, debido a que su tiempo es real y dinámico, y a que atiende a las tendencias que impulsan su interés. Por su parte, los contenidos almacenados para un posible uso posterior en su forma original tienen menos valor, porque se requiere mayor énfasis en la velocidad de reproducción, re-utilización y re-distribución. Esto ha llevado a muchos editores y productores a cambiar su función primaria y ser menos originadores, pero más transformadores de contenido. De este modo, las empresas que solían centrarse en la publicación de material impreso, ahora están publicando bases de datos y software para combinar contenidos de varias fuentes para una mayor variedad de audiencias [26].

2.2 Con base en qué se propone clasificaciones para contenidos

Esta es otra cuestión que genera controversia y análisis en el tema de los contenidos, y en la literatura y las fuentes primarias es difícil encontrar una propuesta genérica acerca de cómo clasificarlos. Además, los autores, la misma industria y los usuarios tienen sus propios argumentos y realidades para proponer taxonomías al respecto. A continuación, se presenta un compendio de algunas propuestas encontradas en esta investigación.

En la Tabla 1 se presenta la taxonomía propuesta por Kolbitsch y Maurer [27], para quienes gran parte de los contenidos que crean los usuarios se basa en los servicios de alojamiento que proporcionan un espacio en línea para accederlos. A menudo están estrechamente vinculados a plataformas específicas de distribución, es decir, comentarios que se difunden en blogs o videos en las plataformas para compartir en línea. De esta forma y como concluyen estos autores, los contenidos de usuario y sus plataformas de distribución son difícil de disociar. Por otra parte, hay que tener en cuenta que las tecnologías web participativas, a menudo utilizadas para estos contenidos, también se pueden emplear para escuchar medios tradicionales de comunicación, otro contenido comercial e incluso educativo. Y muchas empresas hacen uso de ellos con el fin de mantener informados a los empleados sobre la información que se genera en su interior, de los nuevos productos y estrategias o del avance de los proyectos.

Tabla 1. Contenidos creados por los usuarios [27]

Tipo de contenido	Descripción	Distribución
Texto, novela, poesía,...	Escritos originales o en edición de otros textos.	BoingBoing, Engadget, LiveJournal, MSN, Spaces, CyWorld, Skyblog, Wikipedia, PBWiki, JotSpot, SocialText, Writely, FanFiction.Net, Digg, del.icio.us, iTunes, FeedBruner, iPodderX, WinAmp, @Podder, MySpace, Facebook, Friendster, Bebo, Orkut, Cyworld, Second Life, Active Worlds, Entropia, Universe, Dotsoul, Cyberpark, Digital Media, Project
Fotos o imágenes	Fotografías digitales publicadas en línea, o creadas o modificados	
Música y audio	Grabación y/o edición de contenidos de audio distribuidos en formato digital	
Video y películas	Grabación y/o edición de contenidos de vídeo y su publicación	
Periodismo ciudadano	Informes periodísticos sobre acontecimientos actuales realizados por ciudadanos que escriben las noticias y toman fotos o videos que publican en línea	
Contenido educativo	Material creado en escuelas, universidades, o con propósito de uso educativo	
Contenido móvil	Creado en teléfonos móviles u otros dispositivos inalámbricos y generalmente enviado a otros usuarios a través de MMS, correo electrónico o publicado en Internet	
Contenido virtual	Creado en el contexto de un entorno virtual en línea o integrado en él; algunos mundos virtuales permiten contenidos para la venta; juegos creados por usuarios	

Para De la Rosa [28], en diversas esferas y comunidades se habla y discute mucho sobre la importancia del contenido, pero independientemente del estéril debate sobre si el contenido es

el rey o no [29], él propone una estructura para construir una estrategia coherente de clasificación. De acuerdo con este autor, los contenidos se pueden clasificar desde diferentes ángulos, como se observa en la Tabla 2, y cada clasificación recogida en su esquema tiene un sentido único.

Tabla 2. Tipología de contenidos [28]

Tipos	Descripción
Por intención	Ha sido creado o seleccionado porque transmite los valores de una marca, comunica las características de un producto, habla de las experiencias de los consumidores, o se enfoca en los territorios de marca con los que se busca que el consumidor asocie el propósito.
Por formato	Como imágenes, texto, audio, audiovisuales, enlaces que llevan a otros lugares y formatos interactivos.
Por resultado	Creado con la intención de conseguir un resultado en el público objetivo: informar, entretener, llamar a la acción o la participación, o inspirar.
Por autoría	Puede ser de propia autoría, en colaboración con otros, seleccionado, ganado o de repercusión, cuando se inscribe en un medio de comunicación.
Por derechos	Que pueden ser cedidos de forma temporal o permanente, o restringirlos bajo una serie de derechos a través de licencias Creative Commons.
Por utilización	Es decir, si se han utilizado previamente o no, y pueden ser usados, reciclados, o congelados.
Por temporalidad	En este caso serían síncronos (tienen más valor vivirlos en directo), o asíncronos (tienen el mismo valor independientemente de cuando se vean).

De acuerdo con Ruiz [30], en internet el contenido lo inunda todo, por lo que no resulta fácil clasificarlo en tipologías. Este autor propone hacerlo desde tres perspectivas, como se observa en la Tabla 3. Además, propone una aproximación en función de cómo se crea: 1) editorial, el producido personalmente; 2) autoría propia, como los comentarios de una noticia; y 3) automatizado, como las páginas-respuesta de Google, o un comparador de seguros; que se complementa con el formato (texto, video, imagen, ...) y la plataforma de publicación.

Tabla 3. Perspectivas para contenidos (Ruiz, 2014)

Perspectiva	Descripción
Como producto	Es el resultado del trabajo de un autor como redactor, editor, creador, etc., que se representa en un artículo en la web o en un vídeo en YouTube.
Como proceso	Es entenderlo como un proceso productivo donde intervienen factores tales como la preparación, el plan de difusión, el protocolo de mantenimiento, etc.; elementos que configurarán la estrategia del contenido.
Como cultura	Es aceptar que constituye el eje central de la actividad y que todo gira en torno a él. Se trata de mejorar día a día el acceso, facilitar su difusión y mostrarlo de la mejor manera posible.

Núñez [31] opina que existe muchos tipos de contenidos, pero que tradicionalmente se habla de los mismos o se confunde formatos (fotos, textos y vídeos) con tipos. En la Tabla 4 se describe la propuesta de esta autora para clasificar los tipos de contenidos.

Tabla 4. Tipos de contenidos por orientación [31]

Orientación	Tipos	Objetivo	Ejemplos
Según el canal	Redes sociales	Darse a conocer	Videos, fotos, texto
	Blogs	Informar	Gifs, listas, gráficas, entrevistas, reviews
	Web	Comentar	Webinar, landing, tutoriales, revistas, guías
Según objetivos	Atracción	Contenido, publicidad, presencia	Post blog, Ebook, post en RRSS, Anuncios, videos, fotos
	Conocimiento	Búsqueda, educación, captación	Tutoriales, guías, reviews, landing, cursos
	Consideración	Contenido, comparación, evaluación, atención	Webinar, estudios, reviews, testimonios, rating, casos
	Venta	Vender, posicionar	Atención, recursos, chat, contacto, ofertas
	Fidelización	Incentivos, compras	Regalos, exclusivas, descuentos, ofertas

2.3 Qué características debe tener un buen contenido

Para responder esta pregunta se encontró información en una amplia cantidad de sitios web, pero ninguno cumplió los requisitos de calidad que en esta investigación se establecieron para este

tipo de resultados. En parte porque son opiniones personales sin experimentación o validación, y sin un seguimiento a las mismas. Esto hizo que se tomara le decisión de aportarlo como una propuesta del equipo de investigación a la discusión abierta. Los resultados se presentan en la sección de análisis y aportes.

3. ANÁLISIS Y APORTES

La estrategia de los contenidos ha ganado mayor reconocimiento y atención en este siglo, lo que está obligando a las instituciones a repensar el asunto y la forma de aplicarlos y mejorarlos. En esta investigación se encontró que la comunidad está empezando a entender que el contenido es un activo que requiere una estrategia, un plan y una visión a largo plazo. En el pasado los interesados se centraban principalmente en convertir los contenidos en ingresos, pero más personas e instituciones reconocen que, independientemente de si se vende o no, sigue siendo un activo. Además, poseer multicanales para difundirlos ya no es una necesidad, sino una obligación, porque se descubrió que esto llama la atención y así se atrae interesados, a la vez que se adquiere experiencia en contenidos. Muchas instituciones utilizan con éxito este poder en canales como internet, la comunicación móvil, las tiendas y las aplicaciones online, entre otros, y diversos sistemas de gestión de contenidos habilitan la posibilidad de insertarlos de una vez en varias plataformas. Todo esto está promoviendo un enorme crecimiento en esta área.

Uno de los cambios más radicales encontrados en esta investigación es el concepto del consumidor como propio editor de contenidos, facilitado en gran medida por una aldea global que ha evolucionado hasta el punto en que la comunicación con cualquier persona, en cualquier lugar y en cualquier momento es inmediata. Otro de los cambios es el incremento de los contenidos generados por usuarios UGC, mediante los cuales los consumidores pueden intervenir en las marcas y expresar su percepción de la misma. Además, ha habido un crecimiento masivo de las tecnologías, y una de sus más recientes manifestaciones es la inmersión. Este desarrollo le permite al usuario, por ejemplo, arrastrar y hacer clic en los videos desde una perspectiva única de 360°. Esto también se manifiesta en los video-juegos y en la TV, donde hay un alto grado de interacción con el usuario.

En términos generales se podría afirmar que el trabajo en esta área es permanente y que se incrementa cada día, pero llama la atención lo poco que se investiga las bases, es decir, en temas como una definición amplia y aceptada, y una clasificación actualizada y validada. Tal como lo afirma Núñez [31], la comunidad intenta opinar y difundir, pero la falta de un proceso de investigación estructurado y sólido hace que los principios se confundan. Para lograr mayor aceptación y crear un cuerpo de conocimiento sólido, es necesario dejar de publicar opiniones sin una base sólida y demostrada, y empezar a ejecutar investigación con propósitos de unificación y de aportes consolidados. En este sentido, a continuación, se presenta los aportes que, desde los resultados de este trabajo, el equipo de investigación quiere aportar a la discusión en la comunidad. Estos aportes hacen parte de un proyecto más ambicioso cuyo objetivo es reunir las buenas prácticas del agilismo y de la interactividad para diseñar contenidos.

3.1 Definición de contenido

Para concretar y aportar al debate, desde esta investigación se asume que contenido *es la información presentada con un propósito específico a un público objetivo y a través de un medio y una forma*. Esta definición se basa en las palabras clave que la componen: información, propósito, público objetivo, medio y forma, cuya identificación explícita y optimización es fundamental para una comunicación exitosa, y para lograr el fin último del contenido:

1. *Información*. ¿Qué idea se va a comunicar? La información es la combinación de las ideas más importantes que el público objetivo necesita saber, además de los detalles clave que apoyan esas ideas, tales como evidencias, explicaciones y ejemplos. En términos generales, la información se compone de: 1) *idea central*, es decir, la información más importante que el público objetivo debe saber, constituida por una frase completa que se puede utilizar como apertura de la exposición; y 2) *detalles clave*, que son los ejemplos, las explicaciones y las evidencias que sustentan la idea central.

2. *Propósito*. ¿Por qué se está haciendo esto? ¿Qué se quiere que piense/haga/sienta el público objetivo? El contenido es más exitoso cuando se diseña para lograr un objetivo específico, y para alcanzar esta meta de forma explícita es necesario desarrollar contenidos que *resuenen* en el público objetivo.

   El propósito está conformado por: 1) *imaginar*: qué es exactamente lo que se espera que piense el público objetivo, y a menudo se relaciona con la idea central, pero va más allá de decirle por qué es importante, lo que puede ser un buen comienzo o un final desastroso; 2) *hacer:* qué es exactamente lo que se espera que haga el público objetivo, qué se cree que le gustaría hacer. Hacerlo bien puede ser una apertura exitosa, pero hacerlo mal puede ser un cierre infortunado.

3. *Público objetivo*. ¿Quién es el consumidor al que se quiere presentar el contenido? Con frecuencia se crea contenidos sin examinar y comprender a fondo a este público, por eso hay que identificar explícitamente a quienes se desea alcanzar, sus preocupaciones y sus preguntas. Aquí es donde residen la relevancia y la resonancia del diseño del contenido: 1) *público objetivo*, es decir, las personas, tipos de personas o grupos a quienes va dirigido el contenido, porque conocer a quiénes se comunica permite orientar los detalles, el tono y el propósito del mismo; y 2) *anticipar las preguntas*, porque es necesario imaginar las que el público objetivo podría realizar acerca del contenido y, aunque no es posible imaginarlas todas, hay que tener en cuenta los por qué y para qué de los detalles clave del propósito.

4. *Medio*. ¿Cómo se va a entregar el contenido al público objetivo? Debido a que ya se tiene un buen conocimiento del público objetivo, lo conveniente es explorar todos los medios que sintoniza o consume. Es recomendable filtrar el propósito para identificar el grado de utilidad que tienen los medios para lograr el propósito, y luego aplicar un filtro destino para reducir las posibilidades a los que tienen mayor eficacia en el público que se desea alcanzar.

5. *Forma*. ¿Cómo se representará el contenido en su estado final? Con el medio o los medios seleccionados se elige el tipo y la forma más optimizados para correr la voz. En el diseño hay que involucrar cuestiones como tipo de contenido, tecnología necesaria, tamaño y estilo, de tal manera que impacte realmente y que llamen la atención del público objetivo. Porque de nada importará la información y el propósito si no se acierta en la elección de la forma.

3.2 Clasificación de contenidos

Otro aporte de esta investigación al tema de los contenidos y de acuerdo con los objetivos de la misma, a continuación, se propone una clasificación según el *propósito específico del contenido*. Clasificarlos de esta manera responde a la exigencia de los diseñadores, en el sentido de tener una guía que les marque la pauta antes de iniciar el proceso de creación. En la Tabla 5 se describe la clasificación desarrollada.

Tabla 5. Clasificación de contenidos de acuerdo con su propósito específico

Propósito	Descripción
Informar	Le brindan al público objetivo la información necesaria para tomar decisiones, realizar viajes, visitar lugares, trazar rutas, exhibir,... son dinámicos, interactivos, llamativos y se presentan en múltiples escenarios y medios.
Educar	Orientados a entregar información que le brinde al público objetivo la posibilidad de transformarla en conocimiento. Son sobrios, elegantes, cautivadores, serios y esa información se puede validar y evaluar de diversas maneras.
Vender	Presentan datos, información y cifras para que el público objetivo decida, entre un gran número de productos, cuál comprar. Son llamativos, sinceros, pegajosos, no tienen mucho texto, interactivos, animados y se actualizan permanentemente.
Promocionar	Aunque pueden confundirse con los de ventas, estos contenidos se orientan a hacer visible una persona, una ciudad, un país, un sitio natural o una especie, por lo que buscan proteger o simplemente llamar la atención. Son románticos, sonoros, poéticos, animados y tienen permanencia en el tiempo.
Sensibilizar	Mayoritariamente buscan despertar en el público objetivo sensaciones de responsabilidad y sentimiento hacia una situación o hecho, por ejemplo, el aseo, la cultura, el respeto o la ciudadanía. Son sobrios, serios, claros, directos y ágiles, además, tienen una vida útil de medio tiempo.
Evaluar	Cuando se presta un servicio es conveniente conocer la apreciación del público objetivo al respecto, y el fin último de estos contenidos es permitirlo. Son elegantes, directos, no-ambigüos, cortos, sin mucho texto y ágiles.
Opinar	Como los diversos muros en los que las personas plasman sus opiniones, estos contenidos abren la posibilidad que lo hagan más ampliamente. Son serios, tienen edición, no son vulgares, diversos y tienen censura ofensiva.
Comprar	Le brindan al público objetivo un medio para satisfacer sus necesidades específicas, por lo que deben ser llamativos, abiertos, promocionables, interactivos y llegar a una amplia y específica gama de vendedores.
Reunir	Rompen las fronteras geográficas y llaman a la congregación y la congruencia de un público objetivo característico, tales como una familia, una cultura, un movimiento o una creencia. Son elegantes, controlados, responsables, acotados y de cobertura global.

3.3 Características de un buen contenido

Para las empresas, las instituciones e inclusive muchas personas, el contenido es la fuerza impulsora para ser encontradas en un contexto. Por eso es importante tener conciencia de las potencialidades que puede aportar esta herramienta. Pero, ¿qué es un buen contenido? Esta es otra cuestión bastante subjetiva, porque, así como para una persona puede ser la octava maravilla, para otra puede que no tenga ni significado ni importancia. Lo ideal es reconocer a quién está dirigido, es decir, el público objetivo, lo que cada vez es más difícil debido a los niveles de exigencia y de conocimiento de las nuevas generaciones.

La razón por la que algunos contenidos tienen más éxito que otros, es porque son eficaces. Por eso, un buen contenido debe ser convincente, cumplir lo que ofrece, conveniente y eficiente. Esto quiere decir que debe tener un delicado equilibrio para enviar el mensaje correcto a las personas adecuadas, en el momento justo, lo que se logra al establecer credibilidad y autoridad, crear afinidad y, tal vez lo más importante, reducir la resistencia. De ahí la importancia de crear buenos contenidos, pero eso es más fácil decirlo que hacerlo. En la Tabla 6 se describe algunas características que se deben alcanzar si la idea es diseñar y desarrollar buenos contenidos.

Tabla 6. Características de un buen contenido

Características	Descripción
Provoca pensamientos	Un contenido que provoca rangos de pensamiento en los que el producto/servicio agrega valor, proporciona una visión diferente que hace que el público objetivo se pregunte: ¿por qué no pensé en eso? O que exclame: nunca lo observé de esa manera.
Es entretenido	Todo no es acerca de risas, porque también debe motivar al público a observarlo y regresar a él.
Es educador	Un contenido es educativo cuando se convierte en una buena fuente de consulta, en la que el público objetivo encuentra algún tipo de respuesta.
Informa	Un buen contenido no siempre es grandes frases, a veces es mejor mostrarle el camino al público y acompañarlo a recorrerlo, porque puede ser más largo de lo que se piensa.
Es diverso	El contenido puede involucrar texto, datos, imágenes, aplicaciones, música, o vídeo, pero debe ser tan diverso que se pueda publicar en una variedad de lugares de formas ligeramente diferentes.
Es relevante	Antes de empezar a crearlo es una gran idea analizarlo y proyectarlo, porque hay que asegurarse que sea de la más alta calidad y totalmente relevante para el público objetivo.

Es convincente	Debe prometer valor y responder a las necesidades que son de interés inmediato para el público objetivo.
Cumple lo que ofrece	El contenido debe responder al valor prometido, porque de esta forma se evita el efecto negativo de decepcionar al público, pero también aumenta la probabilidad de distribución e incrementa la recomendación entre las comunidades.
Es conveniente	Debe ser proporcionado en el formato más conveniente y apropiado para el público objetivo. Del mismo modo, se debe hacer una distinción entre el contenido diseñado para impresión del que se diseña para ser visto en pantalla.
Es eficiente	La clave es una planificación minuciosa. Una vez que se decidida el tema, los formatos y el equipo de creación, se necesita escribir un plan para alcanzar el mayor grado de eficiencia.
Es directo	Cuando el contenido es demasiado general no solamente pierde la atención del publico objetivo, también se diluye sin ningún impacto significativo.
Es oportuno	Se difunde en el momento justo y atiende y se alinea con las necesidades de público objetivo, de esta manera puede satisfacer inquietudes, contestar preguntas, facilitar objeciones y aumentar su confianza en el contenido.
Es significativo	Cuando el público objetivo se relaciona con el contenido se siente representado en él, y llama su atención la similitud de su situación con las descripciones y ejemplos que presenta.
Es interactivo	Luego de llamar la atención del público objetivo, éste puede interactuar con él y ascender en el conocimiento y objetivos que busca, pero de forma compartida.

3.4 Habilidades de un buen creador de contenidos

Como se mencionó antes, al parecer hoy todo es contenido y todo el mundo cree ser capaz de estructurar, diseñar y comercializar contenidos. Esto ha creado una competencia severa que hace cada vez más difícil lograr renombre en la industria. Pero hay que ser realistas: estructurar, diseñar y crear contenido original, valioso y relevante no es el fuerte de todo el mundo. Teniendo en cuenta que algunas cosas se pueden aprender, mientras que otras son innatas, en la Tabla 7 se describe algunas habilidades que debe poseer un buen creador de contenidos.

Tabla 7. Características de un buen creador de contenidos

Habilidad	Descripción
Es prolífico	Crear contenidos exitosos es más una maratón que una carrera de velocidad, por eso los buenos creadores de contenidos logran el éxito con la publicación de un montón de contenido a través de un largo período de tiempo.
Se focaliza en el público objetivo	Teniendo en cuenta sus necesidades, intereses y deseos en la creación del contenido.
Es innovador	Le aporta valor real al público objetivo, ya sea información, entretenimiento, o educación. Pocas personas encuentran éxito al hacer las cosas igual a como se ha hecho miles de veces antes.
Conoce la industria	Esto significa hacer búsquedas sobre los últimos avances en el campo, las tendencias e intereses entre el público objetivo y el estado de ánimo que prevalece y la actitud de los especialistas de la industria.
Tiene coraje	Necesario para desafiar el *statu quo* mediante el examen de las creencias arraigadas y romperlas cuando sea necesario a través de desafíos y creatividad.
Es calmado	En medio de la adversidad es ágil y tiene la capacidad de aprovechar las experiencias pasadas para permanecer vigente y comprometido ante situaciones de alta presión.
Abierto al aprendizaje	Rompe el legado de pensamiento y abre su mente a nuevas posibilidades, y en lugar de confiar en la muletilla de las mejores prácticas, piensa, experimenta y aplica estrategias prácticas nuevas.
Es atrevido	Tener nuevas experiencias no le garantiza que vaya a aprender de ellas, pero le ayudan a reflexionar sobre cómo ofrecer una visión más profunda, cómo llevarla a cabo, cómo trabajar con los demás y cómo abordar nuevos retos.
Investiga	Realiza una propia investigación seria e intercambia resultados y conocimientos realmente originales, además, tiene capacidad de análisis para interpretar los datos recogidos y comunicarlos de manera eficaz.
Es buen lector-autor	No es suficiente con tener ideas e investigaciones originales, también se esfuerza por perfeccionar sus habilidades de escritura, leer artículos pertinentes, asistir a talleres, evaluar la eficacia de sus publicaciones y solicitar y aceptar comentarios.
Es un pensador crítico	Sabe hacer las preguntas correctas para extraer las mejores ideas y resumir objetivamente lo recolectado.
Es creativo	Sabe mezclar colores, sonidos, imágenes y texto para satisfacer las necesidades del cliente y el público objetivo.
Es ingenioso	Tiene la habilidad de buscar y encontrar las respuestas que necesita para incluir la información en el contenido con ingenio y profesionalismo.
Es un buen contador de historias	Sus narraciones son amenas y acogedoras, son sensibles y convincentes, y mantienen al público objetivo intrigado por lo que seguirá.

4. CONCLUSIONES

El tema de los contenidos ha evolucionado a través de muchas generaciones y épocas, que los han definido y clasificado de diversas maneras, por diferentes autores e investigadores y por la industria y la academia. Algunos argumentan que son el fruto de las primeras formas de comunicación interpersonal posteriores al correo electrónico, mientras que otros únicamente los aceptan como la forma más reciente de interacción en las redes sociales. A pesar de que estos trabajos existen y se divulgan con diferentes argumentos, la literatura científica existente sobre el tema es más bien escasa. Sin embargo, el tema de la percepción de los contenidos se ha estudiado en el mundo académico como en el empresarial, aunque todavía no se ha llegado a una comprensión amplia y aceptada; y cada día se convierte en fuente de muchos debates que lo único que han hecho es generar una amplia cantidad de opiniones, pero sin un núcleo de investigación.

Este estudio trata de evaluar el impacto que el tema de los contenidos tiene sobre un posible acuerdo de definición y clasificación de los mismos, y se ha realizado con enfoque de investigación estructurada para dar respuesta a las preguntas formuladas. Con el fin de añadirle estructura y orientación, se incorpora como un sub-proceso de una investigación más amplia, cuyo objetivo es proponer procesos de estructuración, diseño y evaluación de contenidos. La idea de este sub-proceso fue revisar las propuestas conceptuales y los marcos teóricos relacionados con contenidos en la literatura.

Luego de analizar los diferentes trabajos seleccionados para esta revisión, se puede concluir que todavía hace falta investigación, experimentación y validación antes de llegar a una definición y clasificación de contenidos que sea ampliamente aceptada. La mayoría de lo que se publica son opiniones en sitios a los que les hace falta mayor respaldo y un proceso de investigación y validación que sustente lo que se publica. Aunque se acepta la importancia de los contenidos en la sociedad, tanto para la industria como para la academia, y de acuerdo con los resultados de esta investigación, se puede afirmar que todavía no es posible definirlos ni clasificarlos. En este capítulo se hace aportes en ambos sentidos, pero con soporte de investigación estructurada y soportada.

REFERENCIAS

[1] OADE. (2008). What works? Research into practice. Ontario Association of Deans of Education.

[2] Waldrow J. (2012). Professional training in Software Engineering: A critical need in the United States. Revista Antioqueña de las Ciencias Computacionales y la Ingeniería de Software 2(1), 6-10.

[3] The Rockley Group. (2008). What is intelligent content? Recuperado: http://www.rockley.com/articles/What is Intelligent Content.pdf

[4] Newman N. (2011). Mainstream media and the distribution of news in the age of social discovery. University of Oxford.

[5] Hargittai E. y Walejko G. (2008). The participation divide: Content creation and sharing in the digital age. Information, Communication & Society 11(2), 239-256.

[6] Serna E. y Londoño C. (2015). Los ambientes virtuales de aprendizaje (AVA) y la formación en estadística. Fondo Editorial ITM.

[7] Serna E. (2018). Metodología de Investigación aplicada. En Serna E. (Ed.), Ingeniería – Realidad de una disciplina (pp. 6-33). Editorial Instituto Antioqueño de Investigación.

[8] Warren R. (2003). What is Content Management? ZiaContent.

[9] Correa S. y Jeong T. (2011). Race and online content creation. Information, Communication & Society 14(5), 638-659.

[10] Odden L. (2013). What is Content? Learn from 40+ Definitions. TopRank Marketing. Recuperado: https://www.toprankblog.com/2013/03/what-is-content/

[11] Tacchi J. et al. (2009). Participatory content creation: Voice, communication, and development. Development in Practice 19(4-5), 573-584.

[12] The A Group. (2013). Content Marketing 101. The A Group.
[13] Orbe M. (2008). Representations of race in reality TV: Watch and discuss. Critical Studies in Media Communication 25(4), 345-352.
[14] Eridon M. (2011). How Hubspot does inbound: Creating a content machine. Hubspot.
[15] Bowie A. (2009). You See - This is why I hate the word "content". Recuperado: http://www.adambowie.com/weblog/archive/002833.html
[16] Baskin J. (2010). I Hate the Word "Content". Recuperado: http://www.futurelab.net/blog/2010/05/i-hate-word-content%7d
[17] Stallman R. (2009). Free Software Free Society: Selected essays of Richard M. Stallman. Createspace.
[18] Mower H. (2007). Why I hate the word Content - Because you meant to say product. Recuperado: http://blogs.msdn.com/b/harrymower/archive/2007/11/18/why-i-hate-the-word-content-because-you-meant-to-say-product.aspx
[19] Franks B. (1999). Types of category in the analysis of content. School of Economics and Political Science.
[20] McLuhan M. (1994). Understanding media: The extensions of man. MIT Press.
[21] Lenhart A. et al. (2004). Content Creation Online. Pew Internet and American Life Project. Recuperado: http://pewinternet.org/Reports/2004/Content-Creation-Online/2-Content-Creation-Online/1-The-material-people-contribute-to-the-online-world.aspx
[22] Cedergren M. (2003). Open content and value creation. First Monday 8(8). Recuperado: http://firstmonday.org/ojs/index.php/fm/article/view/1071/991
[23] Goliger S. (2012). A practical guide to Killer marketing content. Hubspot.
[24] McLuhan M. (1987). Letters. Oxford University Press.
[25] Nichols K. (2012). The past, present, and future of content – And what to do about it. Sapient Corporation.
[26] Sverdlov G. (2012). Global social technographics update 2011 - US and EU Mature, emerging markets show lots of. Forrester.
[27] Kolbitsch J. y Maurer H. (2006). The Transformation of the Web: How Emerging communities shape the information we consume. Journal for Universal Computer Science 12(2), 187-213.
[28] De la Rosa F. (2013). Tipos de contenidos. Recuperado: http://www.titonet.com/comunicacion/tipos-de-contenidos.html
[29] Gates B. (1996). Content is king. Recuperado: http://www.sick-site-syndrome.com/articles/content-is-king.shtml
[30] Ruiz A. (2014). ¿Qué tipos de contenidos existen? Recuperado: http://www.postgradomarketingonline.com/blog/marketing-de-contenidos/que-tipos-de-contenidos-existen/),
[31] Núñez V. (2015). Guía con los tipos de contenidos online que tu marca necesita. Recuperado: http://vilmanunez.com/2015/03/11/guia-tipos-contenidos-online/

5

Epistemología del pensamiento abstracto: Un análisis al estado actual de su desarrollo como conocimiento para la educación del siglo XXI

Esta investigación se orientó a encontrar la influencia del pensamiento abstracto en el desarrollo de habilidades profesionales para las exigencias del siglo XXI. Con este propósito, y a partir de un protocolo de búsqueda estructurado, se realizó una revisión de la literatura acerca del tema. Los hallazgos demuestran que los autores e investigadores están preocupados por el nivel de desarrollo del pensamiento abstracto en los estudiantes, pero proponen poco para solucionar la situación. Si bien la relación más importante del pensamiento abstracto se observa en la educación en Ciencias Computacionales e Ingeniería, los resultados y las conclusiones de las investigaciones no son concluyentes y, en un alto porcentaje, no están relacionados. Se concluye que los estudiantes desarrollan un modelo mental menos detallado en el estudio de los sistemas, y que la mayoría no alcanza un alto nivel de abstracción. Esto se debe, entre otras causas, a que los planes de estudios se estructuran siguiendo conceptos de la educación del siglo XIX y a que los modelos de enseñanza no enfatizan en el desarrollo de la capacidad lógico-interpretativa y abstractiva en los estudiantes.

INTRODUCCIÓN

La complejidad del desarrollo del pensamiento abstracto comienza con la dificultad de definir qué es *pensamiento* y qué es *abstracción*. Para precisar el primer término hay que dejar de lado definiciones que no explican absolutamente nada, como que es el acto o el efecto del pensamiento o que es la capacidad de pensar de manera lógica, y buscar algo un poco más razonable, como que *se trata de un proceso mental que se concentra en las ideas y tiene el poder de formular conceptos*. Sin embargo, son definiciones desde la filología que no siempre satisfacen las demandas de educadores, filósofos y neurocientíficos. Jung [1] afirma que el pensamiento es una función psicológica racional que establece relaciones de comportamiento entre contenidos representativos, a través de categorías como verdadero o falso, correcto o incorrecto. Para Jolivet [2], pensar es la capacidad que poseen los seres humanos de conocer el significado de las cosas y las relaciones entre ellas.

De acuerdo con estos autores, se podría afirmar que pensar es la capacidad que posee el ser humano a través de tres operaciones mentales distintas: 1) formación de ideas, 2) juicio sobre las relaciones de conveniencia entre esas ideas, y 3) razonamiento, que establece relaciones entre los juicios para entender el significado de las cosas concretas y abstractas, así como las relaciones que mantienen entre sí.

Por otro lado, el concepto abstracción se puede definir desde las apreciaciones filológicas, que lo tratan como *algo que expresa una cualidad o una característica separada del objeto al que pertenece o está vinculada*, o que es lo que existe en el pensamiento o en la teoría y no en la materia o en la práctica [3]. La importancia de la abstracción en la formación del pensamiento la señalaba Étienne Bonnot de Condillac, cuando afirmó que el proceso abstracto comienza en la fase de la percepción, porque en realidad los sentidos descomponen cada objeto en diferentes componentes [4]. Aproximadamente en la misma época y siguiendo una línea similar, Laromiguiére afirmaba que el cuerpo humano es una máquina de abstracciones.

La abstracción puede ser entendida entonces como un análisis reducido y simplificado del mundo complejo, promoviendo las bases de los pensamientos que permiten tomar decisiones adecuadas, con el objetivo de garantizar la supervivencia como individuos y como especie.

Para la filosofía, la abstracción es un concepto en el que no se toma en cuenta un valor específico, sino cualquiera de todos los posibles valores relacionados con lo que se está tratando. La matemática ejemplifica este caso, porque habitualmente no estudia la realidad real sino modelos que son abstracciones de la misma. Por ejemplo, *cinco* es una idea abstracta, no es una cosa concreta en la realidad real, pero es una abstracción muy útil, porque permite tener la certeza de que representa una cantidad sobre la que es posible adicionar o restar otras cantidades, sin importar si se refieren a personas, casas, frutas o cualquier otra cosa.

Según Berkeley [5], las ideas abstractas no son entidades, es decir, no constituyen ideas que realmente se tienen, sino descripciones incoherentes de ideas que se imagina tener. Para este autor las ideas no poseen una existencia propia, porque siempre necesitan la presencia de algo que las perciba. Esta opinión contradice el pensamiento de Platón de que las ideas abstractas no existen independientemente de la existencia de una mente humana que las perciba, porque no se inician al interior del cerebro, debido a que están afuera en el universo. Randall [6], que en parte está de acuerdo con el filósofo griego, afirma que, dado que la idea abstracta posee existencia propia, hay que imaginarla como una idea de algo específico. La idea en sí misma, aunque obtenida a través de una abstracción, no es inherentemente abstracta, porque en realidad

es una idea particular de algo concreto. Esta concepción, que alcanzó su más alto grado de desarrollo en la especie humana, se convirtió en la fuente de su creatividad e ingenio.

Para comprender adecuadamente el proceso de pensamiento en general, y en particular el abstracto, también son importantes los conceptos presentados por Weinland [7], para quien el pensamiento es una actividad mental de un juicio y la naturaleza de un error que precede a la acción física. Se produce cuando se desconoce el siguiente paso a tomar, porque alguna dificultad interfiere con la acción. En tales casos los juicios imaginarios señalan el camino a una solución, evitando respuestas imprudentes. Su trabajo recuerda al neurofisiólogo Aleksandr Luria [8], cuando afirma que el pensamiento surge solamente cuando el sujeto se enfrenta a una situación para la que no tiene solución previamente construida (innata o habitual). Para Weinland el pensamiento es un acto complejo en el que se puede aislar las percepciones, los conceptos y las generalizaciones, relacionados entre sí por inducción y deducción, y sujetos a la acción de procesos subordinados, tales como la clasificación y la formulación de hipótesis. A partir de estas definiciones se puede concluir que las percepciones tienen un carácter individual y concreto, porque se refieren a la información capturada por los órganos sensoriales y analizada por los centros corticales correspondientes. El autor también señala que, a pesar de que constituyen unidades fundamentales de pensamiento, las percepciones no son las experiencias mentales más elementales de los seres humanos, porque son un compuesto entre sensación y memoria.

Piaget argumentó que los niños desarrollan habilidades de razonamiento abstracto, o de las operaciones formales, como parte de su última etapa de desarrollo, entre los 11 y 16 años. Sin embargo, los inicios del razonamiento abstracto pueden estar presente antes y, frecuentemente, los niños *superdotados* lo desarrollan a una edad más temprana. También se argumenta que este proceso no es una etapa del desarrollo natural, sino que es el producto de la cultura, la experiencia y la educación [9]. A menudo los niños pequeños son incapaces de aplicar razonamiento abstracto complejo, pero con frecuencia reconocen las lecciones subyacentes en las historias, lo que indica un cierto grado de habilidad de este tipo. Muchos autores tienden a explicar estas cuestiones, pero persiste cierto nivel de desacuerdo en cuanto a la forma en que un niño es capaz de entender las cosas a diferentes edades. Esto se debe a que los neurocientíficos todavía están estudiando el desarrollo del cerebro, y es por eso que muchos han delimitado sus investigaciones a grupos específicos de edad.

Pero, ¿qué es un desarrollo normal? Para responder existe un amplio número de diferentes teorías cognitivas, que algunos dividen en dos aspectos básicos: 1) el desarrollo del pensamiento concreto, y 2) el desarrollo del pensamiento abstracto. El primero implica el uso de los sentidos. Los niños nacen científicos y utilizan sus sentidos para entender el mundo que los rodea. La permanencia de los objetos o la capacidad de saber que algo está allí, a pesar de que está escondido, todavía hace parte de la etapa del pensamiento concreto, que los acompaña todo el camino hasta ser adultos. El pensamiento abstracto se inicia mucho más tarde en el desarrollo cognitivo, e implica comprender conceptos abstractos como el tiempo, la muerte, el amor, las costumbres, la empatía o la justicia. La experimentación en este campo demuestra que los niños comienzan el desarrollo en esta etapa alrededor de los cinco o seis años.

Por otro lado, algunos investigadores discuten la importancia del desarrollo del pensamiento lógico en la educación, desde disciplinas como las Ciencias Computacionales [10, 11], sobre todo la inclusión de las matemáticas como tema de discusión. Lethbridge [12] encontró que los desarrolladores profesionales recuerdan poco de las matemáticas recibidas en los planes de estudios. Estos resultados los han utilizados otros investigadores para establecer que los planes

de estudios enfatizan demasiado en las matemáticas, aunque a los profesionales no le serán de mucha utilidad [13, 14] (También revisar Capítulo 9). Henderson [15] los usa como argumentos para no confiar en la opinión de los profesionales, porque hay muy poca investigación sobre los resultados de aprendizaje relacionados con el desarrollo del pensamiento abstracto, luego de estudiar matemáticas. Por eso es que lo ideal sería identificar las habilidades de razonamiento general (no solamente matemáticas) relacionadas con el desempeño profesional en disciplinas como las Ciencias Computacionales. Bennedsen y Caspersen [16] estudiaron la abstracción como indicador de la capacidad de aprendizaje de los estudiantes en Ingeniería, pero no encontraron evidencia de esta relación, y Roberts [17] encontró una correlación positiva entre el desarrollo de la capacidad de abstracción y las calificaciones de los procesos de aprendizaje, pero su observación la realizó con un pequeño número de estudiantes.

En este capítulo se presenta una epistemología del pensamiento abstracto mediante una revisión de la literatura acerca de su desarrollo como conocimiento para la educación del siglo XXI, especialmente en Ciencias Computacionales e Ingeniería.

1. MÉTODO

El método utilizado para el desarrollo de esta revisión de la literatura es el propuesto por Serna [18]. De acuerdo con este autor, para iniciar un proceso de revisión de calidad es necesario crear primero un protocolo de búsqueda que guie todas las actividades:

1. *Definir el área temática*: Educación, pensamiento abstracto y Ciencias Computacionales.

2. *Definir las preguntas de investigación*
   - ¿Cuál es la influencia del pensamiento abstracto en el desarrollo de habilidades profesionales para las exigencias del siglo XXI?
   - ¿Cuál es el nivel del desarrollo del pensamiento abstracto?

3. *Definir el proceso de búsqueda*
   - Términos de búsqueda: Desarrollo del pensamiento abstracto, *development of abstract thinking*, investigación, *research*, experimentación, *experimentation*, Ciencias Computacionales, *Computer Sciences*.
   - Bases de datos: ScienceDirect, IEEExplore, ERIC, ACM Digital library, Social Psychology Network, CRCNS, Philosopher's Index, DOAJ.

4. *Definir los criterios de inclusión y exclusión*
   - Trabajos que relacionen claramente resultados de investigación en el área de interés
   - Estudios publicados dentro de la línea de tiempo definida
   - Estudios en los que se verifica los resultados
   - Investigaciones que expresan claramente su enfoque
   - Estudios cuyo método de investigación es experimental

5. *Definir la valoración de la calidad:* Calidad de la fuente, resultados verificables, nivel de aceptación, experiencia de autor, aplicabilidad, relevancia para el cuerpo del conocimiento.

6. *Definir la recopilación de datos*
   - Tipo de publicación
   - Fuente
   - País

- Año
- Clasificación temática: educación, Ciencias Computacionales, ingeniería, filosofía, neurociencia, neurocognición.
- Enfoque de investigación: cualitativa, cuantitativa, mixta.
- Método de investigación: experimental, teórica.

7. *Definir el análisis de datos*
   - Relacionar el nivel de investigación y de experimentación en el área temática
   - Responder las preguntas de investigación
   - Redactar informe

2. RESULTADOS

2.1 Influencia del pensamiento abstracto en el desarrollo de habilidades profesionales para las exigencias del siglo XXI

Se considera que la capacidad de pensar abstractamente es una habilidad básica para las Ciencias Computacionales [19], pero la dificultad de desarrollarla se manifiesta en que los estudiantes exhiben divergencias para conseguirlo. Las definiciones de la abstracción se centran en dos aspectos: 1) la eliminación de datos innecesarios, y 2) el proceso de generalización de conceptos y la búsqueda de patrones. Huitt y Hummel [20] afirman que se necesita un ambiente especial para que la mayoría de adultos desarrollen esta capacidad, pero no es claro si llegar a esta etapa se logra por una habilidad innata con la que nacen las personas o que desarrollan a través del medio ambiente o el aprendizaje. Piaget [21] representa esta etapa como el uso lógico de símbolos relacionados con conceptos abstractos, una descripción que se podría utilizar para referir una característica clave en la educación del siglo XXI: *la capacidad de producir modelos de los sistemas*.

Además, a los investigadores les ha interesado recopilar evidencias acerca del vínculo entre el desarrollo del pensamiento abstracto y las habilidades computacionales. Por ejemplo, Kramer [22] describe a la abstracción como la habilidad clave en la computación, mientras que Bennedsen y Caspersen [23] y Armoni y Gal [24] tratan de encontrar un vínculo entre el éxito en la educación en programación y el nivel de las habilidades de abstracción, con éxito variable. Conceptualmente, parece existir un vínculo más directo entre el uso lógico de los símbolos relacionados con conceptos abstractos de Piaget y los aspectos de, por ejemplo, las Ciencias Computacionales.

En esta disciplina es importante que la educación desarrolle en los estudiantes habilidades de modelado, en parte debido al surgimiento reciente del principio de desarrollo de software basado en modelos, un proceso en el que los modelos del sistema se generan automáticamente. En el corazón del principio se utiliza los modelos para describir sistemas complejos en diferentes niveles de abstracción y desde diferentes perspectivas [25].

Debido a que el objetivo es generar software automáticamente, la habilidad de crear modelos de buena calidad se vuelve cada vez más importante, por lo que, en el proceso, la abstracción se convierte en concepto fundamental y en una habilidad básica para el desempeño profesional. Acerca de esto, Dijkstra [26] describe a la abstracción como la única herramienta mental mediante la que una pieza muy finita de razonamiento puede cubrir una gran cantidad de casos; Wing [27] se refiere a ella como una de las características que definen el pensamiento computacional y como habilidad básica que debe poseer todo científico computacional; y para Comer et al. [28] es uno de los tres procesos que caracterizan el desempeño profesional en la mayoría de las disciplinas.

Por su parte, Hazzan y Kramer [29] afirman que el desarrollo del pensamiento abstracto en las Ciencias Computacionales y la Ingeniería es un medio cognitivo que, con el fin de superar la complejidad en una etapa específica de una situación de resolución de problemas, permite concentrarse en las características esenciales del tema de pensamiento y pasar por alto detalles irrelevantes. Según estos autores, la abstracción es fundamental para muchos temas en dichas disciplinas y, específicamente, es fundamental para el desarrollo de programas, por lo que una característica esencial de la educación debe ser la de desarrollar el pensamiento abstracto en los estudiantes.

Green [30] propuso un marco cognitivo para la caracterización de los lenguajes de programación, específicamente para las Ciencias Computacionales, en el que se refiere a las propiedades de la abstracción que denominó *dimensiones cognitivas*: 1) abstracción gradiente, que se refiere a sus niveles máximo y mínimo, y a la voluntad o el deseo de aceptar nuevas abstracciones; y 2) muy cercana al mapeo, que se refiere a la distancia entre el dominio del problema y el dominio de la solución. Cuanto más cerrada sea la distancia más fácil debería ser la resolución del problema.

Por todo esto, y debido a su importancia, el desarrollo del pensamiento abstracto debe ser uno de los objetivos de la educación en diversas disciplinas, por lo que los enfoques comunes para enseñar abstracción parecen depender de por lo menos dos premisas: 1) que el pensamiento abstracto se puede desarrollar, lo que significa que se espera que una educación de calidad mejorará o desarrollará las habilidades de abstracción de los estudiantes [31], y 2) el aprendizaje estructurado, que se basa en las ideas de Bruner [32] y en el concepto de zona de desarrollo próximo de Vygotsky [33]. Básicamente, esto significa que la educación y el ambiente de aprendizaje deben adaptarse a las necesidades, expectativas y conocimientos de los estudiantes, y mantener un desarrollo gradual de sus habilidades hasta que sean profesionales.

De una forma u otra hay una tendencia de investigación que sostiene que el pensamiento abstracto es difícil de desarrollar, y Hazzan y Kramer [29] lo atribuyen al hecho de que la abstracción es una idea conceptual volátil, que nunca se aplica por fuera de contexto, pero que se utiliza cuando el foco de la actividad es otro tema. Koppelman y van Dijk [34] culpan de esto a la brecha entre la realidad real, la resolución de problemas basada en lenguaje natural y la resolución de problemas abstractos, porque se guía por los mecanismos de abstracción de lenguajes específicos. Estos investigadores llegaron a la conclusión de que la abstracción se debe enseñar desde el principio en muchos contextos y de forma explícita. Esta recomendación puede parecer obvia, pero en realidad no siempre se respeta.

Sivilotti y Lang [35] declararon que, debido a que la abstracción es un tema común, los educadores y los estudiantes la pueden utilizar casualmente sin llamar la atención explícita sobre el asunto. Su trabajo consistió en estructurar el pensamiento abstracto en el marco del enfoque de *objetos primero*, aunque mencionan que las implementaciones podrían causar que los estudiantes mezclen estados abstractos y concretos. Para superarlo sugirieron un enfoque denominado *componentes primero*, que se centra en la separación de requerimientos en cada problema a solucionar.

En otros estudios se afirma que la abstracción orientada a objetos es un tema complicado para los estudiantes, por ejemplo, Sprague y Schahczenski [36] afirman que la Programación Orientada por Objetos POO requiere un mayor nivel de abstracción que la procedimental. Lo que coincide con los hallazgos de Haberman [37] de que los profesionales novatos se sienten más cómodos con la abstracción procedimental, cuando el concepto se enseña explícitamente. Siempre en el marco de los procedimientos, Haberman y Kolikant [38] estudiaron cómo utilizar un enfoque

basado en caja negra para introducir conceptos básicos de abstracción para principiantes. Obviamente la esencia del concepto de caja negra es la abstracción.

Para Armoni y Gal [39] la abstracción ha sido el centro de muchas investigaciones en educación matemática y, en cierta medida, en la enseñanza de las Ciencias Computacionales, donde es importante reducir el patrón de complejidad de los problemas. Su estudio examina el pensamiento reduccionista entre estudiantes universitarios, y los resultados demuestran que las soluciones que presentan se ven obstaculizadas por las dificultades en el desarrollo de un sólido pensamiento abstracto. Para estos autores la abstracción es un patrón de pensamiento fundamental que debería hacer parte de la educación en cualquier disciplina. Sus hallazgos motivan ampliar la investigación en la academia acerca de las percepciones de las nociones abstractas en los diferentes niveles de la educación. Este trabajo experimental se centró en estudiar cómo los estudiantes reducen los detalles ante un modelo determinado, e indican que en esta área el nivel del pensamiento reduccionista es insatisfactorio ante cualquier problema.

Si bien la abstracción se reconoce como concepto clave en diversas disciplinas [29], no es claro cómo desarrollar el pensamiento abstracto en los estudiantes. Estos investigadores discuten el papel de la abstracción en los planes de estudios del siglo XXI y los desafíos que le plantea a la educación. Concluyen que parte de las dificultades que encuentran los estudiantes es que la abstracción es, en sí misma, un concepto abstracto, por lo tanto, es poco probable que se comprenda simplemente con conferencias sobre el tema. Para lograr un progreso adecuado primero se debe ver, comprender y experimentar el beneficio de su uso, y solamente entonces se podrá discutir y calificar el concepto.

Existe un acuerdo muy generalizado en que la abstracción es un tema central de la educación y que es un medio cognitivo para superar la complejidad de los problemas del siglo XXI, por lo que se recomienda que los profesionales deben desarrollar habilidades de pensamiento abstracto para concentrarse en las características esenciales del problema e ignorar los detalles irrelevantes. De esta forma la resolución de problemas complejos se orientará a pensar en términos de ideas conceptuales, en lugar de sus detalles. Liskov y Guttag [40] describen la abstracción como una descomposición productiva del problema, al cambiar el nivel de detalle para solucionarlo. La decisión en cuanto a qué es esencial y qué es irrelevante depende de la finalidad de la abstracción [41].

Hazzan y Tomayko [42] discuten la abstracción como un medio para superar la complejidad de los problemas actuales y proponen maneras diferentes en las que se puede expresar. Además, describen la integración de la reflexión y la abstracción en cursos orientados al desarrollo del pensamiento abstracto. Concluyen que la abstracción, como característica fundamental de la educación del siglo XXI, requiere más estudios, específicamente orientados a encontrar los fundamentos teóricos relacionados con los modelos y la teoría de la complejidad, porque muchos de los patrones de pensamiento, que caracterizan el proceso de aprendizaje de estos temas, son comunes a los de la mayoría de disciplinas.

Mishali et al. [43] opinan que el pensamiento abstracto es una herramienta cognitiva necesaria en toda disciplina donde el profesional debe ser consciente de su existencia y de su aplicabilidad. En este estudio, a pesar de que registra eventos de actividad para el pensamiento abstracto, los participantes no hacen un uso adecuado en este tipo de reflexión. Para los autores es importante la interacción entre la realidad real y el pensamiento abstracto, porque los profesionales tienen que explicar sus intenciones en lugar de simplemente escribirlas, un proceso que requiere abstracción y auto-reflexión. Concluyen que la conciencia de los participantes con respecto al

papel del pensamiento abstracto durante las actividades profesionales reales es baja, por lo que recomiendan una serie de reglas que permitirían mejorar su conocimiento. Bennedsen y Caspersen [23] realizan un estudio para confirmar la hipótesis de que, en general, la capacidad de abstracción tiene un impacto positivo en el rendimiento profesional, pero no encontraron una correlación entre el desarrollo de esta capacidad y el rendimiento general en la educación.

Park y Hyun [44] encontraron que en los problemas sencillos la capacidad de pensamiento abstracto no tiene ninguna discriminación para los estudiantes, sin embargo, en los problemas complejos el alto nivel de capacidad de abstracción juega un papel importante para encontrar una solución. Para estos autores existe una relación directa entre el desarrollo del pensamiento abstracto y el nivel de dificultad del problema, lo que significa que los estudiantes entienden y predicen bien cuando aplican un alto nivel de conocimiento en cada escenario al que se enfrentan. Alexandron et al. [45] examinaron cómo trabajan los estudiantes en escenarios orientados a objetos, y analizaron cualitativamente el uso de la abstracción a través de las diferencias entre estos paradigmas. Los resultados indican que cuando utilizan los primeros piensan en un nivel más alto de abstracción, lo cual se explica porque la naturaleza declarativa e incremental de los problemas de este tipo facilita la separación de detalles, y les permite trabajar con un modelo mental menos detallado del sistema que analizan.

En la experimentación de Darwish [46], la proporción de la muestra de estudiantes que desarrollan el pensamiento abstracto no supera el 67% en el cuarto año, y el 42% en el primer año de una carrera en Ciencias Computacionales. El porcentaje de estudiantes que desarrolla un nivel de pensamiento concreto es de 60% en primer año y menos del 33% en el cuarto año. Esta falencia no les permite presentar soluciones ajustadas para resolver problemas sencillos o complejos, y se confirma que el pensamiento abstracto es necesario para la comprensión de muchos conceptos científicos y matemáticos significativos. Los estudiantes de este experimento avanzaron en los cursos sin desarrollar plenamente sus capacidades cognitivas, porque tal vez no interactúan con un nivel de exigencia superior, sin embargo, los aprueban. Para los autores esto refleja que la naturaleza de algunos *exámenes* universitarios tiene una dependencia altamente memorística, lo que no exige un desarrollo adecuado del pensamiento abstracto.

Serna [47] afirma que algunos enfoques pedagógicos buscan equivalencias, aunque con única métrica de aprendizaje orientada medir la capacidad que tienen los estudiantes para memorizar la información concreta. Para este autor, algunos investigadores utilizan estudios de casos cercanos a la vida cotidiana, porque de esta forma el estudiante desarrolla: 1) capacidad lógica para comprenderlos, y 2) capacidad abstractiva para modelarlos. Por otro lado, el contexto en el que se forma un ingeniero es un agente importante para lograr la transferencia de conocimiento y, si el objetivo es ofrecerle a la sociedad profesionales que generen confianza, lo recomendable sería modificar los procesos formativos.

Aunque hasta el momento no es posible responder si el desarrollo de la capacidad lógico-interpretativa y abstractiva es una cuestión genética o se logra a través de procesos formativos, para este autor los modelos de enseñanza, los planes de estudios y los programas actuales no están estructurados integralmente para desarrollarla, por lo que se necesita cambios importantes en cada uno. Teniendo en cuenta esto, Serna [48] recomienda atender y estructurar soluciones formativas de acuerdo con las necesidades, las motivaciones formativas y los diferentes ritmos de aprendizaje que se desarrolla en los ambientes de aprendizaje. Para esto se necesita procesos e iniciativas que permitan desarrollar o potencializar la capacidad lógico-interpretativa y abstractiva, de tal forma que se pueda adaptar y utilizar de acuerdo con las exigencias y necesidades individuales de los estudiantes, y en concordancia con las demandas de la educación del siglo XXI.

2.2 Desarrollo del pensamiento abstracto

El pensamiento abstracto es la capacidad de pensar acerca de los objetos, principios e ideas no-físicos. Se relaciona con el pensamiento simbólico que utiliza la sustitución de un símbolo para un objeto o idea. Una amplia variedad de comportamientos cotidianos constituye pensamiento abstracto, tales como el uso de metáforas y analogías, comprender las relaciones entre las ideas verbales y no-verbales, el razonamiento espacial y la manipulación y la rotación mental de objetos. También lo hace el razonamiento complejo, el pensamiento crítico, el método científico y otros enfoques para razonar a través problemas.

Así que el desarrollo del pensamiento abstracto tiene una fuerte relación con la inteligencia, por lo que la mayoría de pruebas relacionadas lo incluyen como componente. Habilidades como la rotación mental de un objeto, las matemáticas, el uso de lenguaje de alto nivel y la aplicación de conceptos a la particularización requieren habilidades de pensamiento abstracto [49]. Además, algunos problemas de aprendizaje pueden inhibir el desarrollo de estas habilidades, por lo que las personas con una discapacidad intelectual severa pueden no desarrollarlas, y tienen que asumir literalmente conceptos abstractos como metáforas y analogías. Esta relación entre la habilidad del pensamiento abstracto con el coeficiente intelectual es el tipo de cosas que separa a los matemáticos, a los físicos y a los profesionales de gran talento del resto de la sociedad.

Bertrand Russell [50] afirma que la inteligencia es una función de generalidad y que la curiosidad acerca de las proposiciones generales muestra un mayor nivel de inteligencia que la curiosidad sobre hechos particulares. Es decir, que cuanto mayor sea el orden de generalidad, mayor es la inteligencia involucrada. Aunque se trata de una posición extrema, en la era de la ciencia pre-cognitiva los filósofos y neurólogos asumieron que existía una estrecha relación entre el poder intelectual y la abstracción. El pensamiento abstracto se consideró el mayor logro del intelecto humano y su herramienta más poderosa. Este punto de vista contrastaba con el espíritu de la época posterior, porque tanto el análisis descriptivo de experiencias [51], las observaciones de campo de la cognición distribuida socialmente [52] y el laboratorio de experimentos sobre transferencia [53], parecen coincidir en que la cognición de alto nivel depende del conocimiento de dominio específico y particular.

Para Lenat y Feigenbaum [54], la capacidad de realizar una tarea determinada reside en cuánto se sabe acerca de ella, no en principios generales o en cualquier capacidad para el pensamiento abstracto. De acuerdo con este punto de vista los fenómenos cognitivos sobre los que recae la mayor parte de la investigación incluyen el razonamiento analógico [55], el aprendizaje [56], el razonamiento basado en casos [57], la narrativa constructiva [32] y la cognición situada [58].

Estos fenómenos hacen hincapié en el uso de la información episódica y concreta y, aparentemente, no tienen relación con los principios generales que asumieron los estudiosos de la generación de Bertrand Russell acerca del pensamiento de orden superior. Sin embargo, el énfasis en lo particular y lo específico, lo concreto y lo episódico, lo práctico y lo narrativo es paradójico: la observación de que la experiencia reside en el conocimiento del dominio específico no es en sí misma una parte del conocimiento de ese dominio, pero sí un principio general e independiente del mismo. Asimismo, las teorías del pensamiento analógico no son ellas mismas analógicas, aunque están formuladas en términos de ideas abstractas, tales como el principio de Gentner [59]. La hipótesis de que las personas aprenden a través de aprendizaje también es un principio abstracto, del tipo que la teoría de la cognición situada [58] niega como esencial para el pensamiento de orden superior.

En la investigación sobre transferencia mediante formación [53] el conflicto entre el medio y el mensaje es aún más agudo. Para entender la literatura sobre transferencia hay que compartir con los autores de los principios abstractos y descontextualizados de diseño experimental y la inferencia estadística, que soportan las conclusiones extraídas de los experimentos. El principal soporte de la afirmación de que la transferencia es *rara*, es el hecho de que los procedimientos experimentales y los resultados se transfieren a través de dominios.

Es decir, el discurso cognoscitivo acerca de la analogía, el aprendizaje, el razonamiento basado en casos, la experiencia, las narrativas, la transferencia, la cognición situada, la adquisición de habilidades y sus cuestiones conexas son incomprensibles, a menos que se asuma que los propios investigadores están comprometidos en el proceso de la teorización abstracta que enfatiza o niega este discurso. Esta observación conduce a intentar una re-evaluación del papel de generalidad en la cognición humana [60]; otras razones las propusieron Perkins y Salomon [61] y Smith et al. [62]. Pero en la investigación que aquí se presenta no se pudo determinar qué tan obvio es poder decidir en qué dirección se debería llevar una re-evaluación, porque no es útil para reafirmar la visión tradicional de la generalidad; mientras que la especificidad de la experiencia, el poder del razonamiento analógico y la transferencia débil son fenómenos reales, y se tienen que tener en cuenta en cualquier teoría cognitiva de orden superior.

Debido a las generalizaciones que surgen a partir de sus instancias, la visión clásica sostiene que esta es epistemológicamente más básica que la anterior. La pretensión de muchos es que, con el objetivo de reconocer un objeto como una instancia de una abstracción, el conocedor debe poseer esa abstracción. Asumiendo la terminología de Hayek [63], lo abstracto para las personas tiene primacía sobre lo concreto, lo cual resulta de la relación entre similitud y generalidad que tienen en su cabeza. En la vista clásica la similitud es una categoría epistemológica primitiva y las similitudes entre dos datos son la base para crear una generalización. En contraste, en este siglo se sugiere que la experiencia particular de las personas es precisamente similar en la medida en que, y a causa de que, las indicaciones son reconocidas como instancias de la misma abstracción. Cuando una persona dice que dos cosas son similares, no significa que tienen la misma descripción, sino que se ajustan a una descripción (abstractamente) definida.

La aplicación de conocimientos de orden superior pasa de lo abstracto a lo concreto, lo que se conoce como la articulación de las abstracciones [64-66]. En el caso de una categoría perceptual el proceso de articulación se da tan rápido y sin esfuerzo que se puede creer que es computacionalmente simple. La tarea central en el desarrollo de un concepto de abstracción no-inductivo es proporcionar una explicación alternativa de cómo se crean las abstracciones. Lo importante de este rompecabezas es la observación de que las ideas profundas son complejas, en el sentido de que tienen otras ideas como partes. Por ejemplo, considere la idea del equilibrio dinámico. Abstractamente es un estado en el que se compensan entre sí múltiples cambios paralelos en un único nivel de descripción, de tal manera que el sistema parece estable o estacionario en un nivel superior de descripción. De acuerdo con esto la idea del equilibrio dinámico consiste en, por lo menos, una idea de simultaneidad, una idea de compensación y una idea de los distintos niveles de descripción.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con base en los beneficios que representa desarrollar el pensamiento abstracto para el desempeño profesional en el siglo XXI, muchos investigadores se centran en describir cuidadosamente lo que debe hacer la educación o el uso que le deberían dar los estudiantes. Pero para ayudarles a que se familiaricen con la idea y con su relevancia y contribución a las exigencias

del Nuevo Orden Mundial, es necesario utilizar problemas que supongan, por lo menos, una tarea que requiera aplicarlo. Después de que lo logren, los estudiantes deben participar en procesos de reflexión para ayudarles a incrementar su conocimiento desde situaciones generales y particulares. Esto les permite reconocer, mediante observación, que trabajar con diferentes niveles de abstracción puede mejorar y potencializar su desempeño profesional.

Este debate también se puede ver como una instancia de una cuestión más general, en el sentido de si la abstracción debe hacer parte de los planes de estudios desde el comienzo o al final de la formación de los estudiantes. De acuerdo con los resultados de esta revisión parece que el enfoque común es que debe estar en los primeros niveles, sin embargo, esto puede traer dificultades en el uso de abstracciones de alto nivel. Por otra parte, algunos planes de estudios hacen hincapié en el uso de abstracciones de alto nivel en las primeras etapas, y existe autores que enfatizan en su uso como parte del modelo de enseñanza. Sin embargo, otros manifiestan dificultades importantes en el aprendizaje de este tipo de metodologías, como las que se derivan del hecho de que el sistema subyacente no es claro para los estudiantes de los primeros niveles.

Desarrollar el pensamiento abstracto de esta forma también requiere pensamiento metacognitivo y reflexivo. Entre otras cosas, la metacognición se refiere a los procesos de gestión, como la asignación de recursos cognitivos, los procesos de auto-verificación, las actitudes, etc. La contribución de este componente para el desarrollo o potencialización del pensamiento abstracto se destaca en algunos de los trabajos analizados, los cuales hacen hincapié, entre otras cosas, en la importancia de que los estudiantes sean capaces de controlar el proceso de pensamiento, con el fin de centrar su atención en la tarea a realizar y pasar por alto los detalles innecesarios.

El pensamiento abstracto se puede desarrollar a partir de estímulos externos captados por los órganos sensoriales, desde recuerdos evocados o a partir de mensajes entrantes ocultos en las profundidades de la mente y sin ningún rastro de una memoria consciente. Es como si hubiera acabado de aparecer de la nada. Sin embargo, independiente del origen del estímulo que desencadena, ese proceso mental representa ideas o sentimientos sin forma, tamaño o color, tales como amor, pasión, odio (abstracciones límbicas), sentido ético y moral o planificación de acciones futuras (abstracciones neocorticales). Además, la capacidad de la mente para seleccionar una ruta nueva o una forma nueva de llegar a un determinado objetivo tiene que ver con el pensamiento abstracto. A veces, al igual que con la concepción espacial de algo, adquiere un carácter tridimensional. Esto permite que en el proceso mental se desarrolle un tipo más definido de creatividad, en otras palabras, un tipo que, a partir de la asociación inteligente de ideas abstractas, construye un pensamiento tridimensional que permite la concepción y, eventualmente, la construcción de nuevos objetos concretas.

Mientras que el pensamiento concreto se limita a lo que está delante, aquí y ahora, el pensamiento abstracto permite conceptualizar o generalizar, entendiendo que cada concepto puede tener varios significados. Esto permite ver patrones más allá de lo obvio para utilizar una variedad de ideas o pistas concretas para resolver problemas complejos. El pensamiento abstracto es importante para las personas, porque les ayuda a resolver problemas de maneras más creativas y tiene una tendencia a permitir que piensen por fuera de la caja negra, además de una rica comprensión conceptual. Carl Jung [1] define algunos tipos de personalidad relacionadas, tales como tener habilidad para sentir abstractamente, intuir o percibir, que se desarrollan de forma paralela a la capacidad de pensar.

En poblaciones humanas *normales* las personas exhiben una gama de capacidades de pensamiento abstracto que clarifican cómo se desarrolla en los seres humanos. La mayoría de los

niños más pequeños no puede pensar en términos abstractos y no todas las personas desarrollan estas fortalezas; inclusive, algunas que, previamente las habían desarrollado, pueden llegar a perderlas. Otras con ciertas discapacidades de aprendizaje y algunos tipos de retraso mental pueden tener grandes dificultades para conceptualizar más allá de cierto punto, o tienen problemas con palabras que representan ideas en lugar de cosas. Las lesiones cerebrales, sobre todo en el lóbulo frontal, afectan la capacidad para pensar en abstracto, lo que puede causar dificultades cuando hay que tomar decisiones conceptuales, hacer juicios morales o resolver problemas complejos. En términos generales, existe un rango normal de desarrollo de estas capacidades, y algunas personas pueden lograrlo en mayor escala que otras, pero esto no predice menos éxito en la vida, aunque ciertos niveles de déficit pueden indicar algunos problemas de aprendizaje y desarrollo profesional.

En esta investigación no se encontraron líneas de demarcación claras entre las distintas operaciones que involucra el desarrollo y la aplicación del pensamiento abstracto. El problema de la consecución de hábitos correctos de reflexión fue mucho más difícil de lo que se pensaba al iniciar la búsqueda, porque los investigadores presentan diferentes pensamientos acerca de este tema y los mezclan insensiblemente. Muchos consideran solamente los casos más extremos con el objetivo de obtener un campo claramente definido para su trabajo, mientras que otros revierten este proceso. Otros consideran casos rudimentarios de pensamiento a los que extienden un cuidadoso examen a la evidencia, pero como un flujo irresponsable de fantasías. Estas situaciones no pueden siquiera llamarse pensamientos. El pensamiento abstracto debe ser algo más que una simple situación en la que una persona busca en una nube la representación de una figura humana o un rostro. Pensar en abstracto implica un hecho observado o percibido, seguido por otra cosa que no se observa, sino que trajo a la mente, sugerida por lo visto.

Todo esto genera el interrogante de si la educación de este siglo está preparada para desarrollar la capacidad lógico-interpretativa y abstractiva en los estudiantes. Porque los problemas actuales y los que se avecinan les van a exigir a los profesionales capacidad de pensamiento abstracto de alto nivel para solucionarlos. El sistema de educación debería iniciar procesos de innovación orientados a diseñar planes de estudios, contenidos y modelos de enseñanza más acordes con las capacidades, expectativas y conocimientos de los estudiantes. Pero, especialmente, pensando en la calidad de profesionales que deberán enfrentar las situaciones del Nuevo Orden Mundial.

4. CONCLUSIONES

En este estudio se analiza la influencia del pensamiento abstracto en el desarrollo de habilidades profesionales para las exigencias del siglo XXI y algunos patrones del desarrollo del pensamiento abstracto. Los resultados demuestran que los estudiantes desarrollan un modelo mental menos detallado de los sistemas que analizan, y que un amplio porcentaje no alcanza un adecuado nivel de abstracción de los mismos. Esto se debe a una carga cognitiva dispersa y a que muchos no desarrollan la capacidad lógico-interpretativa y abstractiva.

En la educación en Ciencias Computacionales e Ingeniería se han desarrollado heurísticas para superar la complejidad cognitiva, reconocidas en el desarrollo del pensamiento abstracto, que han sido objeto de discusión explícita en la literatura relacionada y se han convertido en una parte integral de ambas disciplinas. La mayoría se centra en la resolución de problemas complejos, en los que, además de los procesos de abstracción general, los profesionales deben pensar en términos y moverse a través de los diferentes niveles de abstracción. Obviamente, existe otros niveles entre ellos, sin embargo, la abstracción es un proceso cognitivo no-trivial y su desarrollo y aplicación representa un gran desafío [67]. En todo caso, la función y el papel inherente del

desarrollo del pensamiento abstracto en las diferentes disciplinas, se debe orientar a crear en los estudiantes conciencia acerca de los beneficios que pueden obtener mediante el uso de este enfoque, y de adoptarlo como un modo de pensamiento para desempeñarse en este siglo. También debe explicar por qué se opta por la abstracción como un motivo central para comprender los aspectos humanos en la resolución de problemas. La abstracción se puede expresar de diferentes maneras orientadas a superar la complejidad cognitiva y a ignorar los detalles irrelevantes en etapas específicas de la resolución de problemas. Con base en estas premisas Hazzan y Tomayko [42] identificaron tres formas en las que se puede desarrollar el pensamiento abstracto:

1. Observar qué tiene en común un grupo de objetos y capturar esa esencia en un concepto abstracto. En este caso, la abstracción permite observar eso que les es común y hacer caso omiso de las diferencias irrelevantes. Estas características se pueden capturar mediante conceptos matemáticos, realidad virtual, y así sucesivamente. En este sentido, los mapas de la abstracción tendrán una relación de muchos a uno. Los patrones de diseño son un ejemplo de la expresión de esta abstracción en el contexto de la Ingeniería [68].

2. Seleccionar el nivel de abstracción adecuado del lenguaje para describir una solución específica. Este nivel no debe basarse solamente en las herramientas proporcionadas por el lenguaje natural. En este caso, la abstracción les ayuda a los profesionales a pensar en cada problema en términos conceptuales apropiados, y no en términos de un lenguaje en particular. Si los profesionales no utilizan estas abstracciones se verán obligados a profundizar en detalles irrelevantes demasiado temprano en la comprensión del sistema, y de esta forma el lenguaje toma el control del proceso. Entonces, la abstracción debe ser el puente entre el lenguaje natural y la abstracción del sistema.

3. Aplicar la abstracción para describir objetos por sus características y no por la forma en que se construyen o utilizan. En este sentido, Hoare [69] explica que una descripción abstracta especifica las propiedades del comportamiento deseado del sistema, sin describir en detalle cómo se logra. Esta idea se puede expresar, por ejemplo, escribiendo una serie de instrucciones para manipular diferentes tipos de objetos constitutivos con menores niveles de abstracción, con los que se especifica las diferentes maneras en que trabajan en el sistema.

Definitivamente se necesita mayor investigación acerca de cómo desarrollar el pensamiento abstracto, porque la comprensión del mundo real complejo en el que vive la sociedad actual así lo amerita. Además, porque los problemas complejos necesitan soluciones transdisciplinares y multidimensionales, que un pensamiento concreto difícilmente permitirá. Por lo tanto, la educación deberá pensar más en este tema, dado que su objetivo es formar y capacitar hoy a los profesionales que resolverán los problemas en la Nueva Era.

REFERENCIAS

[1] Jung C. (1960). Tipos psicológicos. Ed. Sudamericana.

[2] Jolivet R. (1986). Curso de filosofía. Editora Agir.

[3] Waldrow J. (2012). Professional training in Software Engineering: A critical need in the United States. Revista Antioqueña de las Ciencias Computacionales y la Ingeniería de Software 2(1), 6-10.

[4] Cuvillier A. (1950). Manuel de philosophie. Tome I. Armand Colin.

[5] Berkeley G. (1962). Principles of human knowledge. En Warnock P. (Ed.), A treatise concerning the principles of human knowledge. La Salle.

[6] Randall A. (1996). The rejection of abstract ideas in the metaphysics of George Berkeley. Recuperado: http://www.allanrandall.ca/Berkeley.html

[7] Weinland J. (1984). How to think straight. Rowman & Allanheld Publ.
[8] Luria A. (1973). The working brain. Basic Books.
[9] Harwood et al. (2008). Child psychology: Development in a changing society. John Wiley & Sons.
[10] Henderson P. (2011). Math counts: Mathematical reasoning in computing education. ACM Inroads 1(3), 22-23.
[11] Henderson, P. (2011). Mathematical reasoning in computing education II. ACM Inroads 2(1), 23-24.
[12] Lethbridge T. (2000). What knowledge is important to a software professional? Computer 33(5), 44-50.
[13] Serna E. (2015). Ingeniería y matemáticas: Realidad de una relación histórica. En III Encuentro Internacional de Ciencias Básicas. Pereira, Colombia.
[14] Serna E. (2017). Actualidad y aceptación de las prácticas y las didácticas en la enseñanza de las matemáticas en ingeniería. En Serna E. (Ed.), Desarrollo e Innovación en Ingeniería. Editorial Instituto Antioqueño de Investigación.
[15] Henderson P. (2003). Mathematical reasoning in software engineering education. Comm. of ACM 46(9), 45-50.
[16] Bennedsen J. y Caspersen M. (2006). Abstraction ability as an indicator of success for learning object-oriented programming? SIGCSE Bulletin 38(2), 39-43.
[17] Roberts P. (2009). Abstract thinking: A predictor of modelling ability? En 12th International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems: Educators' Symposium. Denver, USA.
[18] Serna E. (2018). Metodología de Investigación aplicada. En Serna E. (Ed.), Ingeniería – Realidad de una disciplina. Editorial Instituto Antioqueño de Investigación.
[19] Serna E. (2011). Abstraction as a critical component in Computer Science training. Revista Avances en Sistemas e Informática 8(3), 79-83.
[20] Huitt W. y Hummel J. (2003). Piaget's theory of cognitive development. Educational Psychology Interactive. Valdosta State University.
[21] Piaget J. (1972). The psychology of the child. Basic Books.
[22] Kramer J. (2007). Is abstraction the key to computing? Communications of the ACM 50(4), 36-42.
[23] Bennedsen J. y Caspersen M. (2008). Abstraction ability as an indicator of success for learning computing science? En Fourth international Workshop on Computing Education Research. Sydney, Australia.
[24] Armoni M. y Gal J. (2006). Reduction – An abstract thinking pattern: The case of the computational models course. En 37th SIGCSE technical symposium on Computer science education. Houston, USA.
[25] France R. y Rumpe B. (2007). Model-driven development of complex software: A research roadmap. En 2007 Future of Software Engineering. Minneapolis, USA.
[26] Dijkstra E.W. (1972). The humble programmer. Communications of the ACM 15(10), 859-866.
[27] Wing J. (2006). Computational thinking. Communications of the ACM 49(3), 33-35.
[28] Comer D. et al. (1998). Computing as a discipline. Communications of the ACM 32(1), 9-23.
[29] Hazzan O. y Kramer J. (2007). Abstraction in Computer Science & Software Engineering: A Pedagogical Perspective. System Design Frontier Exclusive Frontier Coverage on System Designs 4(1), 6-14.
[30] Green T. (1989). Cognitive dimensions of notations. People and Computers V, 443-460.
[31] Serna E. y Zapata L. (2014). Approach to logic and abstraction in the engineering training. Revista Internacional de Educación y Aprendizaje 2(1), 35-47.
[32] Bruner J. (1977). The process of education. Harvard University Press.
[33] Vygotsky L. y Cole M. (1978). Mind in society: The development of higher psychological processes. Harvard University Press.
[34] Koppelman H. y van Dijk B. (2010). Teaching abstraction in introductory courses. En Fifteenth annual conference on Innovation and technology in computer science education. Ankara, Turkey.
[35] Sivilotti P. y Lang M. (2010). Interfaces first (and foremost) with java. En 41st ACM technical symposium on Computer science education. Milwaukee, USA.
[36] Sprague P. y Schahczenski C. (2002). Abstraction the key to CS1. Journal of Computing Sciences in Colleges 17(3), 211-218.
[37] Haberman B. (2004). High-school students' attitudes regarding procedural abstraction. Education and Information Technologies 9(2), 131-145.
[38] Haberman B. y Kolikant B. (2001). Activating "black boxes" instead of opening "zippers" - A method of teaching novices basic CS concepts. SIGCSE Bulletin 33(3), 41-44.
[39] Armoni M. y Gal J. (2007). Non-determinism: An abstract concept in computer science studies. Computer Science Education 17(4), 243-262.
[40] Liskov B. y Guttag J. (1986). Abstraction and specification in program development. MIT-Press.
[41] Liskov B. y Guttag J. (2001). Program development in Java – Abstraction, specification, and Object-Oriented Design. Addison-Wesley.
[42] Hazzan O. y Tomayko J. (2005). Reflection and abstraction in learning software engineering's human aspects. Computer 38(6), 39-45.
[43] Mishali O. et al. (2008). Towards IDE support for abstract thinking. En 2nd international workshop on the role of abstraction in software engineering. Leipzig, Germany.

[44] Park C. y Hyun J. (2014). Effects of abstract thinking and familiarity with programming languages on computer programming ability in high schools. En International Conference of Teaching, Assessment and Learning. Wellingon, New Zealand.
[45] Alexandron G. et al. (2014). Scenario-Based programming: Reducing the cognitive load, fostering abstract thinking. En 36th International Conference on Software Engineering. Hyderabad, India.
[46] Darwish A. (2014). The abstract thinking levels of the science-education students in Gaza universities. Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching 15(2), Article 1.
[47] Serna E. (2019). Educación para un nuevo orden mundial: Retos de un escenario emergente para la formación y la capacitación de una nueva categoría de estudiantes. Editorial Instituto Antioqueño de Investigación.
[48] Serna E. (2015). Por qué falla el sistema de educación. Editorial Instituto Antioqueño de Investigación.
[49] Ylvisaker M. et al. (2006). Tutorial: Concrete vs. abstract thinking. Recuperado: http://www.projectlearnet.org/tutorials/concrete_vs_abstract_thinking.html
[50] Russell B. (1926). Education and the good life. Boni & Liveright.
[51] Ericsson K. et al. (1993). The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. Psychological Review 100(3), 363-406.
[52] Moll L. et al. (1993). Living knowledge: The social distribution of cultural resources for thinking. En Salomon G. (Ed.), Distributed cognitions. Cambridge University Press.
[53] Detterman D. y Sternberg R. (1993). Transfer on trial. Ablex.
[54] Lenat D. y Feigenbaum E. (1991). On the thresholds of knowledge. Artificial Intelligence 47(1-3), 185-250.
[55] Holyoak K. y Thagard P. (1995). Mental leaps. Cambridge University Press.
[56] Clancey W. (1992). Representations of knowing: In defense of cognitive apprenticeship. Journal of Artificial Intelligence in Education 3(2), 139-168.
[57] Leake D. (1996). Cuse-based reasoning. MIT Press.
[58] Lave J. y Wenger E. (1991). Situated learning. Cambridge University Press.
[59] Gentner D. (1983). Structure-mapping: A theoretical framework. Cognitive Science 7(2), 155-170.
[60] Ohlsson S. (1998). Spearman's g=Anderson's ACT? Reflections on the locus of generality in human cognition. Journal of the Learning Sciences 7(1), 135-145.
[61] Perkins D. y Salomon G. (1989). Are cognitive skills context-bound? Educational Researcher 18(1), 16-25.
[62] Smith E. et al. (1992). The case for rules in reasoning. Cognitive Science 16(1), 1-40.
[63] Hayek F. (1972). The primacy of the abstract. En Koestler A. y Smythies J. (Eds.), Beyond reductionism. Hutchinson.
[64] Ohlsson S. (1992). The cognitive skill of theory articulation: A neglected aspect of science education. Science & Education 1(2), 181-192.
[65] Ohlsson S. (1993). Abstract schemas. Educational Psychologist 28(1), 51-66.
[66] Ohlsson S. (1995). Epistemic obstacles and the marriage of fantasy to rigor: A response to Suchting. Science & Education 4(4), 379-389.
[67] Kramer J. (2003). Abstraction- Is it teachable? The devil is in the detail. En 16th Conference Software Engineering and Training. Madrid, Spain.
[68] Gamma E. et al. (1994). Design Patterns. Elements of Reusable Object-Oriented Software. Addison-Wesley.
[69] Hoare C.A.R. (1993). Mathematics of programming. Studies in Cognitive Systems 14, 135-154.

6

Desarrollar la capacidad lógico-interpretativa y abstractiva en los estudiantes: Un desafío para la educación

Desde hace tiempo las cuestiones relacionadas con el desarrollo de la capacidad lógico-interpretativa y abstractiva de los estudiantes han despertado el interés de los investigadores en educación. En este capítulo se presenta un análisis al estado del arte en esta temática, orientado desde las prácticas metodológicas y la neurocognición. Se parte de que la lógica es el estudio sistemático formal de los principios de la inferencia válida y el razonamiento correcto, cuya importancia radica en que ayuda a razonar correctamente; y que la abstracción es el proceso de pensamiento mediante el cual se extrae las características innecesarias de algo con el fin de simplificar detalles, y para que, donde existe ambigüedad, vaguedad o falta definición, se despeje ambientes concretos. Ambos son procesos del razonamiento y funciones del cerebro necesarios para identificar e integrar datos e información, por lo que es necesario desarrollarlas adecuadamente para modelar mejores soluciones a los problemas complejos de este siglo. La conclusión es que se requiere iniciativas y didácticas para desarrollar o potencializar esta capacidad en los estudiantes, de tal forma que la adapten y apliquen de acuerdo con las exigencias y necesidades de los problemas complejos en el contexto profesional del Nuevo Orden Mundial.

1. INTRODUCCIÓN

La *lógica* se concibe como el estudio sistemático formal de los principios de la inferencia válida y el razonamiento correcto, cuya importancia radica en que ayuda a razonar correctamente. Por otro lado, la *abstracción* es el proceso de pensamiento mediante el cual se extrae las características innecesarias de algo, con el fin de simplificar detalles y para que, donde existía ambigüedad, vaguedad o falta definición, quede solo ambientes concretos [1]. Ambos son procesos del razonamiento y funciones del cerebro necesarios para identificar e integrar datos e información, por lo que es necesario desarrollarlas adecuadamente para modelar soluciones a los problemas complejos.

Juntos constituyen la capacidad de las personas para identificar, de forma no contradictoria, hechos, experiencias y realidades [2]. Por otro lado, pensar es comprender, experimentar e identificar hechos y verdades de la existencia, pero pensar con capacidad lógico-interpretativa y abstractiva es una habilidad del razonamiento para identificar realidades, modelar soluciones y conclusiones, adquirir conocimiento, comprender problemas y presentarles soluciones [3].

La mayoría de funciones y actividades que llevan a cabo los estudiantes tiene que ver con la aplicación de estos principios, porque constituyen la esfera de la formalidad y soportan la construcción de interpretaciones abstractas que modelan a partir del conocimiento adquirido. Esto sustenta la necesidad de desarrollarla o potenciarla adecuadamente en la educación, para comprender, modelar y presentarles soluciones a los diferentes problemas en su contexto profesional.

El objetivo de este trabajo es presentar un análisis general a la línea de la investigación acerca del desarrollo de la capacidad lógico-interpretativa y abstractiva, para lo cual se presenta el resultado de una revisión sistemática de la literatura sobre el tema. En respuesta a los problemas complejos que deberán solucionar los estudiantes en su mundo profesional, la idea es que los resultados sirvan como base para desarrollar modelos de enseñanza y didácticas orientados a desarrollar o potencializar esta capacidad desde los procesos de aprendizaje.

2. MÉTODO

El método utilizado para esta investigación es una revisión sistemática de la literatura [4] en el que se aplica las fases de la Figura 1.

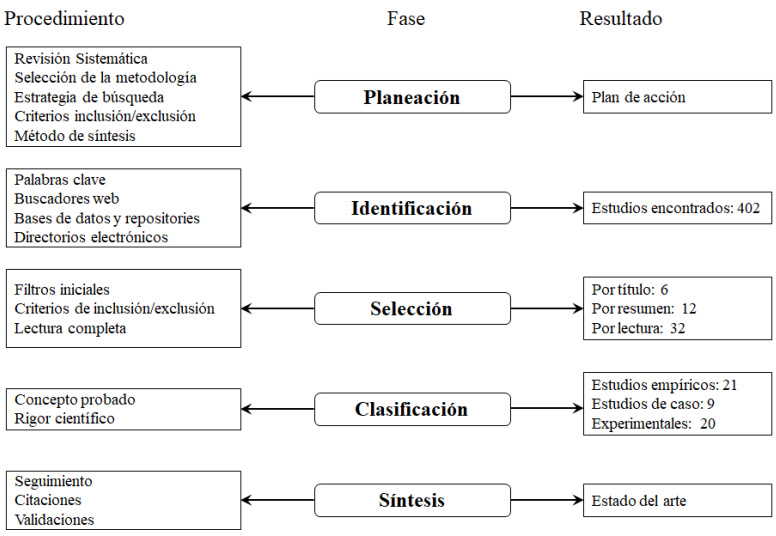


Figura 1. Método de investigación aplicado

2.1 Planeación

Se desarrolló un protocolo para la revisión especificando el avance del proceso y la metodología; se definió la estrategia de búsqueda, los criterios de inclusión/exclusión y el método de síntesis.

2.2 Identificación de trabajos

Se definieron las palabras clave y los términos de búsqueda (Tabla 1), utilizando términos generales para identificar la mayor cantidad de estudios relevantes; se tuvo en cuenta una amplia cantidad de posibles combinaciones. Se consultaron bases de datos, repositorios y directorios electrónicos relacionados con el tema, palabras clave y términos; se definió la línea de tiempo teniendo en cuenta que los estudios del siglo pasado todavía son vigentes. Este proceso arrojó 402 estudios como muestra base.

Tabla 1. Palabras clave y términos de búsqueda

Palabras clave	Términos
Educación Academia Lógica Abstracción Neurocognición Didáctica	Investigación Desarrollo Comprensión Aplicación Experimentación Interpretación Resolución de problemas

2.3 Proceso de selección

Se aplicaron varios filtros: 1) eliminar los trabajos con títulos duplicados o no relacionados con la búsqueda, 2) descartar los que duplican resultados y los que no están relacionados específicamente con el tema, y 3) retirar los que no tuvieran en cuenta las visiones de la educación y la neurocognición. Este proceso redujo la muestra a 262 trabajos, a cuyo enfoque se aplicaron los criterios de exclusión: 1) no se orienta claramente al estudio del desarrollo de esta capacidad desde alguna de las visiones, 2) No aborda claramente la lógica o la abstracción, y 3) el método, la herramienta o la teoría que describe no tiene respaldo suficiente en la comunidad.

Como resultado la muestra se redujo a 83 estudios, a los que se les hizo una lectura rápida, a la vez que se aplicaba nuevamente los criterios de exclusión. De esta manera la muestra final quedó conformada por 50 trabajos.

2.4 Evaluación y clasificación

Se aplicaron dos procesos: 1) examinar el tipo de concepto probado para estrategias de gestión del conocimiento [5], y 2) examinar el rigor científico, en cuyo caso se aplicó la propuesta de Allende [6]:

1. Los trabajos deben ser empíricos y discurrir en el mundo observable, por lo que deben contener las secciones de método y contexto de investigación.
2. Los procesos deben ser verificables y repetibles.
3. Los resultados no deben figurar como prueba definitiva, sino como modelos de tendencias.

Para el criterio de nivel de aceptación por la comunidad, se categorizaron en estudios empíricos, estudios de caso e informes de resultados experimentales.

2.5 Síntesis e inferencias

Para evitar los problemas asociados con los resultados experimentales y las interpretaciones derivadas de trabajos sin rigor científico, se hizo seguimiento a las citaciones y validaciones de la comunidad. Para cada trabajo se tomaron los conceptos tratados, resultados principales y método de investigación, y se analizó la información para presentar los resultados alcanzados.

3. RESULTADOS

Algunos investigadores en neurocognición hacen hincapié en la complejidad de la gramática y la semántica del lenguaje, y buscan su adecuado nivel de comprensión [7-10], sin embargo, no reportan en qué medida un estudiante podría comprender su significado lógico, no definen la situación experimental aplicada y no proyectan el uso de resultados para proponer cambios en el sistema de educación. Suppes y Feldman [11] analizan la forma en que los estudiantes comprenden el significado de los conectores lógicos y de la lógica misma; mientras que McCarthy y Hayes [12] afirman que los problemas tradicionales de la educación surgen de la Inteligencia Artificial, a lo que Sloam [13] responde que la *intuición* en el razonamiento se debería estudiar considerando la manera específica de actuar de las personas y no la de las máquinas, pero no menciona ni aplica la conceptualización lógico-abstractiva como base para lograrlo.

Kolodner [14] y Ross [15] aplican modelos neurocomputacionales para investigar la resolución de problemas, la neurocognición y la memoria a largo plazo, y sus resultados le sirvieron a Kolodner et al. [16] para explorar las formas en que el razonamiento basado en casos ayuda en la solución de problemas. El resultado fue un modelo de razonamiento basado en casos que integra resolución de problemas, comprensión y memoria, pero que no referencia cómo integrar el proceso mental lógico-abstracto que los estudiantes aplican para hacerlo. O'Rorke [17] investiga el aprendizaje y el descubrimiento, Dasigi y Reggia [18] el procesamiento del lenguaje natural y Peng y Reggia [19] el diagnóstico de errores, cuyos resultados le sirvieron a Kumar y Venkataram [20] para proponer un modelo orientado a resolver problemas de diagnóstico, fundamentado en la inferencia abductiva, que utilizaron para añadir características al modelo general. Estos investigadores fueron los primeros en combinar matemáticas y algoritmos computacionales para demostrar su efectividad en la resolución de los problemas, pero no se acercaron a la lógica ni a la abstracción como herramientas que también trabajan desde la abducción.

Con base en el trabajo de Jarke y Radermacher [21] acerca de la lógica de la solución de problemas mediante técnicas de análisis probabilístico, la toma de decisiones bajo incertidumbre y la investigación de operaciones, y el de Gottinger y Weimann [22] sobre técnicas basadas en IA para sistemas de soporte a las decisiones inteligentes, Gottinger y Weimann [23] exploraron las técnicas de inferencia para un sistema cognitivo como apoyo a las decisiones inteligentes de los estudiantes, y concluyeron que el razonamiento necesario requiere que desarrollen varios niveles de representación e inferencias. Aunque son trabajos en los que se aplica la lógica desde la visión de las decisiones inteligentes, no cubren aspectos como la interpretación, el modelamiento de problemas o la capacidad abstractiva del estudiante que intenta tomar esas decisiones.

Dos aspectos llamaron la atención de las definiciones de abstracción que se presentaron a finales del siglo pasado: 1) es el proceso de *eliminar detalles* para simplificar y concentrar la atención en lo importante [24], y 2) es un proceso de *generalización* para identificar un núcleo común y un concepto general al extraer características comunes a partir de ejemplos específicos [25]. Estos aspectos fueron la base para posteriores investigaciones que buscaban relacionar el desarrollo cognitivo con el futuro ejercicio profesional. Como resultado recomendaron incluir contenidos y

didácticas revolucionarios en los planes de estudios con el objetivo de desarrollar y/o potencializar la capacidad lógico-interpretativa y abstractiva en los estudiantes.

Morris y Sloutsky [26] se centraron en averiguar el efecto de los procesos de aprendizaje en el desarrollo del razonamiento deductivo abstracto y la comprensión de la necesidad lógica en los estudiantes. Sus resultados apoyan la teoría de que estos procesos contribuye al desarrollo de su comprensión lógica, tanto en el razonamiento deductivo algebraico como en el verbal, aunque muchos estudiantes, si bien están expuestos a los mismos procesos, no la desarrollan igual. Lithner [27] afirman que los razonamientos de tipo inductivo, deductivo, abductivo, plausible y de transformación se derivan de la formación en matemáticas, Cañadas et al. [28] consideran la diferenciación general entre los razonamientos inductivo desde las diferentes disciplinas y contextos, y Stenning y Monaghan [29] resaltan las dificultades prácticas de los estudiantes cuando aplican la lógica para solucionar problemas numéricos, aunque son capaces de identificar la aplicabilidad de ciertos pasos del razonamiento inductivo, siempre y cuando hayan sido capacitados para hacerlo.

Boroditsky y Ramscar [30] opinan que la habilidad de pensar de forma abstracta es necesaria para el desarrollo profesional, pero que es común encontrar diferencias entre los estudiantes, porque algunos la desarrollan con mayor facilidad que otros, o no llegan a desarrollarla. Demuestran que existe vínculos entre la capacidad abstractiva y el éxito en la resolución de problemas, por lo que uno de los resultados de aprendizaje debería ser su desarrollo. Pietarinen [31] intentó encontrar qué tienen en común la lógica epistémica y la ciencia cognitiva, y concluyó que existe tres posibilidades: 1) nuevas versiones cuantificadas de agentes lógicos dan lugar a la representación del conocimiento en sistemas multi-agente y de procesamiento paralelo; 2) el marco de la semántica de la teoría de juegos para la lógica tiene mayor credibilidad cognitiva como una verdadera semántica para las nociones epistémicas; y 3) algunos hallazgos neurocognitivos en nociones de conocimiento y transformación explícita versus procesamiento implícito, contribuyen al desarrollo de la lógica. Al final hace explícita la necesidad de explorar las perspectivas de la lógica y la cognición en la educación.

Huitt y Hummel [32] afirman que la mayoría de estudiantes necesita un *entorno especial* para alcanzar la cuarta etapa de desarrollo de Piaget, pero no aclaran si lo logran gracias a una habilidad innata o a través de procesos de aprendizaje. Piaget describe esta etapa como *el uso lógico de símbolos relacionados con conceptos abstractos* y, de acuerdo con las expectativas de los estudiantes de este siglo, los procesos de aprendizaje podrían utilizarla para desarrollar su capacidad de interpretar problemas y de producir modelos. Pietarinen [33] argumenta que los hallazgos empíricos en desarrollo neuronal son contribuciones del desarrollo de la lógica, e identifica líneas en la neurocomputación encaminadas a ayudar en este proceso. Aunque el aporte de su trabajo es importante para reconocer las raíces de la llamada *discapacidad lógica* en estudiantes, no aplica sus resultados en los que no tiene esa discapacidad. Egorov [34] parte de la hipótesis de que pensar lógicamente está determinado por *genes lógicos*, encargados de codificar la información de las proteínas, y que contribuyen en gran medida al control de la cognición [35-37], una conclusión a la que también llegan Sudarsan et al. [38] y France y Rumpe [39]. Estos autores pretenden encontrar el origen de la capacidad lógico-interpretativa, pero, aunque es un aporte importante su procedimiento, separa a la capacidad abstractiva, y no hace una inferencia relacional del desarrollo de ambas capacidades en los estudiantes.

DeWall et al. [40] sugieren que la conciencia, como sistema de procesamiento reflexivo, es importante para el razonamiento lógico, el cual depende en gran medida del procesamiento consciente, y que la forma de probarlo sería lograr que los procesos de aprendizaje ayuden a

desarrollarlo. Pero existe un problema adicional, en el sentido de que los estudiantes, aunque tienen abundante información que les puede ayudar, parecen no estar interesados en leerla, analizarla o evaluarla críticamente. Para aportar en esta empresa Bouhnik y Giat [41] desarrollaron un proceso de aprendizaje con el objetivo de capacitar a los estudiantes para aplicar las herramientas lógicas en la lectura, y demostraron que las habilidades en los razonamientos lógico y crítico mejoraron con el tiempo, tanto objetiva como subjetivamente. Estos trabajos contribuyen a la formación en el aprovechamiento de la tecnología, en lógica aplicada y en pensamiento crítico, lo que se debería aprovechar en la educación como caso de estudio. Halpern y Pucella [42] abordan el problema de la omnisciencia lógica y su potencial aplicabilidad en la educación desde el razonamiento sintáctico, el razonamiento consiente, el conocimiento algorítmico y los mundos imposibles. Su objetivo fue hacerle frente a la omnisciencia lógica, es decir, a cómo elegir un enfoque y construir un modelo apropiado para la educación. Concluyen que el de mundos imposibles es *especialmente adecuado* para representar un punto de vista subjetivo del universo en la formación de los estudiantes.

Por otro lado, hay interés por investigar los vínculos entre el pensamiento abstracto y el desarrollo de la capacidad abstractiva, y algunos investigadores concluyen que la lógica y la abstracción son *habilidades clave* para la formación, por ejemplo, en Ciencias Computacionales [43, 44], y otros tratan de encontrar un vínculo entre las habilidades de abstracción y el éxito en los cursos de lógica computacional [45, 46], todos con éxito variable. En todo caso, estos aportes demuestran que se debe modificar los procesos de aprendizaje mediante herramientas innovadoras, porque el reto es formar personas y capacitar profesionales que solucionen los problemas complejos en el Nuevo Orden Mundial.

Ahora bien, de acuerdo con estos resultados, ¿cuáles serían las capacidades lógico-abstractas que deben lograr los estudiantes para alcanzar su desarrollo cognitivo? ¿Cómo desarrollarlas o potencializarlas en la educación? ¿Sería posible *enseñar* habilidades de pensamiento lógico-abstracto? A continuación, se presenta el análisis a los resultados en este sentido.

Mientras que Wason y Johnson [47] sostienen que la comprensión de reglas y regulaciones se ha convertido en un problema que afecta el desarrollo cognitivo de los estudiantes, Hall [48] menciona que la lógica les permite examinar ideas, conceptos y procesos mentales, porque expresan su pensamiento lógico relacionando el lenguaje natural, un principio necesario para simplificar y comprender la cotidianidad en el aula. La cuestión que debe resolver la educación es desarrollar o potencializar su capacidad lógico-interpretativa y abstractiva, de forma que puedan interpretar el mundo desde el contexto en el cual desarrollarán su vida profesional. Pero si la lógica es una formalización del lenguaje, el mejor lugar para encontrarla sería en el cerebro [49], pero en su investigación se debe utilizar el sentido común y tener como base la introspección, aunque sea poco fiable [50]. El optimismo a ultranza puede llevar a que se vea lo que se quiere ver, en lugar de ver lo que realmente está allí, por lo que es conveniente que la educación se aleje de estas tendencias.

Para Andrews [51] ser lógico presupone: 1) tener sensibilidad para el lenguaje y habilidad para utilizarlo efectivamente, porque la lógica y el lenguaje son inseparables; 2) tener respeto por el escenario mundial, porque la lógica trata de la realidad; y 3) tener una conciencia viva de cómo se relacionan las ideas con los objetos en el mundo, porque la lógica trata de la verdad. Desarrollar estas capacidades prácticas les permite a los estudiantes preparar su mente para trabajar exitosamente en el mundo globalizado y, de acuerdo con Huth y Ryan [52], la educación debería desarrollar o potencializar en los estudiantes algunas características que les ayuden a ser personas lógicas, es decir:

- Ser un excelente observador
- Estar atento
- Obtener los hechos directamente
- Comprender las ideas y sus objetos
- Estar consciente de los orígenes de las ideas
- Hacer coincidir las ideas con los hechos y las palabras
- Realizar análisis profundos
- Concatenar situaciones para obtener conclusiones
- Comunicarse efectiva y eficientemente
- Evitar el lenguaje vago, ambiguo y evasivo
- Tener concentración
- Ser realista
- Buscar la *verdad*
- Comunicarse de diversas formas, no solo verbalmente
- Ser buen oyente, buen lector y escribir bien

Además, aunque la neurocognición se ocupa del pensamiento a partir de teorías descriptivas sobre *cómo* piensan las personas en la práctica, no tiene en cuenta si lo hacen correctamente o no. En este sentido, Boroditsky y Ramscar [30] desarrollan la teoría de los *procesos duales* combinando conceptos descriptivos y normativos. Los primeros se centran en el pensamiento intuitivo, que los estudiantes desarrollan de forma subconsciente, asociativa, automática y en paralelo; mientras que los otros se enfocan en el pensamiento deliberativo sustentado en normas, que requiere esfuerzos y que es serial y consciente [47]. De estos trabajos se deduce que la lógica se relaciona con el pensamiento abstracto, a la vez que con el que se representa en forma de oraciones, y con la manipulación del lenguaje para generar nuevo pensamiento, un trabajo que se puede replicar en la educación para desarrollar la capacidad lógico-interpretativa de los estudiantes.

Huitt y Hummel [32] sentaron las bases para una mejor comprensión del desarrollo cognitivo de los estudiantes, y derivaron las etapas senso-motriz, pre-operacional, operacional concreta y operacional formal. En las dos primeras demuestran inteligencia mediante actividades motrices y el lenguaje y la manipulación de símbolos; en la tercera con la comprensión de la conservación de la materia y de la causalidad, y una habilidad para clasificar objetos; y en la cuarta demuestran habilidad para pensar de forma abstracta, sistemática e hipotética, y utilizan símbolos relacionados con conceptos abstractos, es decir, es una etapa crucial en la que el estudiante debe ser capaz de pensar abstracta y científicamente. Aunque, según Kuhn et al. [53], parece que no todos los estudiantes logran la operacional formal en su proceso formativo, además, para que lo logren en la educación puede ser necesarias condiciones particulares del medio ambiente y de los procesos de aprendizaje a los que se exponen continuamente.

Asimismo, y utilizando programas de computador que simulan las manifestaciones visibles de forma externa a los procesos mentales del estudiante, la Inteligencia Artificial ofrece un enfoque alternativo para descubrir el lenguaje del pensamiento [54]. En la medida que la neurocomputación logre éxito se podrá ver la estructura de estos programas como una analogía del cerebro, y a su actividad como a la del pensamiento. De acuerdo con esto, si los pensamientos humanos tienen la estructura del lenguaje se podría alcanzar una idea de la misma al observar los lenguajes naturales, o la forma como se comunican los estudiantes cuando intentan expresarse con claridad. Además, sería posible obtener una guía a partir de las recomendaciones que se encuentran en los libros de texto, tan ampliamente utilizados en las aulas.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

De acuerdo con los autores en el estado del arte, se ha consolidado una cosmovisión que atomiza los fenómenos y construye teorías que, mediante una fragmentación y la experimentación como verificación, generan micro-mundos que parecen tener vida independiente en el universo de la educación. En este orden se proponen planes de estudios orientados al desarrollo cognitivo y definidos a partir del estudio de la conducta del estudiante, además de proponer un objeto de estudio observable, medible y verificable mediante experimentación. Aunque estas acciones tienen aceptación muy generalizada, en la historia del pensamiento humano no tienen una aceptación única en la educación.

Otras miradas con esta forma de pensamiento y provenientes inclusive de posiciones positivistas, dan cuenta de la imposibilidad de explicar el desarrollo cognitivo únicamente mediante la medición, porque pretende homogenizar la educación como objeto para establecer leyes generales en el aula. Por eso, y de acuerdo con Stenning y Monaghan [29], los estudiantes en este siglo no son mono-causales, porque la globalización los ha convertido en ciudadanos del mundo, y la educación debe formarlos y capacitarlos para vivir y aportar en la Nueva Era.

Asimismo, es difícil analizar el desarrollo de la capacidad lógico-interpretativa y abstractiva de los estudiantes desde una mirada exclusiva entre genes o procesos de aprendizaje [40]. Se trata de una construcción teórica que implica un encuentro entre múltiples factores desde lo biológico, lo cultural y lo contingente, que se entrecruzan para generar una interacción que posibilita la emergencia del sujeto como resultado de un encuentro dialéctico transdisciplinar. Entonces, la innovación educativa en este siglo debe pensar en la lógica y la abstracción como tareas enraizadas desde la concepción del objeto de estudio y alejadas de paradigmas exclusivos, para postularlas desde la inclusión con categorías generales, particulares y singulares, y mediante una disciplina científica dedicada a estudiar su etiología. De esta manera, la conjetura inicial acerca de esta capacidad es que es el resultado de un encuentro transformador entre la naturaleza biológica, el estrato cultural y los procesos de aprendizaje, que se deberá analizar a la luz de entornos específicos surgidos desde una educación innovadora y revolucionaria.

Por otro lado, y de acuerdo con los autores analizados, la lógica se ha tratado como una descripción de las leyes del pensamiento, que dirigen las formas de proceder y de distinguir entre lo que se considera falso y verdadero. De esta manera, en la educación significa *cómo* debe pensar el estudiante en relación con cierto ideal, determinado por la sociedad, a través de una disciplina científica o por una serie de consensos y normas. Pero, desde el punto de vista de la neurocognición, los razonamientos inductivo y deductivo están íntimamente relacionados con la lógica, en la medida en que permiten dilucidar las formas abstractas para llegar a conclusiones a partir de premisas, conocimientos y contenidos previos. Por lo tanto, la lógica es el producto de *la capacidad de pensar* y de otras intelectivas mentales del estudiante, que a su vez lo orientan en el razonamiento y la resolución de problemas.

De este modo la formación en lógica, razonamiento y abstracción son procesos cognitivos que les permite a los estudiantes transformar la información, algunas veces incomprensible, en procesos de construcción de soluciones, planes y conocimientos [44]. Por eso, a partir de la premisa de que la lógica es el marco y la guía para estudiar el pensamiento, la educación debería considerar: 1) al *logicismo*, porque cuando se razona se utiliza un conjunto de reglas abstractas, y 2) a la *semántica*, porque se centra en la elaboración de modelos mentales y tiene en cuenta el significado de los contenidos sobre los que opera el razonamiento del estudiante, de forma tal que haya una

relación en el proceso formativo entre el significado de las representaciones mentales con el mundo exterior. A partir de entonces se podría aceptar que la capacidad para solucionar problemas no depende de estrategias generales de búsqueda, sino de un amplio bagaje de conocimientos específicos que recibe el estudiante.

En este contexto los profesionales enfrentan problemas y situaciones críticas complejos a las que deben presentarles solución, lo que les exige mantener una actitud intrépida y un pensamiento dispuesto, por lo que la educación deberá tener un efecto disposicional relacionado con sus actitudes y formas de pensamiento. Por lo tanto, la revolución al sistema de educación deberá resaltar el papel del deseo y de las emociones en el estudiante, tales como la curiosidad, el amor y la verdad, que guiarán su pensamiento y raciocinio en el quehacer profesional. Todo esto recalca la importancia de desarrollar o potencializar la capacidad lógico-interpretativa y abstractiva en la educación de este siglo, porque los estudiantes necesitan ponerla en escena en función de los problemas, para crear diseños y planes que materialicen soluciones acordes con las necesidades sociales. Este tipo de pensamiento en acción les permitirá modelar la realidad externa y actuar de manera eficiente, recursiva e ingeniosa sobre ella.

Por otro lado, en la Nueva Era los profesionales deberán resolver problemas multidimensionales, entonces, a partir de los procesos de aprendizaje, deberán desarrollar la capacidad de comprenderlos, antes de proponer una solución. Esto les permitirá aplicar su desarrollo cognitivo, reflejado en la capacidad lógica-abstractiva, para comprender el problema y presentarle una solución. Además, los problemas de hoy no tienen el mismo nivel de complejidad y suelen comenzar con una declaración poco clara, por lo que deben identificarlo en el medio ambiente y representarlo mentalmente como un modelo de esa realidad. Bransford y Stein [50] y Sternberg [55] describen este proceso en términos de un ciclo descriptivo, que implica que no todos los problemas se resuelven secuencialmente. Por el contrario, la mente del profesional debe estar estructurada de tal forma que, aplicando ciertas fases, pueda resolver problemas con éxito; además de estar preparada, porque en términos generales la solución a un problema da lugar a otro, que de nuevo tiene que ser resuelto mediante un ciclo semejante.

Es decir, el reconocimiento, la definición y la representación de problemas son procesos mentales de nivel ejecutivo, llamados meta-componentes en la teoría de la inteligencia humana, que guían su resolución mediante la planificación, monitoreo y evaluación de procesos. La dificultad es que la mayoría de problemas en el aula están mal definidos, por lo que se requiere didácticas innovadoras para esclarecerlos. Aunque los problemas bien definidos tienen un claro camino para la solución, el estudiante necesita determinar una estrategia y, para desarrollarla, deberá aplicar su capacidad lógico-interpretativa y abstractiva, además de tener claro que ese problema tiene una representación en el mundo físico, y que lo debe abstraer para mejorar su nivel de comprensión y para estructurar una solución eficiente y eficaz.

Desde la visión de la neurocognición y mediante la comprensión global de las realidades desde el conocimiento teórico universal, la educación deberá construir un antecedente al que se llegue por hallazgo de denominadores o vértices comunes, a la vez que por esencias eidéticas que abarquen la totalidad de los planes de estudios. Aunque se suele suponer que gran parte de la educación se debe orientar a la aplicación del conocimiento a una tarea disciplinar, la realidad es que el estudiante necesita aprender a elegir los medios adecuados para lograr sus fines, lo que constituye la arteria sobre la que se debe desarrollar la revolución educativa desde la lógica y la abstracción. Otra dimensión del conocimiento se orienta a la toma de posiciones y al conjunto de actitudes y acciones que estructura un profesional en medio de las contingencias, es decir, de las realidades cambiantes y problemáticas que exigen decisiones y soluciones precisas. Si la

educación no integra las diferentes dimensiones del conocimiento, difícilmente se podría hablar de un profesional lógico. En otras palabras, podría vivir la exigencia de producir, pero sin ningún interés por recurrir a la práctica y a comprometerse como un profesional que resuelve problemas y genera innovaciones.

En los procesos de aprendizaje se enseña lógica como por generación espontánea, dando luego un salto hacia las lógicas simbólicas y matemáticas asumidas de forma fragmentada y aislada, pero sin comprender que existe una misma ruta gnoseológica que va desde lo más simple a lo más complejo, y viceversa, en el mismo sentido de la tercera regla del *Discurso del Método* de Descartes. Ante la complejidad de los recursos gnoseológicos de la formación en algunas áreas, esta regla deberá constituir un microscópico y un punto de partida ineludible para que la educación ayude a desarrollar o potencializar la necesaria capacidad lógico-interpretativa y abstractiva de los estudiantes.

Por otro lado, esta manera de formar personas y capacitar profesionales se aísla y se opone, sin reconocer esta capacidad como recurso gnoseológico a priori para que el estudiante pueda generar hipótesis, o como recurso *post-experimentum* que impone disciplina a la fantasía, en un intento porque el profesional halle datos relevantes y sentidos subyacentes que lo conduzcan a productos y soluciones. Además, hace uso intencional reducido de la omnímoda libertad del pragmatismo, que a la hora de ensayar soluciones no desprecia posibles combinaciones o híbridos, y que pretende hallar ideas vitales y procreadoras que se multiplican en miles de formas, y que se difunden haciendo progresar las sociedades. Algo que para la educación parece tener poca importancia.

Al final, la innovación educativa, más que buscar el objetivo de capacitar a los estudiantes con una mirada al pasado, deberá tratar de mostrarles la posibilidad de la re-descripción para no repetir la historia, sino para avanzar en un proceso formativo revolucionario. Por todo esto el objetivo de la educación no es solamente *producir* un buen profesional, sino lograr que *libere su imaginación* mediante el desarrollo o potencialización de su capacidad lógico-interpretativa y abstractiva. Probablemente, la mejor manera para que los estudiantes utilicen la imaginación es que conozcan la capacidad imaginativa de los profesionales exitosos, y de esta manera descubran que es importante desarrollar una capacidad similar para aportar soluciones a los complejos problemas en el Nuevo Orden Mundial.

5. CONCLUSIONES

Uno de los objetivos de los procesos de aprendizaje es preparar a los estudiantes para una adaptación flexible a las situaciones problemáticas del mundo, por lo que su capacidad para comprender y modelar problemas proporciona un índice importante de su desarrollo cognitivo, que les ayudará a evaluar y mejorar estos procesos.

Algunos modelos de enseñanza buscan equivalencias, aunque su única métrica de aprendizaje es la de medir la capacidad que tienen los estudiantes para memorizar la información, y las diferencias se hacen más evidentes al evaluar qué tan bien se transfiere esa información a la solución de los problemas en la vida profesional. Este análisis se discute en la mayoría de trabajos analizados, y constituye una prueba de la necesidad de desarrollar o potencializar la capacidad lógico-interpretativa y abstractiva de los estudiantes para lograr los resultados de aprendizaje.

Algunas características importantes de esos procesos afectan la capacidad del estudiante para transferir lo que aprende, como la cantidad y tipo de aprendizaje inicial, con el que desarrolla

experiencia y capacidad para transferir el conocimiento. Los estudios analizados en esta revisión proponen que los procesos de aprendizaje deben utilizar el Aprendizaje Basado en Retos y en Proyectos, con problemas cercanos a la vida cotidiana, porque de esta forma el estudiante desarrolla mejor su capacidad lógica para comprenderlos y la abstracta para modelarlos.

Además, el contexto en el que se forman también es importante para lograr esa transferencia de conocimiento, y es menos probable que un estudiante que se forma en un único contexto logre el objetivo del proceso de aprendizaje, lo que puede variar cuando se expone a múltiples contextos. De esta manera tiene mayores posibilidades para comprender y abstraer las características relevantes del mismo y desarrollar una representación más flexible, lo que se debe constituir en un objetivo de la educación.

Si la idea es ofrecerle a la sociedad profesionales que generen confianza, lo recomendable sería innovar los modelos de enseñanza y las didácticas. La sociedad de este siglo necesita profesionales confiables desde lo ético y lo humano, pero fundamentalmente solucionadores de problemas, que estructuren soluciones eficientes y eficaces; aunque, y de acuerdo con los resultados en las investigaciones analizadas, los profesionales de este siglo no lo están logrando.

Hasta el momento no es posible responder si el desarrollo de la capacidad lógico-interpretativa y abstractiva es una cuestión genética o se adquiere a través de procesos de aprendizaje, pero sí es posible asegurar que los actuales modelos de enseñanza, planes de estudios y didácticas no están logrando que se potencialice o desarrolle adecuadamente en los estudiantes, por lo que se necesita cambios importantes en la manera como se forman y capacitan.

La recomendación es estructurar planes de estudios acordes con las necesidades del contexto de este siglo, porque cada estudiante es un universo que tiene diferentes motivaciones formativas y ritmos de aprendizaje, y su vida cotidiana se desenvuelve en diferentes contextos. Por todo esto, y para la actual Sociedad de la Información, se requiere que la educación diseñe e implemente procesos e iniciativas para desarrollar o potencializar la capacidad lógico-interpretativa y abstractiva de los estudiantes, de tal forma que la adapten de acuerdo con sus exigencias y necesidades individuales en el Nuevo Orden Mundial.

REFERENCIAS

[1] Jacquette D. (2002). A Companion to Philosophical Logic. Wiley.

[2] Isaac A. y Szymanik J. (2010). Logic in Cognitive Science: Bridging the Gap between Symbolic and Connectionist Paradigms. Journal of the Indian Council of Philosophical Research 2, 279-309.

[3] Saab D. y Riss U. (2010). Logic and Abstraction as Capabilities of the Mind: Reconceptualizations of Computational Approaches to the Mind. En Vallverdu J. (Ed.), Thinking Machines and the Philosophy of Computer Science: Concepts and Principles. ISR.

[4] Serna E. (2018). Metodología de Investigación aplicada. En Serna E. (Ed.), Ingeniería – Realidad de una disciplina. Editorial Instituto Antioqueño de Investigación.

[5] Dybå T. et al. (2005). Evidence-based software engineering for practitioners. IEEE Software 22, 58-65.

[6] Allende J. (2004). Editorial: Rigor - The essence of scientific work. Electronic Journal of Biotechnology 7(1), 1-3.

[7] Piaget J. (1957). Logic and psychology. Basic Books.

[8] Inhelder B. y Matalon B. (1968). The study of problem solving and thinking. En Warson P. y Johnson P. (Eds.), Thinking and Reasoning. Penguin Books.

[9] Hill S. (1961). A study of the logical abilities of children. Stanford University Press.

[10] Youniss J. y Furth M. (1967). Learning of logical connectives by adolescents with single and multiple instances. Journal of Educational Psychology 58(4), 222-230.

[11] Suppes P. y Feldman S. (1969). Young Children's Comprehension of Logical Connectives. Journal of Experimental Child Psychology 12(3), 304-317.

[12] McCarthy J. y Hayes P. (1969). Some philosophical problems from the standpoint of AI. En Meltzer B. y Michie D. (Eds.), Machine Intelligence 4. Edinburgh University Press.

[13] Sloman A. (1971). Interactions between philosophy and artificial intelligence: The role of intuition and non-logical reasoning in intelligence. Artificial Intelligence 2(3-4), 209-225.
[14] Kolodner J. (1984). Retrieval and organizational strategies in conceptual memory: A computer model. Lawrence Erlbaum.
[15] Ross B. (1984). Remindings and their effects in learning a cognitive skill. Cognitive Psychology 16(3), 371-416.
[16] Kolodner J. et al. (1985). A process model of cased-based reasoning in problem solving. En 9th international joint conference on Artificial intelligence. Los Angeles, USA.
[17] O'Rorke P. (1988). Automated Abduction and Machine Learning. En AAAI Symposium on Explanation-Based Learning. Stanford, USA.
[18] Dasigi V. y Reggia J. (1989). Parsimonious covering as a method for natural language interfaces to expert systems. Artificial Intelligence in Medicine 1(1), 49-60.
[19] Peng Y. y Reggia J. (1990). Abductive inference models for diagnostic problem-solving. Springer.
[20] Kumar G. y Venkataram P. (1995). Network Performance Management Using Realistic Abductive Reasoning Model. En Fourth international symposium on integrated network management. Santa Barbara, USA.
[21] Jarke M. y Radermacher F. (1988). The AI potential of model management and its central role in decision support. Decision Support Systems 4(4), 387-404.
[22] Gottinger H. y Weimann H. (1992). Intelligent decision support systems. Decision Support Systems 8(4), 317-332.
[23] Gottinger H. y Weimann H. (1995). Intelligent inference systems based on influence diagrams. Decision Support Systems 15(1), 27-43.
[24] Frorer P. et al. (1997). Revealing the faces of abstraction. International Journal of Computers for Mathematical Learning 2(3), 217-228.
[25] Webster. (2002). Third new international dictionary of the English language. Merriam-Webster.
[26] Morris A. y Sloutsky V. (1998). Understanding of logical necessity: Developmental antecedents and cognitive consequences. Child Development 69(3), 721-741.
[27] Lithner J. (2000). Mathematical reasoning in school tasks. Educational Studies in Mathematics 41(2), 165-190.
[28] Cañadas M. et al. (2009). Using a model to describe students' inductive reasoning in problem solving. Electronic Journal of Research in Educational Psychology 7(1), 261-278.
[29] Stenning K. y Monaghan P. (2005). Strategies and knowledge representation. En Leighton J. y Sternberg R. (Eds.), The nature of reasoning. Cambridge University Press.
[30] Boroditsky L. y Ramscar M. (2002). The roles of body and mind in abstract thought. Psychological Science 13(2), 185-189.
[31] Pietarinen A. (2003). What do epistemic logic and cognitive science have to do with each other? Cognitive Systems Research 4(3), 169-190.
[32] Huitt W. y Hummel J. (2003). Piaget's theory of cognitive development: Educational Psychology Interactive. Valdosta State University.
[33] Pietarinen A. (2004). Logic, Neuroscience and Phenomenology: In Cahoots? En First International Workshop on Philosophy and Informatics. Cologne, Germany.
[34] Egorov I. (2007). Neural logic molecular, counter-intuitive. Biomolecular Engineering 24(3), 293-299.
[35] Oldham M. et al. (2006). Conservation and evolution of gene coexpression networks in human and chimpanzee brains. PNAS 103(47), 17973-17978.
[36] Popesco M. et al. (2006). Human lineage-specific amplification, selection, and neuronal expression of DUF1220 domains. Science 313, 1304-1307.
[37] Reuter M. et al. (2006). Identification of first candidate genes for creativity: A pilot study. Brain Research Reviews 1069(1), 190-197.
[38] Sudarsan N. et al. (2006). Tandem riboswitch architectures exhibit complex gene control functions. Science 314, 300-304.
[39] France R. y Rumpe B. (2007). Model-driven development of complex software: A research roadmap. En Future of Software Engineering Conference. Minneapolis, USA.
[40] DeWall C. et al. (2008). Evidence that logical reasoning depends on conscious processing. Consciousness and Cognition 17(3), 628-645.
[41] Bouhnik D. y Giat Y. (2009). Teaching high school students applied logical reasoning. Journal of Information Technology Education 8, 1-16.
[42] Halpern J. y Pucella R. (2011). Dealing with logical omniscience: Expressiveness and pragmatics. Artificial Intelligence 175(1), 220-235.
[43] Serna E. (2011). Abstraction as a critical component in Computer Science training. Avances en Sistemas e Informática 8, 79-83.
[44] Serna E. y Serna A. (2013). Logic in Computer Science. En XII Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática. Orlando, USA.
[45] Bennedsen J. y Caspersen M. (2006). Abstraction ability as an indicator of success for learning object-oriented programming? ACM SIGCSE Bulletin 38(2), 39-43.

[46] Armoni M. y Gal J. (2007). Non-determinism: An abstract concept in computer science studies. Computer Science Education 17(4), 243-262.
[47] Wason P. y Johnson P. (1972). Psychology of reasoning: Structure and content. B. T. Batsford.
[48] Hall E. (1976). Beyond Culture. Anchor Books.
[49] Gibbs R. (1994). The poetics of mind: Figurative thought, language, and understanding. Cambridge University Press.
[50] Bransford J. y Stein B. (1993). The ideal problem solver: A guide for improving thinking, learning, and creativity. W. H. Freeman.
[51] Andrews P. (2002). An introduction to mathematical logic and type theory: To truth through proof. Springer.
[52] Huth M. y Ryan M. (2004). Logic in Computer Science - Modelling and reasoning about systems. Cambridge University Press.
[53] Kuhn D. et al. (1997). The development of formal operations in logical and moral judgment. Genetic Psychology Monographs 95, 97-188.
[54] Carter L. (2006). Why students with an apparent aptitude for computer science don't choose to major in computer science. En 37th SIGCSE technical symposium on Computer science education. Huston, USA.
[55] Sternberg, R. (1986). Intelligence applied? Understanding and increasing your intellectual skills. Harcourt.

7

Internacionalizar la educación: Una estrategia de desarrollo y calidad

La internacionalización de la educación en general es una estrategia adecuada para ampliar el conocimiento, las habilidades y las actitudes globales que deben poseer los estudiantes antes de ingresar al ambiente laboral. Pero esta estrategia debe ser transversal a todo el proceso de formación asociado. Sin embargo, hacer cambios a un plan de estudios para incluir la globalidad puede crear problemas específicos, por lo que los administradores necesitan saber más acerca de cómo se dirige los cursos y en qué medida el plan de estudios incorpora las exigencias globales. Los administradores deben tomar la decisión de implementar un programa de internacionalización estructurado adecuadamente, que involucre cambios institucionales y en las facultades, los programas y los planes de estudios. Además, que tenga en cuenta a las partes interesadas, es decir, a estudiantes, profesores, administradores y a la sociedad en general, de tal manera que todos trabajen por el logro de los objetivos del programa, al mismo tiempo que se capacitan para ejecutar sus roles de la mejor forma posible. Porque internacionalizar solamente para mostrar indicadores no es la solución, y a corto plazo se convertirá en una debilidad, más que en una fortaleza. Es necesario comprender que la internacionalización no es temáticamente individual, y que no se debe estructurar únicamente para el plan de estudios, sino que es un programa institucional que se irradia a las facultades. El objetivo de este trabajo es presentar una visión general acerca de la internacionalización de la educación desde una perspectiva estratégica de desarrollo y calidad, que les permita a las instituciones adquirir conciencia de la necesidad de implementarla. También se presenta conceptos teóricos y prácticos de cómo pensar, estructurar e impulsar una internacionalización acorde con las metas y objetivos de la institución, la facultad y el programa.

INTRODUCCIÓN

La mayoría de personas estará de acuerdo en que la internacionalización se ha convertido en una faceta importante de la educación en este siglo, en el que el término se ha vuelto una palabra de moda y ha llegado a ser parte integral de las declaraciones de la misión y la visión de las instituciones de educación. Mientras que la retórica de los profesores ha sido dominada por la necesidad profesa por la internacionalización, es menos evidente la conceptualización clara de la naturaleza deseada, el propósito y el alcance del proceso mismo. Pero, si bien generalmente se acepta la necesidad de estudios globales e internacionales, todavía no hay acuerdo en cuanto a lo que significan o cómo se pueden implementar. Si se quiere mantener los esfuerzos de internacionalización como una parte integral de la responsabilidad formativa, es crucial que las partes interesadas, especialmente las comprometidas con un proceso de este tipo, tengan una visión clara de su justificación, objetivos y estrategias de aplicación. Esta visión debe ser académica y con fundamentos teóricos.

De cualquier manera, la conceptualización se debería derivar de las perspectivas combinadas de la Teoría General de Sistemas [1] y de la didáctica crítica [2-4]. Aunque los conceptos de la primera han sido fundamentales, aunque no reconocidos explícitamente, para las discusiones de la internacionalización, los de la segunda sí han sido representados. Una conceptualización de internacionalización derivada merece una consideración especial por varias razones: 1) se basa en una perspectiva teórica que enfatiza en preocupaciones pedagógicas, en lugar de administrativas; 2) comparte la preocupación común por la comprensión y la representación de múltiples culturas, como un componente importante de la educación; 3) su enfoque crítico facilita discusiones de lo que debe ser la internacionalización; y 4) proporciona una base para la comprensión y la crítica de las múltiples, y a menudo poco sistemáticas, respuestas a la internacionalización.

De esta manera, la definición conceptual derivada es que la internacionalización es un proceso formativo *continuo* y *contra-hegemónico*, que se produce en un contexto internacional de conocimiento y práctica donde las sociedades se ven como sub-sistemas de un mundo más amplio. El proceso de la internacionalización en una institución educativa conlleva un programa integral y multifacético de la acción, que se integra en todos los aspectos del modelo académico, los planes de estudios y las intencionalidades formativas de los profesores.

El objetivo de este trabajo es presentar una visión general acerca de la internacionalización de la educación desde una perspectiva general, que les permita a las instituciones adquirir conciencia de la necesidad de implementarla. También se presenta conceptos teóricos y prácticos de cómo pensarla, estructurarla e impulsarla, de acuerdo con las metas y objetivos de cada institución, facultad y programa.

1. LA INTERNACIONALIZACIÓN COMO PROCESO CONTRA-HEGEMÓNICO

La opinión central de la didáctica crítica es que la educación debe ser contra-hegemónica, mientras que en el *sistema de educación* la hegemonía se ha ejemplificado en un rango limitado de perspectivas culturales representadas en los planes de estudios, la didáctica dominada por el profesor, la evaluación pasiva y memorística, el comportamiento incuestionable del aprendizaje y la subordinación de los fines de la educación a condiciones económicas e instrumentales definidas estrechamente [2]. Un enfoque contra-hegemónico va más allá de estas condiciones para facilitar el conocimiento de base y el desarrollo/fortalecimiento de las habilidades, capacidades, destrezas

y actitudes de los estudiantes. De tal manera que se formen como personas a la vez que se capacitan como profesionales para el trabajo y el liderazgo en el contexto de la interdependencia global. Un enfoque de este tipo hace explícito el contenido, la instrucción, la formación y la razón de ser deseados en un proceso de internacionalización.

Aunque hacerlo con los planes de estudios implica que los contenidos deben representar las perspectivas globales, lo que a menudo no es el caso. Incluso aunque se busque integrar los contenidos de forma equitativa, los profesores e instituciones siempre tendrán preferencia por temas específicos en los programas y contenidos de los procesos de aprendizaje. La perspectiva contra-hegemónica critica este privilegio al considerarlo de base cultural limitada. Como señala Hayward [5], parte de la tarea de la educación es ir más allá de una visión, por ejemplo, eurocéntrica o américo-centrada, y reconocer la variedad de formas en que, por ejemplo, los temas de África, Asia, América Latina y Oriente Medio son importantes para el éxito de historias, desafíos y oportunidades futuras de formación. Pero sin olvidar el contexto en el que se lleva a cabo el proceso formativo, es decir, lo regional y lo nacional.

Con el fin de implementar la internacionalización como proceso contra-hegemónico es importante asegurar que los contenidos curriculares representen verdaderamente perspectivas globales. Para ello es importante que los profesores se aseguren de que los planes de estudios reflejan una representación equilibrada del mundo, en lugar de limitar su enfoque internacional a una región en particular, a menos que se participe específicamente en estudios de área o que se ignore totalmente ciertas regiones. Las perspectivas internacionales deben estar representadas a lo largo del plan de estudios, en lugar de en los esfuerzos meramente simbólicos o aditivos, ejemplificados por unidades aisladas sobre asuntos globales. Los contenidos en diversas regiones en el enfoque deben ser elegidos para representar perspectivas auténticas de diversas naciones, en lugar de una dependencia de textos que ofrezcan únicamente una visión nacionalizada o regionalizada de las temáticas.

Por otro lado, la mayoría de esfuerzos curriculares en internacionalización se han centrado en cuestiones de contenido. Sin embargo, hay que señalar que la simple presencia de temas internacionales en un plan de estudios, no garantiza una conciencia o sensibilidad internacional entre los estudiantes. El tiempo dedicado a este tipo de unidades, la calidad de la formación o la profundidad crítica con la que se explora los temas es crucial para la eficacia del plan de estudios. Por esta razón es importante que la conceptualización de la internacionalización abarque no solamente los contenidos curriculares, sino también el proceso metodológico. La didáctica crítica propone un enfoque centrado en el estudiante, en el que participa activamente en la construcción del conocimiento, y donde los profesores son facilitadores-asesores del diálogo crítico y la auto-reflexión [6], y donde se les valora como pensadores independientes y tomadores de decisiones. Este método proporciona la base de conocimientos sobre las diversas culturas y ayuda a desarrollar habilidades y actitudes interpersonales adecuadas, cuando trabajan con personas con diferentes visiones y perspectivas del mundo.

Un enfoque contra-hegemónico para la educación va más allá de las formas tradicionales de enseñanza centradas en el profesor, en las que los estudiantes son vistos como receptores pasivos e incondicionales del conocimiento fijo de aquellos que se consideran *expertos*. El modelo de enseñanza debe apoyar las intencionalidades del programa haciendo uso de la base de conocimientos que poseen los estudiantes. Esto es particularmente importante cuando se trata de estudiantes internacionales, porque frecuentemente se ignora su cultura como recurso educativo valioso en el contexto de la internacionalización del plan de estudios. La inclusión de múltiples perspectivas internacionales no debe estar limitada a una aceptación romántica de

puntos de vista alternativos, sino que debe implicar un examen crítico de múltiples perspectivas a través de un diálogo más profundo dentro del grupo.

Lo más importante para una perspectiva contra-hegemónica de la internacionalización es la razón por la cual se considera necesarios tales esfuerzos. En los últimos años han surgido varias razones para la internacionalización, entre las que se incluyen la paz mundial, la seguridad nacional, la competencia política y económica, y la cooperación internacional. Por lo que es posible concluir que dichos esfuerzos se llevan a cabo por razones tan divergentes como la competitividad de la guerra fría, la estrategia *star wars*, las imágenes de la cooperación y la interdependencia de la aldea global. Irónicamente, algunos profesores han puesto de relieve la razón académica para la internacionalización en el rigor intelectual de los conocimientos globales, por encima de la validez local, cuando el objetivo debe ser atenderlos en conjunto.

Al examinar los esfuerzos más contemporáneos, Warner [7] identifica tres modelos frecuentes de internacionalización en las universidades: 1) un mercado o modelo competitivo, 2) un modelo liberal, y 3) un modelo de transformación social. Haciendo eco de esta clasificación, Schechter [8] identifica tres niveles incrementales de las actividades de internacionalización, que también se basan en razones divergentes: 1) pragmáticas, 2) liberales, y 3) cívicas. Para este autor los esfuerzos basados en fundamentos cívicos subsumen a los objetivos de los otros niveles. Por su parte, la educación contra-hegemónica tiene sus raíces en la necesidad de que la democracia y la justicia ejemplifiquen el modelo de transformación social o razón cívica. Por lo tanto, una perspectiva de internacionalización de este tipo requiere esfuerzos que busquen el establecimiento de una democracia global y una justicia social internacional. Con este fin, los esfuerzos de internacionalización se ven como un medio para facilitarles a los estudiantes un sentido de cuidado como ciudadanos de una sociedad global interdependiente, cuyos objetivos se orientarán a hacer del mundo un lugar mejor para todos.

Por eso es importante que los profesores y las instituciones aclaren sus razones para la internacionalización, porque con frecuencia pasan por alto la razón lógica a pesar de que apuntala todos los demás aspectos del plan de estudios. Una vez que identifiquen los fundamentos deben examinar sus sesgos hegemónicos/contra-hegemónicos, aunque muchos esfuerzos en pro de la globalización son vistos como inherentemente hegemónicos. Por lo tanto, los profesores deben ser capaces de articular el plan de estudios con los esfuerzos para ejemplificar las metas cívicas de internacionalización identificadas por Warner [7] y Schechter [8].

2. LA INTERNACIONALIZACIÓN COMO PROCESO CONTINUO

Visto desde la perspectiva de la Teoría General de Sistemas, el proceso de organización en este contexto de proceso formativo es una constante adaptación al medio ambiente. La internacionalización de la educación es una respuesta institucional a un ambiente en el que el conocimiento de las cuestiones internacionales de los estudiantes se ha convertido en imprescindible para las carreras y roles dentro de la sociedad. De ahí que, como faceta formativa, necesariamente sea un proceso continuo. Aquí se hace énfasis en dos facetas del proceso organizacional: 1) que la internacionalización es continua, y 2) que los resultados de cada fase deben servir para generar nuevos ciclos de esfuerzos de internacionalización.

Este punto de vista pone en duda la perspectiva sostenida por muchos profesores e instituciones de que una institución, una facultad o un programa, en un punto dado de tiempo, ya están internacionalizados, y por lo tanto no se requiere más esfuerzos para alcanzarla. También se hace necesario destacar las limitaciones de los esfuerzos emprendidos como acciones individuales o

aisladas, tales como la creación de un curso internacional que se añade a un programa, o la realización de eventos, como una semana de la internacionalización, que no se pueden considerar internacionalización por sí mismos. Son esfuerzos aditivos que a menudo representan gestos simbólicos, pero que no tienen impactos significativos en el plan de estudios.

Una visión de la internacionalización como proceso continuo hace hincapié en la necesidad de aprovechar los esfuerzos actuales para crear nuevas oportunidades para la conciencia global. Esto podría ser facilitado por administradores que identifiquen metas a corto y largo plazo para lograrlo, siendo la primera la construcción de la planificación estratégica duradera. Los administradores también deben llevar a cabo una evaluación exhaustiva de los esfuerzos en curso y utilizar los resultados para fortalecerlos. Las facultades y departamentos están frecuentemente bajo presión para demostrar resultados positivos en los esfuerzos de internacionalización, por lo que la información suministrada distorsiona o excluye los errores cometidos. La perspectiva como proceso continuo hace hincapié en que es gradual y no instantánea. Aunque se recomienda como un proceso contra-hegemónico, comprensivo, multifacético e integral, la conceptualización de la internacionalización como proceso continuo también recuerda que la aplicación correspondiente a sus otras facetas necesariamente será a largo plazo, pero con compromiso continuo.

3. LA INTERNACIONALIZACIÓN COMO PROCESO INTEGRAL

Aunque la internacionalización ha sido discutida en el contexto universitario en conjunto, a menudo su aplicación se ha concentrado en facultades particulares y para grupos específicos de profesores. Por ejemplo, las facultades de negocios internacionales han sido vistas como áreas en las que es relevante, y los esfuerzos curriculares son comunes en estos campos; mientras que las facultades de ciencias e ingeniería no se ven como áreas en las que sea relevante. Por lo tanto, los esfuerzos de internacionalización en estas áreas son limitados [9-11].

La internacionalización no se convertirá en una empresa integral hasta que los profesores reconozcan y avalen la importancia de una conciencia global en todas las disciplinas. Por eso es que, si se implementa como un proceso integral, es importante que las partes interesadas reconozcan su importancia para todas las áreas académicas.

Cuando cubre toda la institución facilita la gestión de los líderes, tales como decanos y jefes de departamento, quienes deben estar en condiciones de establecer su relevancia e identificar cómo implementarla en cada disciplina específica. También es importante reconocer el papel de todos los miembros del sistema de educación institucional, del personal y de los estudiantes en los planes formales de internacionalización institucional.

4. LA INTERNACIONALIZACIÓN COMO PROCESO MULTIFACÉTICO

Acerca de la evaluación a los diversos esfuerzos de internacionalización, Harari y Reiff [12] opinan que el concepto debe ser concebido y aceptado como un paquete integral y multifacético, y no como una serie de capítulos inconexos. Lo multifacético hace hincapié en la necesidad de hilar múltiples actividades en el esfuerzo de internacionalizar la institución. Esto ejemplifica el concepto de equifinalidad derivado de la Teoría General de Sistemas, es decir, que hay varias maneras de lograr el objetivo de la internacionalización.

Para lograrlo, algunos investigadores [12-15] han identificado una serie de actividades que se debe llevar a cabo, entre las que se incluye esfuerzos intra-campus y el mejoramiento de los servicios académicos; realizar eventos sociales informales; además de esfuerzos externos, tales

como estudios en el extranjero, reclutamiento de estudiantes internacionales, intercambio de estudiantes y académicos internacionales, y múltiples formas de creación de redes mundiales. Otros han identificado condiciones o dimensiones esenciales para la internacionalización: compromiso con la organización, asignación adecuada de recursos, liderazgo, centralización y evaluación [16-20].

En los estudios sobre estrategias para, o dimensiones de, la internacionalización se subraya el hecho de que podría y debería ser implementada en una amplia variedad de formas, y abarcar la mayor cantidad posible de aspectos del proceso educativo. Por lo tanto, es importante que la institución, la facultad y el personal identifiquen: 1) las diversas facetas del proceso formativo que se podrían incluir en la internacionalización, y 2) las formas en que un aspecto particular del proceso formativo, por ejemplo, el plan de estudios, pueden ser internacionalizado. La internacionalización del plan de estudios podría incluir el uso de estudios de caso de varios países, un examen a las implicaciones o a la aplicabilidad de diversas teorías, prácticas o cuestiones entre las diversas naciones, las oportunidades de estudio o pasantías en el extranjero, o los intercambios educativos. Los administradores deben asegurarse de que los recursos, el compromiso institucional, el liderazgo, la planificación estratégica y la evaluación estén disponibles como pre-requisitos para el éxito de su aplicación.

5. CONCLUSIONES

Aunque muchas universidades en diferentes países han participado por décadas en actividades internacionales, solamente se han llevado a cabo como esfuerzos fragmentados y aislados que tienen lugar en la periferia de la actividad institucional [21, 22]. Solo recientemente se ha empezado a realizar esfuerzos para integrar la internacionalización en sistema de educación en general. Estos esfuerzos se pueden observar en el reconocimiento de la importancia del proceso en las misiones institucionales y en los esfuerzos administrativos para participar en la planificación estratégica de la misma. Cuando está completamente integrada, la internacionalización no es una hebra separada de las otras actividades, será como una faceta normal de la función académica diaria que se manifiesta de diversas maneras en la institución. Ya no tiene por qué ser una faceta de imperativos administrativos que necesita justificación, y a los profesores no se les tendrá que recordar el marco global en el que se contextualiza la educación.

Pero, ¿cómo sería un proceso normal de internacionalización en una institución de educación? Esto significa que todos los estudiantes adquirirían un nivel de conciencia global, que los prepara para el trabajo y la ciudadanía en un mundo globalmente interdependiente; y que la internacionalización hace parte integral del sistema de reconocimiento docente, en lugar de un medio para retrasar el progreso académico [23]. Pero requerirá esfuerzos, como desarrollar más cursos con enfoque internacional; mayores oportunidades para el desarrollo de los profesores en el sentido de mejorar su experiencia internacional; proporcionar incentivos para gratificar, en lugar de castigar la enseñanza, la investigación y los servicios que incluyan experiencias internacionales; y la infusión de contenidos en los cursos con un enfoque internacional, garantizando así que la conciencia global sea una faceta natural de las experiencias educativas de los estudiantes.

La mayoría, si no todas, las facetas de la internacionalización descritas han sido abordadas por diversos investigadores en las últimas décadas. Sin embargo, cuando están enmarcadas en una conceptualización como ésta a menudo parecen utópicas, idealistas y esencialmente inalcanzables. A pesar de que hace parte del debate es importante considerar si causa más daño que beneficio a la causa de la internacionalización, porque típicamente ha sido sostenida por sus

valores pragmáticos en una arena global competitiva. Pero en este contexto hay que volver a pensar en el paradigma idealista, especialmente en identificar y explicar cuál es la verdadera recompensa en términos de una educación internacional. Porque hoy la recompensa es económica y social, pero no idealista [24]. En un contexto en el que la competitividad ha proporcionado una base más de éxito para la internacionalización, hay que preguntarse si el tenor idealista de esta conceptualización solamente sirve para debilitar el apoyo a la misma. También vale la pena examinar el impacto del privilegio de razones y elementos particulares de la internacionalización. Además, dado el hecho de que todavía es marginal, es importante ver a todos los participantes en las actividades internacionales como socios, no como antagonistas, en los esfuerzos para lograrla.

Sin embargo, estas ideas también tienen valor en la estructuración de la internacionalización como proceso que sienta las bases para la inclusión de las actividades necesarias, independientemente de sus tendencias políticas y como pasos iniciales en una empresa educativa a largo plazo. Más significativamente, esta conceptualización se ofrece en un contexto de educación internacional, que en términos generales ha operado sin una definición explícita de lo que realmente significa. Además, en un sistema preocupado más por cuestiones sobre cómo aplicar la internacionalización, ha habido relativamente poco discurso académico de lo que debería ser, o significar, este concepto. Lo que se pretende aquí es que la conceptualización presentada proporcione el impulso necesario para un mayor diálogo sobre el tema.

REFERENCIAS

[1] Katz D. y Kahn R. (1978). The social psychology of organizations. Wiley and Sons.

[2] Aronowitz S. y Giroux H. (1991). Postmodern education: Politics, culture and social criticism. University of Minnesota Press.

[3] Giroux H. (1989). Schooling as a form of cultural politics: Towards a pedagogy of and for difference. En Giroux H. y McLaren P. (Eds.), Critical pedagogy, the state, and cultural struggle. Suny.

[4] McLaren P. (1998). Life in schools: An introduction to critical foundations of education. Longman.

[5] Hayward F. (1995). International opportunities and challenges for American higher education in Africa, Asia, and Latin America. En Hanson K. y Meyerson J. (Eds.), International challenges to American colleges and universities: Looking ahead. Oryx.

[6] Mestenhauser J. (1998). Portraits of an international curriculum: An uncommon multidimensional perspective. En Mestenhauser J. y Ellingboe B. (Eds.), Reforming the higher education curriculum: Internationalizing the campus. Oryx.

[7] Warner G. (1992). Internationalization models and the role of the university. Intern. Educ. Magazine 8(1), 21-32.

[8] Schechter M. (1993). Internationalizing the university and building bridges across disciplines. En Cavusgil T. (Ed.), Internationalizing Business Education: Meeting the challenge. Michigan State University.

[9] Lambert R. (1989). International studies and the undergraduate. American Council on Education.

[10] Schoorman D. (1997). Internationalization and its pedagogical implications: Understanding and implementing global perspectives in higher education. Doctoral dissertation. Purdue University.

[11] Wende M. (1997). Internationalizing the curriculum in Dutch higher education: An international comparative perspective. Journal of Studies in International Education 1(2), 53-72.

[12] Harari M. y Reiff R. (1993). Halfway there: A view from the bridge. International Educator 3(1), 16-19.

[13] Arum S. y Van de Water J. (1992). The need for a definition of international education in U.S. universities. En Klasek C. (Ed.), Bridges to the future: Strategies for internationalizing higher education. Association of International Education Administrators.

[14] Harari M. (1992). The internationalization of curriculum. En Klasek C. (Ed.), Bridges to the future: Strategies for internationalizing higher education. Association International Education Administrators.

[15] Knight J. y de Wit H. (1995). Strategies for internationalization of higher education: Historical and conceptual perspectives. En de Wit H. (Ed.), Strategies for internationalization of higher education: A comparative study of Australia, Canada, Europe and the United States of America. European Association for International Education.

[16] Aigner J. et al. (1992). Internationalizing the university: Making it work. En International Education Forum.

[17] Rahman T. y Kopp L. (1992). Administration of International Education. En Klasek C. (Ed.), Bridges to the future: Strategies for internationalizing higher education. Association of International Educators.

[18] Rudzki R. (1994). Internationalization of U.K. Business schools: Findings of a national survey. EnSsixth annual conference of European Association for International Education. London, UK.
[19] Van Dijk H. y Meijer C. (1994). Internationalization of higher education in the Netherlands: An exploratory study of organizational designs. En Sixth annual conference of European Association for International Education. London, UK.
[20] Ellingboe B. (1998). Divisional strategies to internationalize a campus portrait: Results, resistance, and recommendations from a case study at a U.S. university. En Mestenhauser J. y Ellingboe B. (Eds.), Reforming the higher education curriculum: Internationalizing the campus. Oryx.
[21] Van de Water J. (1991). International degree: From the margin to the mainstream. AIE Newsletter 43(2), 1-13.
[22] Davies J. (1992). Developing a strategy for internationalization in universities: Towards a conceptual framework. En Klasek C. (Ed.), Bridges to the future: Strategies for internationalizing higher education. Association International Education Administrators.
[23] Goodwin C. y Nacht M. (1991). Missing the boat: The failure to internationalize American higher education. Cambridge.
[24] Desruisseaux P. (1996, November). U.S. is less hospitable nowadays, foreign students and scholars find. Chronicle of Higher Education 43(14), A45.

8

Innovar el modelo de enseñanza: Tarea pendiente del sistema de educación

En muchos estudios se habla de la falta de procesos que innoven las prácticas de enseñanza en la educación, y que los profesores tienen reticencias para utilizar eficientemente los recursos de Tecnologías de la Información TI que las instituciones ponen a su disposición. En este trabajo se hace un examen a los problemas para implementar procesos de innovación en la educación y a los mecanismos que las instituciones aplican para tratar de promoverla. También se analiza factores como el ambiente para la enseñanza, la asignación de recursos y el apoyo a las consultorías especializadas; se discute los peligros que se generan por la actual desincronización entre la innovación y su aplicación, y se examina la importancia de ofrecer una atención adecuada al diagnóstico de estos problemas. Finalmente, se presenta un marco de trabajo para incorporar la innovación en el escenario de la enseñanza en el sistema de educación.

INTRODUCCIÓN

Las necesidades, objetivos y recursos de las instituciones de educación son variables y es de esperar que ello se refleje en sus planes de estudios y modelos educativos, aunque incluso al interior de las mismas existen variaciones considerables. En estos contextos las diferencias en las metas formativas, la tradición y el personal docente y administrativo hacen que muchos de los problemas de la enseñanza sean específicos y no generales [1]. Entre estos problemas se encuentra el de la innovación del modelo de enseñanza, que para algunas instituciones parece ser cotidiana, pero que para otras parece no tener la importancia necesaria.

Por otro lado, lo que para unas es innovación, para otras bien puede ser una práctica tradicional, por lo que en este trabajo se prefiere definirla como *un cambio planificado en respuesta a un problema percibido*, más que como a la introducción de algún nuevo método o técnica [2]. El proceso de innovación es lo fundamental, no el contenido, y es mediante la evaluación a los problemas y procesos, en lugar de a nuevos métodos y técnicas, que se puede analizar mecanismos institucionales para promover la innovación en el modelo de enseñanza.

Aunque se podría enumerar una amplia gama de razones acerca de por qué el asunto de la innovación del modelo de enseñanza no hace parte activa de la agenda educativa, se puede identificar algunas razones obvias para ello:

- Falta capacitación en los profesores
- Se privilegia a la investigación o los servicios sobre la enseñanza
- La no existencia de reconocimiento a la *buena enseñanza*
- La no existencia de castigo a la *mala enseñanza*
- Temor a los desarrollos TI y a su implementación didáctica

Pero también existe factores, un poco más sutiles, que imposibilitan la innovación en el modelo de enseñanza y una revolución al sistema de educación. Muchos de ellos se relacionan directamente con la práctica impuesta, aunque disfrazada como voluntaria, por los procesos de acreditación de programas e instituciones. Al buscar este reconocimiento los planes destinados a innovar o redefinir la propuesta de valor de la enseñanza deberán estar aislados del modelo de negocios o, de lo contrario, se tendrán que ajustar a las exigencias del organismo competente. La respuesta institucional es crear una unidad autónoma como recurso fundamental para iniciar el proceso de acreditación, afectando de esta manera cualquier iniciativa de innovación que no esté alineada con sus planes.

En otras palabras, aunque no hay duda de que esta práctica inhibe la innovación en cierta medida, especialmente con respecto a instituciones relativamente nuevas, las barreras a la innovación en el modelo enseñanza son más complicadas y no son solamente culpa de los desagradables procesos de acreditación. En este sentido, en el presente capítulo se trata de responder a:

1. ¿Cuáles son las barreras para la innovación en el modelo de enseñanza?
2. ¿Qué tipo de políticas debe tener una institución para promover esa innovación?
3. ¿Cuál debería ser el papel de los servicios de soporte institucionales en relación con esa innovación?

Además, se analiza factores como el ambiente para la enseñanza, la asignación de recursos y el apoyo a las consultorías especializadas, se discute los peligros que se generan por la

desincronización entre la innovación y su aplicación, y se examina la importancia de ofrecer una atención adecuada al diagnóstico de estos problemas. Finalmente, se presenta un marco de trabajo para incorporar la innovación en el escenario de la enseñanza.

1. BARRERAS PARA LA INNOVACIÓN

Vamos a examinar algunas de las barreras que limitan o impiden la innovación en los procesos de aprendizaje que hacen parte del contexto general de la educación. Todas son restricciones significativas para la innovación y, debido a que existe diferentes estrategias para ignorarlas o abandonarlas, es poco probable que a corto plazo se obtenga los beneficios necesarios.

- *Conformismo con la situación actual*. A menos que un profesor perciba cierta *discrepancia* entre sus objetivos y sus logros, siempre considerará a la innovación como algo indeseable e innecesario, entonces, la forma en que expresa su insatisfacción es fundamental para determinar en qué medida se sentirá atraído por la innovación. Si este profesor no tiene un problema la innovación le parece irrelevante, aunque es probable que esa insatisfacción se derive de una crítica propia a sus objetivos, de su evaluación (*exámenes*) al logro de los resultados de aprendizaje o de su percepción del entorno de opinión acerca de la enseñanza, tanto de sus compañeros como de los mismos estudiantes. Y es menos probable que surja por hacerse consciente de la *mejor* alternativa, ya que no percibe la necesidad de algo *mejor*. En este contexto el *ambiente para la enseñanza* en la institución es muy importante, y la presencia o ausencia de servicios de soporte para la educación tendrá poca valía, salvo en la medida que influencien dicho ambiente.

- *No se da prioridad a los procesos para la enseñanza*. Muchas instituciones de educación tienden a considerar la innovación docente con relativamente poca importancia y la ignoran casi totalmente, sobre todo cuando se trata de hacer nombramientos, reconocimientos y promociones de profesores. Cuando este es el caso, el reconocimiento por innovar es enteramente intrínseco y, en tales circunstancias, innovar significa pasar *mucho más tiempo* en la enseñanza y menos tiempo en la investigación o la administración. Características que les puede brindar los puntos necesarios para una promoción.

- *Falta de recursos*. La existencia de servicios de soporte para la enseñanza, como los centros de alta actividad en TI para la educación que algunas instituciones tienen estructurados, podría interpretarse como una señal de que se destina algunos recursos dirigidos específicamente a su innovación. Pero la adquisición de tecnología para la educación no es suficiente para este fin. Para darle un verdadero uso a esa tecnología es probable que los profesores tengan que dedicarle mucho más tiempo y, ya que es probable que rara vez estén dispuestos a invertir más tiempo en la enseñanza, el tiempo para la innovación tiene que venir de una reasignación de los recursos didácticos existentes.

- *Falta orientación para desarrollar innovaciones útiles*. Un profesor necesita resolver *sus propios* problemas en *sus propios términos*, pero a menudo tiene muy poca idea de cómo proceder. Muchos han perdido tiempo en innovaciones relativamente infructuosas porque carecen de una orientación adecuada, y a menudo no definen adecuadamente la verdadera naturaleza de sus problemas. Estos intentos frustrados han ayudado a promover un clima de opinión que considera que la mejora es poco probable, y a que se considere que todos los aspirantes a innovadores son *falsos profetas*; aunque muchos consideran estas *vacunas* contra la innovación como experiencias de maduración necesarias para los profesores [3].

- *Ignorancia acerca de innovaciones posibles*. Indudablemente existe una considerable ignorancia acerca de los métodos novedosos para la enseñanza, de la investigación sobre nuevos y antiguos métodos, y sobre las innovaciones en otras instituciones y en otras instancias de la propia institución. Sin duda esto es una barrera a la innovación, aunque su importancia posiblemente esté sobrevalorada. ¿Tiene sentido, por ejemplo, difundir esa información a personas que están perfectamente satisfechas con su situación actual?

2. FACTORES PARA EL ÉXITO DE LA INNOVACIÓN

De los problemas para la innovación en el modelo de enseñanza se puede identificar tres factores que afectan sus probabilidades de éxito: 1) el ambiente para la formación en la institución, es decir, las actitudes de los profesores, estudiantes y administradores; 2) la asignación de recursos específicamente para la innovación, en particular la liberación de tiempo para que los profesores puedan desarrollarla; y 3) la prestación de servicios de soporte adecuados para lograrla.

- *Cambios en el ambiente para la enseñanza*. El clima para la enseñanza en una institución de educación es difícil de describir y aún más de cambiar, pero vale la pena examinar algunos de los factores que inevitablemente lo afectan. El primero son *las políticas de la institución*, o más bien su práctica normativa, para nombramientos, reconocimientos y promociones [4]. Visto en el peor de los escenarios, no es raro que en algunas instituciones todo lo que tenga que ver con los procesos de enseñanza se vea como una responsabilidad y no como un motivo de preocupación, por lo que se omite todo lo que tenga que ver con su innovación, divulgación o debate. Sería tanto imposible como indeseable tratar de ponderar específicamente la capacidad de estas instituciones para *enseñar*, porque lo asumen más bien como una responsabilidad de alguno de los miembros de un comité para especificar y plantear cuestiones que, la mayoría de veces, parecen irrazonables [5].

  Un segundo factor es *el grado en que enseñar y aprender* hacen parte normal de los debates que se plantean acerca de sus problemas y otras cuestiones. Esta es una responsabilidad de los profesores o directores que no solo tiene que ver con que la enseñanza se discuta, sino también que se establezca el alcance de su discusión. Pero incluso, aunque el profesor esté dispuesto a cumplir con esta función, no es fácil garantizar un debate productivo, más que uno trivial o recriminatorio, y a menudo se termina realizando de forma tradicional [6]. Esta es un área en la que podría ser útil el asesoramiento de un consultor con experiencia, ya que de nada sirve discutir un problema a menos que los participantes tengan alguna noción de cuáles soluciones serían las más adecuadas, y que estén convencidos de que sus decisiones se tomarán en serio y se aplicarán apropiadamente.

  El tercer factor, de creciente importancia, es *la participación de los estudiantes en los debates sobre la enseñanza y la evaluación*. La participación de los estudiantes sin duda puede aumentar las posibilidades de incluir la innovación de la enseñanza en la agenda académica y de debatirla antes de aplicarla, pero esto, por sí mismo, no garantiza que el debate sea productivo. Discutir solamente *quejas* acerca de la enseñanza y la evaluación suele dar lugar a reacciones defensivas, lo que requiere cierto grado de *confianza* mutua entre profesores y estudiantes, antes de discutir *conjuntamente* acerca de la necesidad de innovar el modelo de enseñanza [7]. Además, este ambiente se ve influenciado por, y tiene una influencia en la institucional en general y en la naturaleza de las relaciones entre los estudiantes y la misma.

  Finalmente, el ambiente para la enseñanza se puede afectar por alguna clara *determinación desde la administración*, en la que se concede verdadera importancia a la función docente.

Antes que nada, las directivas tienen que interiorizar una postura que soporte esa indicación, y luego tienen que proporcionar los recursos necesarios para el desarrollo y el mejoramiento del ambiente para la enseñanza y la evaluación.

- *Asignación de recursos para innovar la enseñanza*. Hasta hace poco la asignación de recursos, específicamente para innovar los procesos de enseñanza y evaluación, se limitaba a la prestación de servicios de soporte, principalmente en el área TI, y se justificaba por su potencial para reducir costos y apelando a la mal llamada *modernización educativa*. Aunque esta política refleja los puntos de vista de la década de 1960, la experiencia ha demostrado que presenta una serie de desventajas graves [8]:

  1. Tiene muy poco efecto sobre el ambiente de la enseñanza.
  2. Tiende a transferir la responsabilidad de la innovación de los profesores a los servicios de soporte, por lo que a menudo son ignorados y culpados por la falta de impacto.
  3. Subestima la cantidad de esfuerzo que supone para los profesores.
  4. Dado que gran parte de su preocupación por la enseñanza es inevitablemente de *segunda mano*, los vínculos entre los servicios de soporte y los estudiantes pueden ser muy débiles.
  5. Crea una situación donde las *soluciones* buscan problemas, y no al contrario.
  6. El modelo de innovación es inevitablemente al azar y espasmódico, y hay poca garantía de que tenga alguna relevancia para los principales problemas y necesidades de la institución.

  Algunos de estos inconvenientes se pueden superar si se estructura un rango más amplio de utilidad y uso para los servicios de soporte, y si se destina los fondos necesarios específicamente para la capacitación y apoyo de los profesores. Esperar que un investigador sacrifique el tiempo de su investigación no es realista, pero es posible reasignar los recursos para la enseñanza de tal forma que se consiga el tiempo necesario para desarrollar innovaciones en el proceso de enseñanza, además de mejorar la relación profesor-estudiante [4]. Después de todo, la evidencia sobre el efecto Hawthorne [9-11] es lo menos que se puede esperar de la innovación. También es posible, particularmente en las ciencias, emplear a un miembro del equipo de investigación para que experimente la innovación en la enseñanza, a la vez que refuerza la producción del grupo de investigación.

  En todo caso, asignar tiempo para realizar actividades de innovación podría tener un efecto significativo sobre el ambiente institucional, y darle reconocimiento oficial a la innovación en los procesos de aprendizaje es probable que aliente a la publicación del trabajo, lo que le atribuye un estatus adicional. Por supuesto, esto depende de que se utilice adecuadamente tanto el tiempo como los recursos en la innovación, ya que alguien sin experiencia y sin formación adecuada puede que no tenga ninguna garantía de lograr los objetivos. Una vez más el papel de los servicios de soporte puede ser importante, aunque persiste la posibilidad de que se cree un grupo particular, e inevitablemente de bajo nivel académico, dedicado a estudiar los problemas de la enseñanza, mientras que los demás siguen adelante con sus investigaciones [12]. Para evitarlo es esencial que la persona interesada en innovar el proceso de enseñanza interactúe hacia el interior y el exterior de la institución, con aquellos que tienen cierta experiencia en el tema, y que no trate de trabajar por su cuenta, aunque sea a costa de la *productividad*.

  Esto pone de relieve la prueba fundamental de una estrategia de innovación: ¿se puede localizar efectivamente la responsabilidad de la innovación al interior del equipo de profesores

de planta, o se localiza en otras fuentes, ya sea con los servicios de soporte o con algún grupo no representativo, que han sido lo suficientemente arriesgados como para aplicar su talento a los problemas de la enseñanza? Disponer del tiempo suficiente para la innovación del modelo de enseñanza es una condición necesaria, pero no suficiente para pasar esta prueba.

- *Servicios de soporte asociados*. Actualmente se percibe tres funciones distintivas de los servicios de soporte para la enseñanza: 1) mejorar las habilidades y capacidades de los profesores, 2) desarrollar recursos para la enseñanza, y 3) ayudar con el diseño y evaluación de alternativas. La primera tiene que ver con el profesor en su papel de asesor/moderador que, tradicionalmente, toma dos formas: *exhortar* al uso de ayudas visuales y colaborar con su producción, y *suministrar* listas de control sobre *qué hacer* y *no hacer* en docencia. Estas tareas no son redundantes, aunque la estrategia de ejecutarlas a través de conferencias o mediante la circulación de documentos impresos ha demostrado claramente no tener éxito. Hay evidencias de que las ayudas visuales aún son ignoradas por un gran número de profesores, y que a diario se viola muchas de las reglas de rendimiento más elementales. La razón para que esto se dé no es la falta de información, sino de motivación, y por esto no se debería juzgar a los servicios de soporte, sino al ambiente para la enseñanza.

  En cualquier caso, el enfoque *exhortar* y *suministrar* para mejorar esas habilidades y capacidades ha sido reemplazado tecnológicamente por el uso de, por ejemplo, circuitos cerrados de televisión. Es decir, en lugar de ofrecer conferencias acerca de la ineficiencia e ineficacia de las conferencias, es posible verlas en televisión e incluso grabarlas; lo que se ha refinado aún más en el llamado enfoque de *micro-enseñanza*, donde el profesor puede hacer una práctica de unos minutos impartiendo una conferencia a un grupo pequeño de estudiantes y grabarla, luego escuchar esa interpretación e intentarlo de nuevo con otro grupo, y así sucesivamente; conferencia que, por lo general, se concentra en *solo una habilidad de enseñanza específica* [13].

  La forma como normalmente se practica este enfoque presenta dos inconvenientes importantes: 1) tiende a concentrarse en habilidades técnicas y a ignorar la semántica y los elementos específicos de la temática de enseñanza, y 2) a darle al profesor el título definidor de lo que constituye una *buena enseñanza*, en lugar de lo que hace otro profesor o estudiante, y esto lo aísla y lo obliga a ejecutar el mal llamado papel de *experto*. Ambas desventajas tienen el efecto de separar la experiencia general de la experiencia específica en la temática, y de hacer más fácil señalar al profesor por no conocer del tema [14].

  Las experiencias reportadas indican que un factor crucial en la innovación del modelo de enseñanza es complementar la experiencia general con la experiencia particular de los *buenos* profesores de asignatura; por lo que no es estratégicamente conveniente, ni siquiera teóricamente válido, esperar que un profesor pueda resolver por su cuenta todos los problemas acerca de temas específicos [14, 15]. Una forma de solucionar estas dificultades es tratar de involucrar en la observación a grupos de profesores, para que se ayuden entre sí y buscar que los estudiantes expresen lo que piensan. Sin duda que registrar y revisar el rendimiento docente puede contribuir a mejorar las habilidades en la enseñanza, y es una función importante para que la lleven a cabo los servicios de soporte. Sin embargo, todavía no se conoce el gran encanto para que esta casi terapéutica experiencia atraiga más allá de una minoría de profesores.

  Mientras tanto, aquellos que carecían de fe en *cambiar la naturaleza humana* esperan mejoras de carácter más tecnológico, y establecen servicios de soporte para desarrollar recursos

alternativos para la formación [16]. Algunos de los que hablaron de darle al *profesor excepcional* grupos más numerosos y de esa manera reducir costos, hacen hincapié en el potencial de los medios de comunicación, particularmente de la televisión; los que hablaban de cambiar el énfasis de formar por el de aprender, y adaptarlo a las necesidades individuales de los estudiantes, primero hacen hincapié en el aprendizaje programado y luego en otras formas de estudio independiente, como el enfoque *audio-tutorial* [17], el *plan Keller* [18] y la *instrucción modular* [19], pero las experiencias al aplicar estos enfoques dan lugar a conclusiones similares:

1. El tiempo necesario para que los profesores desarrollen nuevos recursos es considerable, además de que es improbable que todos lo donen, aunque unos pocos entusiastas sí logran el reconocimiento de este tiempo.
2. El desarrollo de nuevos recursos es mucho más rentable cuando se establece como parte del diseño o rediseño de un curso completo.
3. Las mejoras son mucho más propensas a ser cualitativas que cuantitativas.
4. El papel del profesor cambia, pero no disminuye, y es más probable que su rol sea de un tutor/consejero y menos el de un actor/moderador.

A este tipo de trabajo se le ha dado impulso en algunas instituciones, que han sido capaces de invertir recursos adecuados para los procesos de aprendizaje, pero todavía hay que esperar a que la mayoría de las convencionales se inclinen hacia el patrón de institución innovadora, o a si las innovadoras se harán más convencionales debido al crecimiento de las presiones académicas tradicionales en sus profesores [20]. Sin embargo, la convicción es que el potencial de destinar nuevos recursos para la innovación en la enseñanza apenas comienza a ser explorado. Puede que todavía los materiales de calidad sean escasos, pero en momentos posteriores podría haber muchos más: si se realiza la inversión y si los defensores de la alternativa de recursos para innovar el modelo de enseñanza sobreviven al doble peligro de los escépticos y los entusiastas.

Por otro lado, originalmente en la mayoría de instituciones se crearon, por un lado, las *unidades de métodos de enseñanza*, para que cumplieran la primera función de soporte y mejoraran las habilidades y capacidades de los profesores y, por otro lado, las *unidades de tecnología para la enseñanza*, para que cumplieran la función de desarrollar recursos para la enseñanza. La cuestión es que ambos tienden a superponerse en sus respectivos territorios, a menudo porque en realidad solo una de ellas existe en la institución y a que ambas han ido asumiendo la tercera función de soporte, es decir, asesorar en el diseño y evaluación de la enseñanza [16, 21]. Esta tercera área de soporte es mucho más controversial, debido a que invade áreas académicas tradicionales y es mucho más amenazante para la innovación. Además, porque carece de un cuerpo de conocimiento aceptado en educación, lo que podría justificar con más argumentos la necesidad del profesor especializado [22], y porque se basa, más que en otras funciones, en asignar mayor tiempo a la planificación y evaluación que al proceso de enseñanza.

¿Por qué entonces los servicios de soporte han decidido invadir ese difícil y poco gratificante territorio? Porque ignoran que es un despropósito de sus otras actividades. Después de todo ¿cuál sería el propósito de ayudar a alguien a mejorar su discurso, cuando los estudiantes podrían obtener la información en la web? y ¿cómo se puede diseñar y evaluar los recursos para la enseñanza, sin clarificar primero sus objetivos básicos? Sin duda, la selección de métodos apropiados debe ser tan importante como su mejoramiento, pero a cambio es más radical y mucho más difícil de lograr.

3. ANÁLISIS CONTEXTUAL

Una estrategia para innovar el modelo de enseñanza, y que involucró los anteriores factores, fue defendida públicamente en 1970, y es probable que hoy reciba un amplio apoyo de los que trabajan en servicios de soporte, incluso de organismos oficiales al interior de las instituciones [23]. Pero a pesar de estar aún muy lejos de la práctica normativa, está cerca de convertirse en *sabiduría popular*. No obstante, tiene series deficiencias, tales como el aislamiento relativo de profesores y estudiantes de los servicios de soporte, dificultad para evaluar los logros de la innovación, una escasa atención al diagnóstico de los problemas, y la tendencia a concentrarse en problemas que se ajustan fácilmente a paradigmas de solución disponibles.

En todo caso, los servicios de soporte siempre estarán aislados de profesores y estudiantes, porque tienen una función diferente, por lo que reducir ese grado de aislamiento debe ser uno de los objetivos de cualquier estrategia de innovación al modelo de enseñanza [24]. Una forma de hacerlo es planear mejor o evitar la superposición de funciones, dando a los consultores de servicios de soporte un papel menor en los procesos de enseñanza, y a los profesores debidamente cualificados y con experiencia el rol de asesoramiento. Otra es incrementar, si es posible, el nivel de contacto informal entre consultores, profesores y estudiantes. Pero incluso un gran esfuerzo por mantener los contactos de todo tipo y en todos los niveles será de poca utilidad si persiste el aislamiento intelectual. Algo que se denomina, a veces despectivamente, como una *brecha en el lenguaje* y que puede ser sintomático de algo mucho más profundo: diferentes puntos de vista acerca de la naturaleza y la validez de la experiencia formativa.

En un extremo están los que consideran que el alcance del conocimiento en la enseñanza es limitado, pero de gran validez, aunque existe formas de ofrecer una buena conferencia o una buena clase, y todo lo que se tiene que hacer es memorizarlas [25], por lo que la capacitación de los profesores se orienta básicamente a contratar *expertos temáticos* que les ofrezcan cursos intensivos sobre métodos y modelos de enseñanza. En el otro extremo están los que consideran que el conocimiento en la enseñanza debe ser más amplio en su alcance y de mayor vigencia [25], y generalmente se ven a sí mismos como una rara mezcla entre un psicólogo del comportamiento y un ingeniero de sistemas. Para ellos un profesor es solamente un *experto en la materia* (oráculo) que debe ser entrevistado, nunca un *profesor* a quien se consulta. De hecho, les resulta inconcebible que los profesores puedan tener algún conocimiento relevante para contribuir a la temática de la enseñanza y la evaluación.

En tercer lugar, hay quienes consideran al conocimiento en la enseñanza con un alcance más amplio, pero con poca vigencia. Como *tecnólogos de la enseñanza* apoyan la declaración de Galbraith [26] acerca de que la tecnología es el medio para la aplicación sistemática de conocimiento científico y otros orientados a tareas prácticas, pero sigue siendo dudoso cómo existe realmente mucho de ese conocimiento científico y organizado en el campo de la enseñanza. Considerando el reducido alcance, los puntos de vista de alta validez que localizan casi toda la habilidad pertinente en el experto en la materia y en el amplio alcance, y los que localizan prácticamente toda la habilidad en el consultor, es necesario pensar en el concepto de *habilidades, destrezas y capacidades complementarias*.

Aunque es posible que los *expertos* en la materia puedan resolver los problemas de la enseñanza exclusivamente con base en su propio conocimiento y experiencia, y la de sus colegas, también es posible que se beneficien del nuevo conocimiento y la experiencia de un consultor. Esta posición de las habilidades complementarias es muy difícil de mantener en la práctica, porque la

brecha entre un consultor, que no puede resolver los problemas por su cuenta sin la participación y asistencia de los profesores, y un consultor que no sirve para nada, a veces puede parecer peligrosamente estrecha [27].

El problema de la evaluación también es un tema importante, y de nuevo hay dos extremos: 1) es tentador considerar la mera apariencia de un cambio como indicador de logro, especialmente para los servicios de soporte, ya que hace mucho más fácil justificar su existencia. El hecho de que un profesor decida mostrar algunas películas a los estudiantes o consultar a un tecnólogo de la enseñanza, no indica en sí mismo que haya aplicado alguna innovación en los procesos de enseñanza. Cualquier intento por considerar estas actividades como fines en sí mismas tiende a conducir a una concentración en cambios marginales, que son fáciles de hacer a expensas de innovaciones fundamentales que se tardan más en alcanzar. Esto es particularmente peligroso, cuando el refinamiento del modelo de enseñanza obstaculiza el desarrollo de un modelo nuevo y más deseable.

Este mismo problema del cambio marginal versus cambio insignificante surge con la posición contraria: 2) la demanda por indicadores cuantitativos de éxito no-ambiguos, aunque solo sea posible obtenerlos cuando se cumple estas condiciones:

1. No se modifica los objetivos del curso
2. No se modifica el modelo de evaluación
3. No hay discrepancias entre las intenciones de los profesores y la evaluación
4. No se modifica el número de estudiantes
5. No se modifica el contexto del proceso de aprendizaje

Estas condiciones raramente se cumplen en la práctica, pero la alternativa, que consiste en establecer un experimento controlado, no es popular entre profesores y estudiantes. Aunque, como lo indican MacKenzie et al. [16], tampoco está libre de problemas metodológicos. La evaluación de una innovación necesariamente debe involucrar componentes cuantitativos y cualitativos, así como juicios personales de valor [28-30]. Pero existe pocas pruebas de que, en la práctica y a escala significativa, se cumpla este tipo de evaluación, en parte porque se presume una falta de formación y en parte debido a la falta de recursos.

Las últimas dos dificultades, escasa atención al diagnóstico de problemas y la tendencia a concentrarse en problemas que se ajusten fácilmente a paradigmas de solución disponible, están estrechamente relacionadas. Cuando los recursos son escasos se tiene la tendencia a no desperdiciarlos en investigaciones preliminares, que no tienen una obvia e inmediata amortización [31]. Así que cualquier estrategia conducirá inevitablemente a una concentración de los recursos disponibles en trabajos de desarrollo, es decir, a solucionar problemas sin detenerse a considerar si se está abordando el *verdadero problema*, o si simplemente se está abordando algunos de sus síntomas más evidentes.

Puesto que existe una renuencia similar a malgastar recursos en la evaluación, el diagnóstico erróneo de un problema puede tardar mucho tiempo en manifestarse. La tendencia a concentrarse en paradigmas de solución, disponibles para abordar los problemas de la enseñanza, tiene el mismo origen: una necesidad de continuar con el trabajo. Además, se magnifica por el hecho de que a menudo estos paradigmas hacen parte de la experiencia que el consultor aporta a la situación, pero él también se siente tentado a buscar y a definir problemas en los que su propio conocimiento y experiencia sean percibidos claramente como relevantes; una tendencia que se ve reforzada por la naturaleza marginal e insegura de su trabajo [32].

4. MARCO DE TRABAJO PARA INNOVAR EL MODELO DE ENSEÑANZA

Se ha dicho antes que a menos que haya conciencia de la existencia del problema es poco probable que ocurra la innovación, pero se ha omitido señalar que el corolario evidente de este axioma es falso. Cuando la innovación se produce necesariamente no está relacionada de manera directa y lógica con la naturaleza del problema, y esto se manifiesta de forma implícita cuando se habla de la negligencia al diagnosticar el problema adecuado, ya que su conocimiento puede conducir fácilmente a una innovación apresurada, sin ningún tipo de investigación útil acerca de la naturaleza del mismo. Esta discrepancia entre las innovaciones y los problemas es alentada por el tratamiento totalmente independiente que se le da en la literatura de la educación. Si el contenido de este capítulo hubiese sido concebido principalmente para describir la innovación, especialmente los *nuevos* métodos y técnicas, probablemente hubiese tenido que incluir títulos afines como micro-formación, proyecto de trabajo, evaluación continua, desarrollo de cursos, grupos de estudio, televisión, simulación, plan de cursos de Keller, etc. Pero si su contenido se compara con la siguiente lista de problemas, no es fácil encontrar correspondencia entre ellos:

- Dificultades de los estudiantes para trabajar de forma independiente.
- Falta de interacción entre las asesorías de los procesos de aprendizaje.
- Alta tasa de deserción.
- Los estudiantes sienten que la carga de trabajo formal no les da tiempo para desarrollar pensamiento independiente.
- Los estudiantes no discuten los trabajos con sus pares.
- Los estudiantes perciben el plan de estudios como irrelevante o sesgado ideológicamente.
- El uso de material de base es críticamente insuficientemente.
- Los llamados *exámenes* tienen falencias en la aplicación de conceptos importantes.
- Persiste una atención insuficiente a los problemas individuales de los estudiantes.
- Conferencias (clases) aburridas o difíciles de comprender.
- Solicitud de textos innecesarios, desactualizados o de poca demanda.
- Los cursos de primer año asumen que los estudiantes tienen conocimientos suficientes.
- Persisten *castas* estudiantiles en cuanto el nivel de comprensión y participación.
- Los procesos de aprendizaje no están relacionados entre sí.
- Las discusiones en el aula tienden a ser aleatorias e inconsecuentes.
- El profesor usa inadecuadamente la literatura y los recursos TI.

Una lista de innovaciones, limitada a las últimas incorporaciones para expandir continuamente el repertorio de ideas y técnicas, relevantes para cualquier problema en particular, es poco probable que sirva para demostrar que la naturaleza del problema ha sido plenamente explorada. Incluso entonces no es de sorprender si la mayoría de los problemas se abordan sin la participación de alguna de las típicas *listas de conferencias* acerca de innovación en la enseñanza. Así que, en lugar de abordar las situaciones de consultoría con un portafolio de innovaciones y un presupuesto destinado exclusivamente a proporcionar recursos para trabajos de desarrollo, lo que aquí se propone es tratar de aplicar el marco de trabajo de la Figura 1, orientado a los problemas y a la innovación del proceso de la enseñanza.

El marco propuesto consta de cinco fases y de dos tipos principales de actividades: las formales, tales como búsqueda de investigaciones, estudiar y contribuir a la literatura, propuestas del comité, capacitación y enlace con otras instituciones; y las actividades organizadas menos formalmente, como discusiones y consultorías. Cada fase, excepto la primera, puede delegarse a un grupo de trabajo responsable, al comité de enseñanza o al área académica involucrada. Este grupo deberá incluir profesores del área, estudiantes y consultores, pero la labor de consultoría

la debe asumir otros miembros del cuerpo académico y personas de los servicios de soporte. También debe ser capaz de utilizar el tiempo libre de los profesores y los asistentes de investigación, siempre que haya sido previsto adecuadamente en el presupuesto. Así, algunos miembros del grupo de trabajo solo tendrán el papel de ponentes, pero otros también tendrán el rol de trabajo como tal.

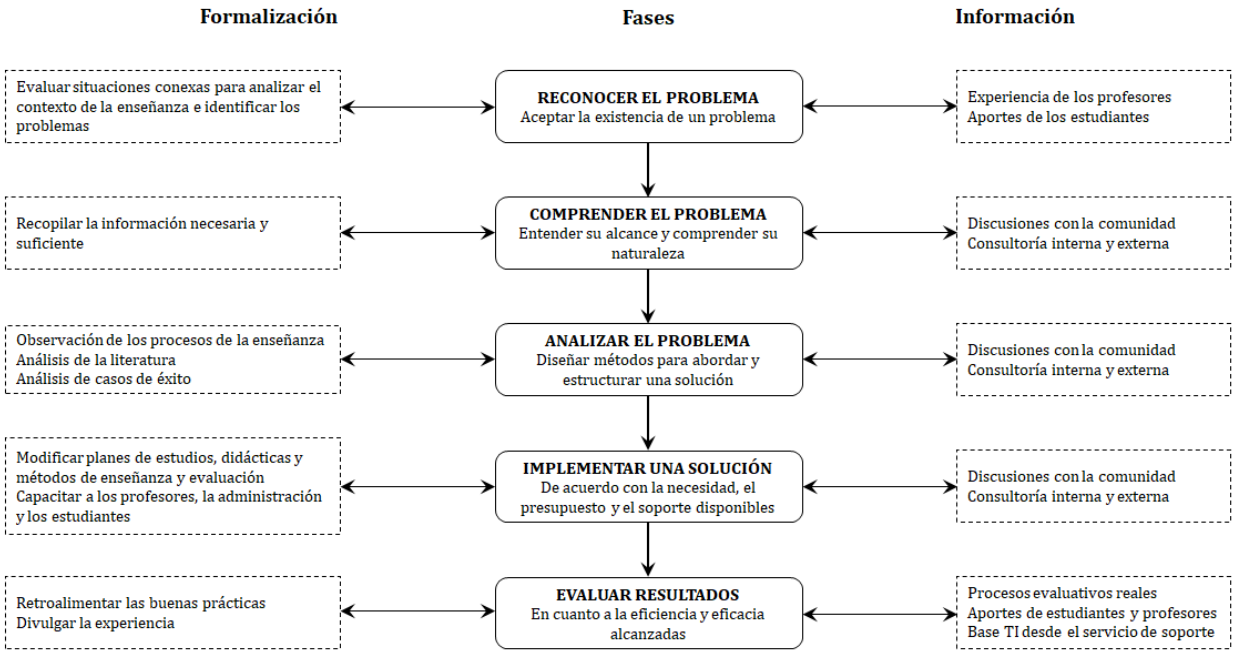


Figura 1. Marco de trabajo para fomentar la innovación en el modelo de enseñanza

El presupuesto estará bajo el control de la institución y del comité de enseñanza, que serán responsables de crear los grupos de trabajo y de decidir qué problemas deben tener prioridad. Además, recibirán los reportes de las unidades de servicio de soporte y solicitarán a cada grupo la elección de las personas responsables de cada tarea. Otras funciones pueden incluir la coordinación de la información, debatir los aspectos de las políticas institucionales que afectan la enseñanza y una responsabilidad especial para estimular la conciencia de que existe un problema. Esta última función es probablemente la más difícil, y la experiencia sugiere que es necesario planificarla de forma separada para cada institución, y que una estrategia mixta puede ser útil. Esto podría incluir a los problemas de exploración utilizando las fuentes de información sugerida en la Figura 1 de manera regular y organizada, y la consideración de reportes detallados de la posibilidad de innovaciones relevantes en los departamentos vecinos o similares en otras instituciones. Incluso, en última instancia, esta estrategia dependerá para su éxito del ambiente de la enseñanza en la institución, que es la clave de todo el proceso.

5. CONCLUSIONES

En este trabajo se discute algunos factores que afectan la implementación de la innovación en el modelo de enseñanza, y se plantea elementos para su evolución en un contexto más amplio. Allí se incluye el incremento de la presión que tienen las instituciones para competir entre sí por estudiantes y para alcanzar el presupuesto que les permita su financiación, lo que se traduce igualmente en mayor presión sobre las diversas áreas administrativas, de algunas instituciones, para ahorrar costos a la vez que para recaudar fondos. Asimismo, la creciente orientación por la estandarización y el registro de marca de productos y de servicios relacionados con la enseñanza, unidos a una internacionalización cada vez exigente, al aumento de la presión sobre los profesores para formar y capacitar adecuadamente a los estudiantes, al rápido desarrollo de TI y

a un creciente interés en cómo las nuevas tecnologías se pueden utilizar para proporcionar productos y servicios que permitan alcanzar los objetivos misionales.

La falta de una adecuada promoción y sensibilización de la innovación en la educación son factores que les hace falta a las instituciones, para lograr una mejor práctica formativa y para alcanzar la aceptación de profesores y estudiantes que, de forma generalizada, la comunidad identifica como problemas a los que debe sobrevivir. Aun cuando los profesores manifiestan su deseo de ser mejores en su profesión, la falta de esta motivación es a menudo la respuesta al problema que genera los continuos cambios en el contexto más amplio de la educación. En particular, muchos de los factores, que imposibilitan aplicar innovación al modelo de enseñanza, están vinculados a la competencia institucional, a la creciente carga de trabajo de los profesores y a una baja condición para formar e investigar en la academia, en comparación con el nivel de esas actividades en áreas relacionadas con TI en la industria. Estas cuestiones incrementan el grado de riesgo de la implementación de la innovación en el modelo de enseñanza.

Mientras que algunos profesores se motivan por mejorar estos factores, se espera que sean adoptados por la mayoría, y que los experimenten más agudamente en procesos innovadores. En particular, el desarrollo de nuevos contenidos y la constante demanda de los estudiantes, son características que pueden afectar el proceso de la innovación al modelo de enseñanza, a la vez que la actualización permanente en el conocimiento de los actores involucrados. La presión para desarrollar contenidos se agrava, porque los estudiantes tienen un concepto erróneo sobre TI, que los lleva a demandar una enseñanza en la que estén al día en lo último de sus desarrollos; además, persiste el deseo de los empleadores para que la capacitación se entregue hasta el último minuto antes de la graduación. Estas cuestiones plantean preguntas acerca del propósito de la enseñanza y el papel de TI y la innovación en los procesos educativos.

Los proyectos de innovación al modelo de enseñanza se evalúan utilizando una variedad de métodos, tales como encuestas a estudiantes, entrevistas a profesores y estudiantes, grupos focales, evaluación formativa y observación en el aula, entre otros. En el método propuesto en este trabajo se describe algunos puntos, con base en procesos de reflexión y discusión, que podrían incrementar las posibilidades de que un proyecto de innovación tenga resultados positivos en el modelo de enseñanza.

Una cuestión clave a considerar es si los supuestos acerca de las habilidades de los estudiantes y sus preferencias técnicas son válidos. Porque las impresiones recogidas de ellos y el profesorado reflejan que no son tan *tecnológicamente expertos* en ciertas áreas como se espera que lo sean, y a menudo se asume que tienen más habilidades técnicas y experiencia de lo que realmente demuestran. Los estudiantes pueden acceder fácilmente a todo tipo de información, pero eso no indica necesariamente una habilidad tecnológica. La implicación de esto para implementar innovación en el modelo de enseñanza es que el tiempo y las estrategias para desarrollar esa habilidad se deben incluir en alguno de los procesos de aprendizaje de introducción a la tecnología. Pero esto no debe tergiversar la posible apropiación que los estudiantes hacen de la innovación para lograr mejores metas en su modelo de aprendizaje.

REFERENCIAS

[1] Bruns A. y Humphreys S. (2007). Building collaborative capacities in learners: The M/cyclopedia project revisited. En 2007 International Symposium on Wikis. Montreal, Canada.

[2] Caswell T. et al. (2008). Open content and open educational resources: Enabling universal education. The International Review of Research in Open and Distance Learning 9(1), 1-11.

[3] Serna E. (2011). De las Competencias, la Formación, la Investigación y otras: Visiones de Reflexión. Editorial Instituto Antioqueño de Investigación.
[4] Jones H. (1972). The management of teaching. British Journal of Educational Technology 3(3), 199-214.
[5] Garrison R. y Anderson T. (2003). E-Learning in the 21st century: A framework for research and practice. Routledge.
[6] Kirkpatrick K. (2006). OpenCourseWare. Searcher 4(6), 53-58.
[7] McAndrew P. et al. (2008). Researching open content in education. OpenLearn.
[8] Downes S. (2007). Models for sustainable open educational resources. Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects 3, 30-44.
[9] Franke R. y Kaul J. (1978). The hawthorne experiments: First statistical interpretation. American Sociological Review 43(5), 623-643.
[10] Gillespie R. (1991). Manufacturing knowledge: A history of the Hawthorne experiments. Cambridge University Press.
[11] Sonnenfeld J. (1985). Shedding light on the hawthorne studies. Journal of Occupational Behavior 6(2), 111-130.
[12] Keats D. (2003). Collaborative development of open content: A process model to unlock the potential for African universities. First Monday 8(2), 1-5.
[13] Allen D. y Ryan K. (1969). Microteaching. Addison-Wesley.
[14] Horton D. (2005). How to get people to work for free. Free Software Magazine. Recuperado: http://freesoftwaremagazine.com/articles/recruting_people/
[15] Yue K. et al. (2004). Open courseware and computer science education. Journal of Computing Sciences in Colleges 20(1), 178-186.
[16] Mackenzie N. et al. (1970). Teaching and learning: New methods and resources in higher education. Unesco.
[17] Postlethwait S. et al. (1969). The audio-tutorial approach to learning. Burgess.
[18] Elton L. et al. (1973). Teach yourself paradigm - the Keller plan. Chemistry in Briraiu 9(4), 164-168.
[19] Goldschmid B. y Goldschmid M. (1973). Modular instruction in higher education: A review. Higher Education 2(1), 15-32.
[20] Pascu C. (2008). An empirical analysis of the creation, use and adoption of social computing applications. JRC Scientific and Technical Reports. Recuperado: http://ftp.jrc.es/EURdoc/JRC46431.pdf
[21] Beard R. (1970). Teaching and learning in higher education. Penguin.
[22] Redecker C. (2009). Review of learning 2.0 Practices: Study on the impact of web 2.0 innovations on education and training in Europe. Research Centre Institute for Prospective Technological Studies.
[23] UGC. (1972). Annual Survey for Academic Year 1970-1971. University Grants Committee. HMSO.
[24] Vuorikari R. (2007). Folksonomies, social bookmarking and tagging: State-of-the-Art. European Schoolnet and Insight observatory for new technologies and education.
[25] Wenger E. et al. (2002). Cultivating Communities of Practice: A guide to managing knowledge. Harvard Business School Press.
[26] Galbraith J. (1968). The New Industrial State. Penguin.
[27] Hattori R. y Wycoff J. (2004). Innovation Training. ASTD Publications.
[28] Parlett M. (1975). Evaluating Innovations in Teaching. En Michael G. et al. (Eds.), Curriculum design. Open University Press.
[29] Stake R. (2007). The countenance of educational evaluation. En Stufflebeam D. y Shinkfield D. (Eds.), Evaluation theory, models, and applications. Willey.
[30] Trow M. (1970). Methodological problems in the evaluation of innovation. En Symposium on Problems in the Evaluation of Instruction. Los Angeles, USA.
[31] Ferrari A. et al. (2009). Innovation and creativity in education and training in the EU member states: Fostering creative learning and supporting innovative teaching literature review on innovation and creativity in EyT in the EU member states (ICEAC). Recuperado: http://ftp.jrc.es/EURdoc/JRC52374_TN.pdf
[32] Wyse D. y Jones R. (2003). Creativity in the primary curriculum. David Fulton.

9

Eficacia de los modelos de enseñanza para el logro de los resultados de aprendizaje en matemáticas

En este capítulo se presenta el resultado de una investigación cuyo objetivo es determinar la eficacia de los modelos de enseñanza para el logro de los resultados de aprendizaje en la formación en matemáticas. Por medio de un análisis a los resultados de los estudios de caso en la literatura y aplicando el método de triangulación de variables, se utilizó el modelo de evaluación de Kirkpatrick para determinar dicha eficacia. Los resultados muestran que, de los 13 modelos analizados solamente dos se ubican en el nivel 4 (*Excelente*) y tres en el nivel 3 (*Bueno*), lo que permite concluir que todavía no logran la eficacia necesaria para que los estudiantes se capaciten adecuadamente en matemáticas, para responder a las demandas de la Nueva Era. Entre las causas se encuentran: profesores sin experiencia profesional, planes de estudios desactualizados, trabajo disciplinar y desarticulado, prácticas y didácticas que no motivan y evaluación memorística, entre otras.

INTRODUCCIÓN

El objetivo final de todo modelo de enseñanza es desarrollar o mejorar habilidades, capacidades y destrezas en los estudiantes, de tal manera que las puedan aplicar al realizar las tareas y funciones asociadas con la capacitación recibida. Por lo tanto, evaluar la eficacia de un modelo consiste en un análisis al valor de lo aprendido por el estudiante en términos culturales, sociales y aplicativos, y que se refleja en el logro de los resultados de aprendizaje. Además de estimar, más que el logro de objetivos, el costo-beneficio para el estudiante luego de vivenciar el modelo. Esto implica que se debe determinar el nivel en que ese logro responde a las necesidades iniciales del estudiante, evidenciando, en términos cualitativos y cuantitativos, el cambio entre la realidad inicial y la realidad final [1]. En este caso, la eficacia del modelo se analiza desde lo *formativo*, en cuanto al logro de objetivos, desde lo *social*, en cuanto a la utilización del aprendizaje, desde lo *cultural*, en cuanto al mejoramiento del estrato cultural y desde lo *económico*, en cuanto a la relación costo-beneficio.

Al analizar la eficacia de los modelos de enseñanza hay que tener en cuenta que los sistemas de educación, de los cuales hacen parte, están conformados por diversos sistemas y dimensiones, tales como estudiantes, profesores, plan de estudios, administradores, contenidos, tecnologías y recursos físicos y financieros, entre otros. Pero, entre ellos, los *profesores*, los *estudiantes*, las *didácticas* y los *contenidos* son los elementos básicos para estructurar un análisis. La razón es que en los modelos de enseñanza estos componentes son los que tienen una interacción directa con su eficacia.

Entre las características más importantes de los profesores se encuentra la planificación de las actividades, su disciplina, motivación, capacitación, experiencia y la selección de las didácticas. Para los estudiantes las características son su contexto socio-económico, comportamiento, cualidades personales, estrato cultural, predisposición, conocimiento previo, y nivel de motivación. En las didácticas se da preponderancia a su actualización, uso de tecnologías, facilidad de uso, familiaridad para el estudiante y nivel teórico-práctico. Finalmente, para los contenidos las características a tener en cuenta son su actualidad, relación teoría-práctica, base bibliográfica, vinculación con otros procesos de aprendizaje y con el programa e importancia para la capacitación del estudiante.

Por otro lado, y debido a que el objetivo de esta investigación es determinar la eficacia de los modelos de enseñanza en relación con la capacitación en matemáticas, también se tiene en cuenta que, como área de formación, tiene variables multidimensionales que la relacionan con diversas disciplinas. Además, al realizar la triangulación de esas variables y los modelos se espera que los elementos involucrados logren el objetivo de transferir el conocimiento matemático, que el estudiante necesita para desarrollar las habilidades, destrezas y capacidades que le permitan adaptarse al contexto e integrarlas con el conocimiento que logra en los demás procesos de aprendizaje para continuar su formación [2]. Asimismo, y de acuerdo con la tradición, en las matemáticas se encuentra las bases para satisfacer las necesidades básicas de la sociedad, porque mientras el conocimiento progresa en ellas, también lo hace el desarrollo tecnológico, la ciencia y la ingeniería [3].

En ese ir y devenir se espera que los planes de estudios de las matemáticas, en relación continua con los demás elementos, satisfagan las expectativas y necesidades de los estudiantes en su deseo de obtener un grado académico. Por eso es lógico pensar que al final del curso, y luego de trabajar con el modelo de enseñanza definido por el profesor, desarrollen habilidades matemáticas, procesos de pensamiento lógico y habilidades de abstracción, que posteriormente

potencializarán y utilizarán para solucionar los problemas sociales, a la vez que mejoran sus capacidades y proyecto de vida. Entonces, los procesos de aprendizaje en matemáticas deben buscar más que simples motivos para que los estudiantes aprendan conceptos, lo que hay que lograr es convencerlos de su importancia a través de la relación multidimensional y transdisciplinar con otros procesos de aprendizaje, con el desarrollo y con los retos que tendrán en su vida laboral. Porque las matemáticas son un modo de pensar que necesitan desarrollar, aunque en diferentes grados, todos los profesionales, así tradicionalmente se piense que solamente son útiles para la ciencia y las disciplinas ingenieriles [4].

También es importante analizar la selección de las didácticas que realizan los profesores, porque son indicadores de su capacitación y habilidad para atender las necesidades y demandas de los estudiantes acerca de los procesos de aprendizaje en matemáticas, a la vez que las aplican en su modelo de aprendizaje. En este sentido, algunos autores recomiendan que los profesores deben realizar periódicamente una auto-evaluación a sus fortalezas y debilidades, en cuanto a didácticas, contenidos y re-conocimiento de los estudiantes, porque de esta manera encuentran y determinan sus preferencias, y tienen la información necesaria para estructurar el modelo de enseñanza [5-7].

El argumento es que, a medida que los profesores comprenden mejor a los estudiantes y el contexto del aula, mejoran su capacitación y desarrollan nuevas habilidades de enseñanza. Además, adquieren una comprensión más amplia del plan de estudios y les pueden ayudar a los estudiantes a integrar el conocimiento matemático con los demás procesos de aprendizaje.

En el transcurso los profesores necesitan reconocer el interés natural de los estudiantes por las matemáticas, lo mismo que el conocimiento intuitivo e informal que han adquirido mediante sus habilidades para usar y comprender la tecnología. Porque estas características son básicas para retarlos a investigar y explorar formas de resolver problemas, a la vez que desarrollan razonamiento lógico-matemático. Esto hace que acepten a las matemáticas como objeto de estudio, porque se les demuestra su utilidad como herramienta común y que, al utilizarla, desarrollan esquemas mentales propios para comprender el mundo. De ahí surge las diferencias entre aquellos que entienden matemáticas y los que tienen dificultades para lograrlo, porque no se trata solamente de memorizar o de aprender para un examen, sino de crear un entorno en el que el estudiante percibe la importancia de esta área, la aplica y obtiene beneficios y resultados que lo satisfacen [8].

El logro de este objetivo depende en gran medida de la estructuración del modelo de enseñanza que realiza el profesor, por lo tanto, es importante analizar la eficacia de este modelo para lograr el objetivo de que los estudiantes asimilen, utilicen y diversifiquen el conocimiento matemático, y para que lo demuestren en el logro de los resultados de aprendizaje.

En este capítulo se presenta los resultados de una investigación en la que se analiza dicha eficacia. Se hizo un rastreo en la literatura para encontrar los estudios de caso que presentan resultados de análisis a los modelos utilizados en el aula y, mediante técnicas de triangulación y de análisis mixto, se aplicaron métricas de valoración para ubicarlos en un determinado nivel de eficacia.

1. MÉTODO

En esta investigación se realizó un estudio descriptivo con el objetivo de encontrar en la literatura los modelos de enseñanza, y los resultados que se reportan en los estudios de caso acerca de su aplicación. Un modelo descriptivo se utiliza para analizar situaciones específicas en momentos

específicos, buscando comprender los estados de inicio y final a través de las modificaciones que sufren determinadas características.

Los datos para el análisis se recogieron desde los estudios de caso publicados acerca de los modelos de enseñanza en la capacitación en matemáticas, mediante un método de investigación mixta [9]. De acuerdo con algunos autores, esta metodología les permite a los investigadores encontrar respuestas a preguntas como qué, por qué y cómo, al examinar detalladamente los resultados de casos específicos [10, 11]. Por lo tanto, en la metodología se aplicaron técnicas mixtas para la recolección de datos, tales como la revisión de la literatura y el análisis de documentos, y a los resultados se aplicó un análisis mediante triangulación con el objetivo de revelar su nivel de exactitud e integración. Por su parte, los estudios de caso ayudan a comprender situaciones específicas y a analizar resultados particulares, debido a que involucran una naturaleza situada y describen la complejidad de las variables. En este sentido, tienen el potencial de concretar conceptos de estudio y de contribuir a su comprensión, por lo que se emplean para mostrar resultados de comparación y evaluación de situaciones en momentos definidos.

El tema central de este estudio son los modelos de enseñanza reportados en los estudios de caso en la literatura, a cuyos resultados se le hizo análisis a la eficacia en la capacitación en matemáticas que se refleja en el logro de los resultados de aprendizaje. En la búsqueda se utilizó un protocolo estructurado [12] convenido por los investigadores y, posteriormente, se efectuó un análisis mediante triangulación a las variables involucradas. Luego de definir la utilidad de los trabajos se validó la información reportada mediante una verificación a la metodología y a las ecuaciones aplicadas. En los trabajos se verificaron los siguientes datos: 1) características del documento: año, medio, tipo, relación temática y relevancia, 2) características del autor: experiencia en el área y citaciones, 3) resultados: claridad y replicabilidad, y 4) metodología aplicada.

2. RESULTADOS

2.1 Revisión de la literatura

Con base en la aplicación de la metodología se encontraron 39 estudios en los que se presenta resultados a la experimentación de los modelos de enseñanza para la capacitación en matemáticas. En la Tabla 1 se presenta los trabajos seleccionados para el análisis, la triangulación y valoración a la eficacia de los modelos.

Tabla 1. Trabajos seleccionados para el análisis

Trabajos
▪ Ashcraft M. (2002). Math Anxiety: Personal, Educational, and Cognitive Consequences. Current Directions in Psychological Science 11(5), 181–85. ▪ Houssart J. (2002). Simplification and repetition of mathematical tasks: A recipe for success or failure? The Journal of Mathematical Behavior 21(2), 191–202.
▪ Arcavi A. (2003). The Role of Visual Representations in the Learning of Mathematics. Educational Studies in Mathematics 52(3), 215–41. ▪ Furner J. y Berman B. (2003). Math anxiety: Overcoming a major obstacle to the improvement of student math performance. Children Education 79, 1–6
▪ Fernandez C. y Yoshida M. (2004). Lesson Study: A Japanese Approach to Improving Mathematics Teaching and Learning. Erlbaum.
▪ Barkatsas A. y Malone J. (2005). A Typology of Mathematics Teachers' Beliefs about Teaching and Learning Mathematics and Instructional Practices. Mathematics Education Research Journal 17(2), 69–90. ▪ Hill H. et al. (2005). Effects of Teachers' Mathematical Knowledge for Teaching on Student Achievement. American Educational Research Journal 42(2), 371–406.
▪ Anghileri J. (2006). Scaffolding practices that enhance mathematics learning. Journal of Math. Teacher Education 9, 33–52. ▪ Boaler J. (2006). How a Detracked Mathematics Approach Promoted Respect, Responsibility, and High Achievement. Theory into Practice 45(1), 40–46.

- Burris C. et al. (2006). Accelerating Mathematics Achievement Using Heterogeneous Grouping. American Educational Research Journal 43(1), 137–54.
- Sullivan P. et al. (2006). Teacher actions to maximize mathematics learning opportunities in heterogeneous classrooms. International Journal of Science and Mathematics Education 4(1), 117–143.

- Anthony G. y Walshaw M. (2006). Effective pedagogy in mathematics/pangarau: Best evidence synthesis iteration [BES]. Ministry of Education.
- David J. y Greene D. (2006). Improving Mathematics Instruction in Los Angeles High Schools: An Evaluation of the PRISMA Pilot Program. Bay Area Research Group.
- Flores A. (2007. Examining Disparities in Mathematics Education: Achievement Gap or Opportunity Gap? High School Journal 91(1), 29–42.
- Hiebert J. y Grouws D. (2007). The Effects of Classroom Mathematics Teaching on Students' Learning. En Lester F. (Ed.), Second Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning. Information Age.
- Martin T. (2007). Mathematics teaching today: Improving practice, improving student learning. National Council of Teachers of Mathematics.

- Boaler J. y Staples M. (2008). Creating Mathematical Futures through an Equitable Teaching Approach: The Case of Railside School. Teachers College Record 110(3), 608–45.
- Thomas M. y Chinnappan M. (2008). Teaching and learning with technology: Realising the potential. En Forgasz H. et al. (Eds.), Research in Mathematics Education in Australasia 2004–2007. Sense Publishers.
- Tripathi P. (2008). Developing Mathematical Understanding through Multiple Representations. Mathematics Teaching in the Middle School 13(8), 438–445.
- Zevenbergen R. y Lerman S. (2008). Learning environments using interactive whiteboards: New learning spaces or reproduction of old technologies. Mathematics Education Research Journal 20(1), 107–125.

- Cai J. et al. (2009). Effective Mathematics Teaching from Teachers' Perspectives – National and Cross-National Studies. Sense Publishers.
- Hull T. et al. (2009). A Guide to Mathematics Coaching: Processes for Increasing Student Achievement. Corwin.
- MSRI. (2009). Teaching Teachers Mathematics: Research, Ideas, Projects, Evaluation. En Kessel K. (Ed.), Critical Issues in Mathematics Education. Mathematical Sciences Research Institute.
- Seeley C. (2009). Faster Isn't Smarter: Messages about Math, Teaching, and Learning in the 21st Century. Math Solutions.
- Stein M. et al. (2009). Implementing Standards-Based Mathematics Instruction: A Casebook for Professional Development. Teachers College Press.

- Garet M. et al. (2010). Middle School Mathematics Professional Development Impact Study: Findings after the First Year of Implementation. National Center for Education Evaluation.
- Kapur M. (2010). Productive Failure in Mathematical Problem Solving. Instructional Science 38(6), 523–50.
- Yelland N. y Kildery A. (2010). Becoming numerate with information and communications technologies in the twenty-first century. International Journal of Early Years Education 18, 91–106.

- Boaler J. (2011). Changing Students' Lives through the De-Tracking of Urban Mathematics Classrooms. Journal of Urban Mathematics Education 4(1), 7–14.
- Campbell P. y Malkus N. (2011). The Impact of Elementary Mathematics Coaches on Student Achievement. Elementary School Journal 111(3), 430–54.
- Cohen J. y Hollebrands K. (2011). Technology Tools to Support Mathematics Teaching. En Dick T. y Hollebrands K. (Eds.), Focus in High School Mathematics: Technology to Support Reasoning and Sense Making. National Council of Teachers of Mathematics.
- Middleton J. y Jansen A. (2011). Motivation Matters and Interest Counts: Fostering Engagement in Mathematics. National Council of Teachers of Mathematics.
- Smith M. y Stein M. (2011). 5 Practices for Orchestrating Productive Mathematics Discussions. National Council of Teachers of Mathematics.
- Sullivan P. (2011). Teaching mathematics: Using research-informed strategies. Acer Press.

- Wager A. (2012). Incorporating Out-of-School Mathematics: From Cultural Context to Embedded Practice. Journal of Mathematics Teacher Education 15(1), 9–23.

- Battey D. (2013). 'Good' Mathematics Teaching for Students of Color and Those in Poverty: The Importance of Relational Interactions within Instruction. Educational Studies in Mathematics 82(1), 125–44.
- Berry R. y Ellis W. (2013). Multidimensional Teaching. Mathematics Teaching in the Middle School 19(3), 172–78.

- Clark C. et al. (2014). Gaining control: Changing relations between executive control and processing speed and their relevance for mathematics achievement over course of the preschool period. Frontiers of Psychology 5, 107-118.
- Haase V. et al. (2014. Contributions from specific and general factors to unique deficits: Two cases of mathematics learning difficulties. Frontiers of Psychology 5, 102-113.

2.2 Prácticas y didácticas para la capacitación en matemáticas

En este capítulo se asume *práctica* como las actividades continuadas y regladas que emplean los profesores en el aula, para desarrollar destrezas y habilidades matemáticas en los estudiantes. Por su parte, *didáctica* son las técnicas y métodos de enseñanza que seleccionan para llevar a cabo esas actividades. Pero, debido a que al sistema de educación lo influencian las revoluciones sociales, tecnológicas y científicas, su utilización sufre alteraciones, aunque son una de las características de la educación con más tradicionalidad. Desde la antigüedad se ha utilizado

modelos, prácticas y didácticas en la enseñanza [13], por lo que, de una forma u otra, también se utilizaron en matemáticas.

Hace más de un siglo que Modjeski y sus colegas [14] investigaron este tema y opinaron que las matemáticas eran para el ingeniero lo que la anatomía para el cirujano, o el entrenamiento para los soldados. A la pregunta: ¿qué se necesita para enseñar matemáticas en ingeniería? respondían: 1) una variada, pero limitada, gama de temas, 2) cubrirlos con diferentes grados de profundidad, 3) utilizar prácticas mixtas de presentación, y 4) tener metas precisas de enseñanza (resultados de aprendizaje). Porque, como concluyeron, muchos de los temas que se imparten son completamente inútiles en la práctica. Estas observaciones de comienzos del siglo XX parecen no pasar de moda, porque, actualmente, todavía se vivencian en el aula.

Posteriormente, Wigley [15] afirmó que, en el ejercicio docente, existía una tendencia a polarizar las prácticas y las didácticas de enseñanza de las matemáticas en los campos instructivos y exploratorios, aunque la realidad demostraba que, debido a la diversidad de estudiantes en el aula, lo mejor era utilizar una mezcla de varios modelos. Para este autor el problema no era cómo lograr esa combinación, sino cómo manejar la tensión creativa que subyace entre la instrucción y la exploración, para decidir qué, cuándo, cómo, por qué, para qué y dónde enseñar matemáticas. En este mismo sentido, OECD [6] hizo énfasis en la necesidad de re-direccionar las prácticas y las didácticas en la enseñanza de las matemáticas, argumentando que los profesionales no trabajaban como sus colegas de años atrás; además, que se debía tener en cuenta el desarrollo de las técnicas del cálculo automático. Finalizando el siglo XX, Peter Larcombe [16] afirmó que las matemáticas no se podían enseñar con prácticas y didácticas sacadas como de un libro de recetas, que el rigor que le colocaban los profesores a estos procesos de aprendizaje los hacía indeseables para los estudiantes y, entre otras cosas, que los contenidos, si bien eran importantes, no les bridaban la capacitación que necesitaban para la vida profesional.

Por su parte, Michael Prince [17] demuestra que en el aprendizaje de las matemáticas se obtiene mejores resultados cuando se invita a los estudiantes a participar activamente en el diseño de las prácticas y las didácticas. Esta participación debe incluir un enfoque colaborativo, por ejemplo, en la co-evaluación y en la tutoría entre pares [18], o en el diseño de los procesos de aprendizaje [19, 20]. Para Shirley Booth [21] desde finales del siglo pasado los estudiantes, y gran parte de la sociedad y de la industria, insisten en la necesidad de cambiar el qué y el cómo se enseña matemáticas. Una de las solicitudes reiteradas es que la deben enseñar profesores con experiencia profesional, porque saben cómo integrarla en cada disciplina y conocen los contenidos que se debe enseñar. En esta misma línea otros investigadores han solicitado cambios urgentes en las prácticas y didácticas, argumentando, entre otras cosas, que los matemáticos no tienen la experiencia práctica necesaria para enseñarlas, debido a que, generalmente, son teóricos [4, 8, 22-24].

Para Kidwell et al. [25] los profesores utilizan herramientas diseñadas desde hace mucho tiempo, además, estos autores hacen la distinción entre herramientas físicas (tecnológicas) y herramientas conceptuales (métodos, ideas, modelos), y concluyen que es difícil encontrar una con mayor aplicación y aceptación que las otras, porque lo realmente dinámico en el proceso de enseñar son los estudiantes, que no permiten la hegemonía de ninguna. Las notas de clase que sobreviven en la historia demuestran lo que realmente han hecho y cuál es su visión sobre las prácticas y didácticas que utilizaron los profesores al enseñar matemáticas [26] (da Silva y Valente, 2009).

Para lograr los resultados de aprendizaje en matemáticas, Ikeda [27] recomienda considerar y contrastar los contextos interno y externo de la escuela, de los cuales se deriva las prácticas y

didácticas que permiten lograrlo. El autor toma como base los principios que propone Niss [28] para enseñar matemáticas y plantea que hay que admitir que, en sí mismas, son un modelo con su propia ubicación espacial y temporal, por lo que propone el tiempo y el espacio como prácticas y didácticas al mismo tiempo. Graves y Suurtamm [29] discuten la conexión entre las prácticas orientadas a la resolución de problemas y las didácticas basadas en la conversación, el razonamiento y la argumentación. Basan su tesis en que en los procesos de aprendizaje de las matemáticas es necesario discutir los nuevos paradigmas, incluyendo principios como complejidad y Pensamiento Complejo [5], y asumiendo al modelo como complejo e iterativo, en el que el aprendizaje matemático surge a través de iteraciones dinámicas en el aula. Para Eileen Goold [30] existe numerosos puntos de vista y análisis a las prácticas y didácticas utilizados en la enseñanza de las matemáticas, entre las cuales recomienda dejar de lado la memorización y avanzar hacia la comprensión conceptual y el desarrollo del razonamiento lógico.

En la primera mitad del siglo XX las prácticas y didácticas hacían hincapié en desarrollar habilidades de taller, lo que llevó a crear modelos funcionalistas, es decir, educación que se pudiera utilizar [31]. Entonces, surgió la idea de identificar las *competencias* que debían desarrollar los estudiantes para atender la demanda de los talleres. Pero, con la llegada del nuevo siglo esta visión restrictiva no solamente quedó obsoleta, sino que se ha vuelto peligrosa, porque el profesional, que únicamente adquiere competencias para el taller, es un *analfabeto matemático* que no desarrolla capacidades para ingresar al mercado global del conocimiento. Por su parte, Amy Ackerberg [32] describe una tradición en la que los profesores utilizan prácticas y didácticas relacionadas con procesos del conocimiento (adquirir, iterar, reforzar) y con la evaluación (exámenes, ejercicios). Además, que aplican diversas formas de trabajo con los estudiantes (grupal, individual, verbal, escrita, mediante tecnología), que seleccionan de acuerdo con el contenido matemático a enseñar. La autora concluye que esta tradición no es el mejor modelo para lograrlo.

Por otro lado, Barbara Oakley [33] propone un modelo para enseñar y aprender matemáticas que denomina *modo difuso*. Para ella, las prácticas y didácticas en el aula no son suficientes para que los estudiantes aprendan matemáticas, porque primero deben aprender a estudiar y aprender a aprender (Tabla 2). Para Manuela Ferreira [34] la educación matemática juega diversos roles en la capacitación de los estudiantes de este siglo: 1) como escuela de pensamiento, porque aprenden a pensar y a comunicar sus ideas de forma objetiva, rigurosa y concisa; 2) como lenguaje natural, porque actualmente se dialoga lógica y matemáticamente; y 3) como herramienta de cálculo, porque contiene las técnicas analíticas y numéricas para solucionar problemas. Lo que sucede es que, con las prácticas y didácticas de hoy, los estudiantes no pueden identificar ninguno de ellos, porque son estáticas, anticuadas, no tienen en cuenta sus necesidades ni conocimiento, y son defendidas y mantenidas por los profesores como un dogma escrito en piedra.

Tabla 2. Decálogo de prácticas y didácticas [33]

Recomendadas		No recomendadas	
Didáctica	**Práctica**	**Didáctica**	**Práctica**
Utilizar el recuerdo	Desviar la vista, Recordar ideas principales, Resaltar poco	Relectura pasiva	Releer sin motivación
Pruebas permanentes	Fichas, Mapas mentales	Resaltar demasiado	Resaltar todo, Resaltar para memorizar
Fragmentar los problemas	Subdividir, Repetir lo solucionado	Exceder la confianza	Realizar vistazos simples, Mirar las soluciones, Autosuficiencia
Aprender de a poco	Espaciar la repetición	Estudiar a último momento	Aplazar el estudio
Alternar técnicas	Seleccionar diferentes técnicas Mezclar diferentes problemas Revisar errores	Repetir problemas	Resolver el mismo tipo de problemas

Tomar descansos	Estudiar un poco todos los días, Descansar entre técnicas	Desviar los objetivos	Perder el tiempo, Realizar actividades no relacionadas con el estudio
Aplicar analogías y cuestionamientos simples	Explicarlo a otras personas, Comparar con otros contextos, Pronunciar o escribir las soluciones	Iniciar sin entender	Intentar resolver el problema sin entender el contexto
Concentración	Aislar distractores, Crear ambiente de estudio, Programar recompensas	Auto-interpretar	Resolver sin aclarar, Intentar comprender sin discutir con otros
Clasificar	Clasificar por dificultad, Seleccionar horarios	Utilizar inadecuados escenarios de estudio	Permitir distracciones, Interrumpir el tiempo de estudio
Contrastes mentales	Comparar progreso, Mapas mentales	Dormir poco	Descansar muy poco el cerebro, Fatigar el cerebro

2.3 Modelos de enseñanza

Un modelo es un sistema que contiene los principios y métodos necesarios para lograr los resultados de aprendizaje determinados y que, para ser eficaz, debe estar delimitado por el tema, las características de los actores, las prácticas, las didácticas y el tipo de capacitación que se busca; además, su aplicación involucra teorías neurocognitivas y realidades contextuales de aula [35]. Para Maker [36], es un marco estructural que sirve de guía para desarrollar actividades en un entorno educativo específico, y que es importante tenerlo presente al diseñar planes de estudios y definir contenidos.

Los modelos se introdujeron en la educación con el inicio de la escritura, cuando la humanidad tomó conciencia de la importancia de transmitir el conocimiento de generación en generación. Posteriormente, en el método socrático Platón describió cómo estimular el pensamiento crítico e iluminar las ideas; en Roma, Quintiliano buscaba la manera de motivar a los estudiantes para que aprendieran a usar la inteligencia; Comenius se interesó porque todos los niños aprendieran las cosas cotidianas; Rousseau propuso una metodología para enseñar ciencias, astronomía y matemáticas; y Pestalozzi desarrolló una manera de ayudarles a aprender a los niños refugiados de la guerra. En el sistema Prusiano la educación se asumió como obligatoria y una de sus ideas centrales era gestionar las habilidades de profesores y estudiantes en el aula e incorporarlas al proceso de enseñanza [37].

En el siglo XX los modelos incorporaron desarrollos tecnológicos como medios de apoyo en los procesos de aprendizaje: radio, televisión, computadores, internet y multimedia. Esta revolución dio origen a nuevos modelos de enseñanza y a hacerlos significativos para las siguientes generaciones, tales como el Aprendizaje Basado en Problemas ABP [38], el Aprendizaje Basado en Proyectos ABp [7, 39], aprender haciendo [40] y el aprendizaje mediado por la investigación [41], entre otros. En términos generales, los modelos de enseñanza se clasifican como: centrados en el profesor, centrados en el estudiante, centrados en el contenido y participativos-interactivos, pero, generalmente, están de acuerdo en que deben contener:

1. Un propósito identificado o área de concentración
2. Premisas fundamentales, explícitas e implícitas, acerca de las características del proceso relacionadas con los actores y la enseñanza-aprendizaje
3. Directrices para desarrollar experiencias de aprendizaje específicas
4. Patrones definidos y requisitos para alcanzar el objetivo de las actividades de aprendizaje
5. Un cuerpo de conocimiento y de investigación que rodee su desarrollo y proyección
6. Resultados demostrables de una evaluación a su eficacia

Debido a que la elección de uno u otro modelo de enseñanza depende de variables como presupuesto, capacidades y experiencia del profesor, expectativas de los estudiantes y resultados de aprendizaje, entre otras, la mayoría son limitados o incorrectos en alguno de estos aspectos clave. Por lo que, en muchas ocasiones, cuando no se especifica adecuadamente el significado del modelo adoptado, los estudiantes no logran una verdadera capacitación y, por el contrario, el proceso de aprendizaje demuestra la ineficacia del modelo.

En esta investigación se asume la taxonomía formulada por Nérici [42] y Titone [43] (Tabla 3), porque los modelos en ella han sido utilizados y evaluados en el tiempo, lo que permite el acceso a literatura en la que se investiga sus características, eficacia y necesidades en varias generaciones. Aunque se encontraron propuestas más recientes [1, 44, 45], los investigadores en este trabajo consideran que su permanencia en el tiempo todavía no admite un análisis para el objetivo de la investigación.

Tabla 3. Taxonomía de los modelos de enseñanza-aprendizaje [42, 43]

Modelo	Familia	Aprendizaje
Deductivo	Representación del razonamiento	De lo general a lo particular mediante deducciones
Inductivo		De lo particular a lo general mediante inducciones
Analógico o comparativo		De lo particular a lo particular mediante comparaciones
Basado en la lógica de la tradición o de la disciplina científica	Organización de la materia	De lo complicado a lo complejo de acuerdo con una forma de razonar
Basado en la psicología del estudiante		De lo conocido a lo desconocido mediante motivación
Simbólico o verbal	Relación con la realidad	Únicamente a través de narraciones
Intuitivo		A través de la experimentación
Pasivo	Actividades externas del estudiante	Centrado en el profesor a través de exposición-preguntas-dictados
Activo		Centrado en el estudiante y soportado en motivación
Globalizado	Sistematización de conocimientos	Mediante agrupamiento de áreas
Especializado		Mediante áreas individuales
Dogmático	Aceptación de lo enseñado	Mediante imposición de la verdad del profesor
Heurístico		Mediante descubrimiento por parte del estudiante

2.4 Modelos, prácticas y didácticas para la capacitación en matemáticas

En la Tabla 4 se presenta el resumen de las prácticas y las didácticas que analizan y discuten los autores consultados, a la vez que los modelos en los que se aplican y las observaciones en relación con los resultados para la capacitación en matemáticas.

Tabla 4. Modelos, prácticas y didácticas para la capacitación en matemáticas

Prácticas y didácticas	Modelo	Observaciones
Integración y colaboración profesor-estudiante	Activo, Globalizado	Los resultados de aplicación demuestran mejores resultados de aprendizaje
Experimentación y demostración	Intuitivo, Pasivo, Especializado	Las matemáticas las deben enseñar profesionales con experiencia en la industria, no matemáticos teóricos
Herramientas tecnológicas y conceptuales	Deductivo, Especializado, Basado en la lógica de la tradición	Las obsolescencias de estas herramientas no motivan a las nuevas generaciones
Tiempo y espacio	Pasivo, Dogmático	Se hace separación de los contextos, internos y externos a la escuela, en los que vive el estudiante
Resolución de problemas, Conversación, Razonamiento, Argumentación	Heurístico, Simbólico	Es un proceso complejo, interactivo y dinámico que necesita participación activa de todos actores
Memorización	Simbólico, Pasivo, Dogmático	Las nuevas generaciones perciben el mundo multidimensionalmente, por lo que se necesita contextualizar las matemáticas
Funcionales, Por competencias	Pasivo, Especializado, Dogmático	Son restrictivas y los estudiantes pierden actualidad global

Procesos de conocimiento, Evaluativas	Inductivo, Pasivo	Adquirir, iterar, reforzar para luego presentar exámenes no es la forma de aprender matemáticas
Modo difuso, Centradas en el estudiante	Activo, Globalizado, Heurístico, Basado en la psicología del estudiante	Hay que reconocer las capacidades y expectativas de los estudiantes
No-funcionales, Interpretativas, Memorísticas	Analógico, Pasivo, Dogmático	Las nuevas generaciones son irreverentes, activas, inquietas y no aceptan imposiciones sin sentido

2.5 Eficacia de los modelos para la capacitación en matemáticas

El sistema de educación establece a la evaluación como la manera, casi única, de saber si un estudiante modifica sus habilidades, destrezas y capacidades de entrada, luego de asistir a un proceso de aprendizaje. Pero los resultados de esas evaluaciones no se pueden asumir como una indicación de logro de los resultados de aprendizaje, porque la mayoría de modelos de enseñanza no tienen en cuenta los modelos de aprendizaje de los estudiantes, por lo tanto, pareciera que cada uno busca objetivos diferentes. Además, cuando el estudiante no se siente atraído, motivado o retado por el proceso de aprendizaje, busca simplemente obtener la aprobación de mismo, es decir, la nota, y no el aprendizaje.

Este contexto se repite en casi todos los procesos de aprendizaje de matemáticas, porque los modelos de enseñanza asumen que, por el hecho de asistir y obtener nota aprobatoria, el estudiante mejoró sus habilidades, destrezas y capacidades en relación con la valoración de entrada. Este proceso de memorización a corto plazo perjudica el aprendizaje, en el sentido de que el estudiante no desarrolla el razonamiento matemático necesario para su ejercicio profesional. Además, no se sabrá si en realidad puede aplicar efectivamente la capacitación alcanzada en un entorno real, ni la experiencia que debería brindarle el proceso de aprendizaje que acaba de aprobar. En este sentido, la mayoría de autores consultados recomienda que la eficacia de los modelos se debe centrar en la capacidad del estudiante para analizar, comprender y resolver problemas y tareas cotidianas.

Medir los cambios en el conocimiento de los estudiantes no es un asunto estático ni moldeado para todos, sino que debe ser dinámico y atender las demandas sociales y las expectativas de los estudiantes. Por eso es importante conocer la eficacia de los modelos de enseñanza, especialmente con la nueva categoría de estudiantes [46], porque la influencia del desarrollo tecnológico la hace totalmente diferente a cualquiera otra. En esta investigación se adapta el modelo de evaluación de Kirkpatrick [41] para valorar los resultados publicados luego de evaluar los modelos de enseñanza. Como se observa en la Figura 1, el modelo propone cuatro niveles:

Figura 1. Niveles del modelo Kirkpatrick [41]

- Nivel 1. *Satisfacción*: sentimiento del estudiante en cuanto a si percibe el proceso de aprendizaje como favorable, atractivo y relevante para su proceso formativo. Lo cual demuestra con compromiso, participación activa y contribuciones para el mejoramiento de la experiencia y que, a su vez, le ofrecen la posibilidad de usar y aplicar lo aprendido en la vida real y de compartir lo que aprende.

- Nivel 2. *Aprendizaje*: es la relación entre los cambios en las habilidades, destrezas y capacidades de entrada del estudiante vs la situación al final del proceso de aprendizaje. Es el grado en que

adquiere conocimiento, actitudes, habilidades, confianza y compromisos con base en su participación en el mismo.

- Nivel 3. *Aplicación*: grado en que el estudiante es capaz de relacionar lo aprendido con otras áreas y con su carrera, lo que se evidencia en la motivación para continuar y en el desarrollo de habilidades para auto-capacitarse y buscar nuevos retos y conocimiento.

- Nivel 4. *Resultados*: grado en que el estudiante ha desarrollado pensamiento crítico y razonamiento lógico, además del conocimiento matemático. Los resultados tienen efectos a corto plazo en el desarrollo o fortalecimiento de su capacidad lógico-interpretativa y abstractiva para comprender y solucionar problemas reales.

De acuerdo con este modelo, ningún nivel de evaluación es más importante que los demás, porque la verdadera utilidad de la evaluación se logra al analizar los resultados en cada uno. Además, el resultado en cada nivel proporciona puntos de control de diagnóstico para los problemas que puedan resultar en la evaluación del siguiente nivel. Por ejemplo, si el estudiante no aprende en el proceso de aprendizaje (Nivel 2), los sentimientos que exprese en el Nivel 1 denotarán los motivos por los que no lo logra. Por otro lado, si el estudiante no aplica lo aprendido (Nivel 3), puede ser porque no aprendió lo que necesitaba para hacerlo (Nivel 2). La metodología aplicada para evaluar la eficacia de los modelos de enseñanza para la capacitación en matemáticas se asume aquí como un proceso incremental, donde el estudiante debería mejorar su capacitación en un nivel, con base en los resultados que obtiene en el anterior.

Luego de analizar los resultados de los estudios de caso y de realizar la triangulación con las didácticas y las prácticas con las que los profesores materializan los modelos en el aula, en la Tabla 5 se presenta los resultados a la evaluación de la eficacia de los modelos para la capacitación en matemáticas. Se aclara que solamente se resume los estudios de caso y los resultados publicados en relación con esta área (Tabla 1).

La eficacia de los modelos se calcula con base en los resultados cualitativos y cuantitativos que los autores publican en los estudios de caso, en relación con el aprendizaje que logran los estudiantes al final del proceso de aprendizaje. Posteriormente, se analizan y ponderan de acuerdo con los niveles del modelo de evaluación de Kirkpatrick: Excelente (E) para nivel 4, Bueno (B) para nivel 3, Regular (R) para nivel 2 y Deficiente (D) para nivel 1. Debido a que para algunos modelos no se encontraron estudios de caso, se les asignó valoración de No Aplica (NA). En la columna de observaciones se resume el análisis a los resultados que hacen los autores.

Tabla 5. Eficacia de los modelos de enseñanza-aprendizaje para la capacitación en matemáticas

Modelo	Eficacia	Observaciones
Deductivo	D	El modelo es deficiente para el aprendizaje debido a que los estudiantes no tienen una base sólida de los principios matemáticos
Inductivo	R	Las explicaciones particulares y aisladas no le permiten al estudiante interconectar lo que aprende con el conocimiento en otras áreas
Analógico	NA	No se encontraron estudios de caso
Basado en la lógica de la tradición	D	Al estructurar el curso de forma secuencial, sin permitirle al estudiante alterar el orden para buscar conexiones de lo que aprende, pierde interés y buscará únicamente obtener una nota aprobatoria
Basado en la psicología del estudiante	B	Si el estudiante puede experimentar las matemáticas con base en sus expectativas y saberes, encuentra retos que lo conducen a buscar mayor capacitación
Simbólico o verbal	NA	No se encontraron estudios de caso
Intuitivo	B	Los estudiantes se hacen partícipes de su aprendizaje y buscan validar su experiencia a través de los conceptos aprendidos en el aula

Pasivo	D	Si el profesor es el centro del proceso de enseñanza-aprendizaje el estudiante se convierte en un objeto más del contexto del aula y pierde todo interés por el aprendizaje
Activo	B	El estudiante participa, discute y propone, por lo que se interesa por aprender para no perder el ritmo de sus compañeros
Globalizado	E	Tener a varios profesores, de otras áreas o cursos, analizando la solución a un problema, reta a los estudiantes a incrementar su conocimiento en matemáticas para integrarse a las discusiones y para colaborar con soluciones y propuestas
Especializado	R	El estudiante no le encuentra sentido al aprendizaje matemático independiente, porque no puede conectarlo con otras áreas
Dogmático	NA	No se encontraron estudios de caso
Heurístico	E	Cuando los principios de las matemáticas se involucran en retos específicos, que el estudiante debe superar, se logra integración entre el trabajo en equipo y la competencia por lograr aprendizaje

3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Esta investigación se realizó con el objetivo de determinar la eficacia de los modelos enseñanza para la capacitación en matemáticas, a partir del análisis a los resultados de los estudios de caso que se encontraron en la literatura. En la triangulación para lograr este objetivo se estudiaron las *didácticas, las prácticas* y los *modelos de enseñanza* que utilizan los profesores en el aula, los modelos de *aprendizaje* que estructuran los estudiantes dentro y fuera del aula y el *modelo de evaluación de Kirkpatrick*.

En cuanto a las prácticas y las didácticas se encontró que los profesores prefieren utilizar las que les exija menos preparación, a la vez que, generalmente, aplican solamente exámenes (ejercicios), en lugar de problemas, prácticas o proyectos para evaluar el logro de los resultados de aprendizaje. Esto permitió identificar dos actitudes hacia las matemáticas en el aula: 1) el modelo de aprendizaje de los estudiantes, en el que esperan didácticas que les permita mejorar su nivel de aprendizaje, y 2) el modelo de enseñanza de los profesores, que los estudiantes no aprecian porque inspira miedo, incomodidad y no responde a sus expectativas. En este contexto, algunos autores enfatizan en la importancia del ambiente de aprendizaje para un proceso de aprendizaje en matemáticas, algo que los profesores pasan por alto debido a que se consideran el centro del sistema, y porque imaginan que sus didácticas y materiales son suficientes para el aprendizaje.

Estas realidades son obstáculos para el éxito de la enseñanza de las matemáticas, porque los estudiantes esperan didácticas y prácticas que los motive y rete a permanecer en el proceso de aprendizaje. Para ellos, memorizar conceptos es una práctica olvidada, porque tienen toda la tecnología a su servicio, y lo que esperan es que los guíen a construir y descubrir conocimiento a través de cuestionamientos y discusiones, que puedan aprovechar luego para desarrollar razonamiento lógico-matemático con el fin de estructurar un aprendizaje permanente.

Esto ha hecho que los estudiantes pierdan interés en las matemáticas y a que no les encuentren sentido ni les den la importancia que se merecen. A la luz de esto se espera que los profesores innoven sus modelos de enseñanza, a la vez que sus didácticas y prácticas, porque ya no son llamativas para los estudiantes. Si el objetivo final de la capacitación en matemáticas es desarrollar o potencializar la capacidad lógico-interpretativa y abstractiva de los estudiantes, de tal manera que estructuren un razonamiento matemático para el enriquecimiento de su formación, entonces los profesores deberían esforzarse por mejorar su capacitación, por adquirir experiencia en la industria y traerla al aula, y por comprender el modelo de aprendizaje de los estudiantes.

Otra cuestión que se pasa por alto es que la naturaleza, la experiencia, las expectativas y las necesidades de capacitación en matemáticas de los estudiantes son muy diferentes, porque ellos

son atemporales y multidimensionales, por lo tanto, restringir la capacitación matemática solamente a cuestiones teóricas es una debilidad que puede llevarlos a la deserción y al menosprecio del área. Esto debe motivar a los profesores e instituciones a innovar los planes de estudios, los contenidos, las prácticas y las didácticas que emplean, porque al modelo de enseñanza hay que adicionarle experiencia, práctica y retos que mantengan cautivos a los estudiantes y los motive a aprender cada vez más. Pero, como se evidencia en los trabajos analizados, existe una especie de deseo interior en los profesores orientado solamente a *dictar* contenidos, cumplir tiempos, realizar exámenes y digitar notas. Todo esto está fuera de lugar para los estudiantes de este siglo, porque consideran que les están secuestrando su tiempo personal al tener que dedicarse a atender el proceso de aprendizaje en matemáticas y, si no lo hacen, retrasan su proceso educativo. La realidad es que los estudiantes tienen acceso a todo tipo de tecnologías, que no se utiliza eficazmente como parte del modelo de enseñanza.

La mayoría de estudios analizados concluyen, directa o indirectamente, que las deficiencias en el conocimiento matemático y la falta de actualización didáctica de los profesores, son elementos que afectan directamente al nivel de aprendizaje de los estudiantes. En este sentido, los profesores deberían conformar una comunidad de aprendizaje y construir coherente y sistemáticamente una base de conocimiento, de buenas prácticas y de casos de éxito, que les ayude a mantenerse actualizados y a comprender la nueva categoría de estudiantes.

Si la petición es implementar prácticas y didácticas que llamen la atención y reten a los estudiantes, entonces hay que empezar por vivirlas personalmente, antes de llevarlas al aula. Asimismo, la obligación en los modelos de enseñanza de este siglo es modificar la evaluación, porque hoy se requiere resolver problemas y ejecutar proyectos, algo que los profesores no aplican en los procesos de aprendizaje. Entre los diversos trabajos que recomiendan y describen prácticas innovadoras vale la pena mencionar el de The Education Alliance [48] y el de Andrew University [49], por sus aportes a la innovación de la enseñanza de las matemáticas.

En la Tabla 5 se observa que únicamente dos modelos de enseñanza se ubican en el nivel 4 del modelo Kirkpatrick (Globalizado y Heurístico) y tres en el nivel 3 (Basado en la psicología del estudiante, Intuitivo y Activo). De acuerdo con los investigadores, estos modelos les permitieron a los estudiantes desarrollar pensamiento crítico y razonamiento lógico en una escala diferencial con relación a los demás modelos. Entonces, vale la pena preguntarse: ¿qué pasaría si los profesores aplicaran una combinación de ellos para enseñar matemáticas? Por ejemplo, al componer prácticas y didácticas con base en los modelos de psicología del estudiante y el globalizado, o el activo y el heurístico, podrían eliminar las desventajas de cada uno y obtener mejores resultados al desarrollar o potencializar completamente la capacidad lógico-interpretativa y abstractiva de los estudiantes.

4. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

- La mayoría de los estudios analizados en esta investigación muestra resultados en cuanto a las prácticas, las didácticas y los contenidos, pero no tienen en cuenta la variable *estudiantes*, de manera que se necesita una investigación adicional en la que se incluya, involucrando los aspectos que afectan su predisposición hacia las matemáticas, tales como conocimiento previo, estrato cultural, programa que estudia y edad, entre otros.

- Aunque se menciona entre las variables analizadas, no queda claro la influencia en los resultados de las variables *políticas institucionales* y *proyecto educativo institucional*. Debido a que también podrían tener efecto en la eficacia de los modelos, habría que incluirlas también.

- Otra variable que se deberá incluir en una investigación posterior de esta temática es la *formación de los profesores*, es decir, si son pedagogos, licenciados, ingenieros o profesionales en otras áreas.

5. CONCLUSIONES

Para tener una idea amplia y presentar resultados sustentados en hechos, cualquier investigación orientada a determinar la eficacia de un modelo de enseñanza debe tener en cuenta la naturaleza variable de la práctica docente en el aula, la influencia de las escuelas de pensamiento y de formación, la multidimensionalidad de los procesos en clase, los intereses y expectativas de los estudiantes y las exigencias sociales, porque crean un ambiente en el que capacitar en cualquier área se convierte en un reto para este siglo. Además, hay que re-conocer las características únicas de los estudiantes, al mismo tiempo que los desarrollos tecnológicos, y su participación como variables de análisis en los procesos de aprendizaje.

En esta investigación se pudo determinar el efecto que estas, y otras variables, ejercen sobre la eficacia y los resultados de la capacitación en procesos de aprendizaje en matemáticas y, por consiguiente, en el nivel de logro de los resultados de aprendizaje. Esto pone de relieve la responsabilidad de cada uno de los actores involucrados en el proceso, desde los profesores, los estudiantes y los planes de estudio, hasta los contenidos, las prácticas y las didácticas utilizadas. En este capítulo se analiza la relación entre la aplicación de los modelos de enseñanza y el nivel de la capacitación en matemáticas, con el objetivo de determinar su eficacia, al analizar las situaciones inicial y final, para el desarrollo de las capacidades, habilidades y destrezas que exhiben los estudiantes al final del proceso de aprendizaje.

Debido a que todo proceso de capacitación es complejo en sí mismo, estos principios y variables se deben considerar como un todo y no aisladamente, porque sus interrelaciones impactan el aprendizaje que alcanzan los estudiantes. Por eso se presenta las limitaciones de la investigación como base para futuros trabajos en los que se integren en el análisis a la eficacia. Esta alineación se convierte en una innovación importante para demostrar la necesidad de modificar la manera como se capacita en matemáticas a la categoría de estudiantes. Pero se recomienda que cualquier iniciativa de cambio sea un asunto analizado entre todos los actores, y asignarle recursos económicos y humanos adecuados para que no se quede en uno más de los muchos intentos.

Los resultados que se presentan en este trabajo surgieron de la revisión de la literatura sobre estudios de caso, en los que se evalúa los cambios en el rendimiento de los estudiantes, luego de asistir a un proceso de aprendizaje en matemáticas, en el que el profesor utiliza ciertas prácticas y didácticas estructuradas sobre un modelo de enseñanza. El resultado no se puede considerar definitivo, porque esos trabajos no involucran todas las variables inmersas en un proceso de capacitación, por lo que se propone una investigación en la que se incluyan en una evaluación al desarrollo de la capacidad lógico-interpretativa y abstractiva de estudiantes que asisten a un proceso de aprendizaje en matemáticas.

REFERENCIAS

[1] Bart M. (2014). Blended and Flipped- Exploring New Models for Effective Teaching & Learning. Magma.

[2] Serna E. (2011). De las competencias, la formación, la investigación y otras: Visiones de reflexión. Editorial Instituto Antioqueño de Investigación.

[3] Serna E. y Serna A. (2013). A review processes for science, technology and innovation. Revista Entramado 9(1), 172-187.

[4] Cardella M. (2008). Which Mathematics Should We Teach Engineering Students? An Empirically-Grounded Case for Mathematical Thinking. Teaching Mathematics Applications 27(3), 150-159.
[5] Davis B. y Sumara D. (2006). Complexity and education: Inquiries into learning, teaching, and research. Lawrence Erlbaum Associates.
[6] OECD. (1995). Mathematical Education of Engineers. Organisation for the Economic Co-Operation and Development.
[7] Serna E. (2015). Por qué falla el sistema de educación. Editorial Instituto Antioqueño de Investigación.
[8] Serna E. (2015). La capacidad lógico-interpretativa y abstractiva. Fondo Editorial ITM.
[9] Anya P. Smith G. (2014). Qualitative research methods in Software Engineering. Revista Antioqueña de las Ciencias Computacionales y la Ingeniería de Software 4(2), 14-18.
[10] Pereira Z. (2011). Mixed Method Designs in Education Research: A Particular Experience. Revista Electrónica Educare 15(1), 15-29.
[11] Pole K. (2009). Diseño de metodologías mixtas. Una revisión de las estrategias para combinar metodologías cuantitativas y cualitativas. Renglones 60 37-42.
[12] Serna E. (2018). Metodología de investigación utilizada. En Serna E. (Ed.), Ingeniería - Realidad de una disciplina. Editorial Instituto Antioqueño de Investigación.
[13] Schubring G. (2010). Historical comments on the use of technology and devices in ICMEs and ICMI. The International Journal on Mathematics Education 42(1), 5-9.
[14] Modjeski R. et al. (1908). The Teaching of Mathematics to Students of Engineering. Science 28(710), 161-170.
[15] Wigley A. (1992). Models for teaching mathematics. Association of Teachers of Mathematics.
[16] Larcombe P. (1998). Engineering mathematics: The crisis continues. Engineering Science and Education Journal 7(6), 263-281.
[17] Prince M. (2004). Does active learning work? A review of the research. Journal of Engineering Education 93(3), 223-231.
[18] Murray S. et al. (2009). Effects of peer coaching on teachers' collaborative interactions and students' mathematics achievement. The Journal of Educational Research 102(3), 203-212.
[19] Falchikov N. y Goldfinch J. (2000). Student peer assessment in higher education: a meta-analysis comparing peer and teacher marks. Review of Educational Research 70(3), 287-322.
[20] Bovill C. et al. (2011). Students as co-creators of teaching approaches, course design, and curricula: Implications for academic developers. International Journal for Academic Development 16(2), 133-145.
[21] Booth S. (2004). Learning and teaching for understanding mathematics. En 12th SEFI Maths Working Group Seminar. Vienna, Austria.
[22] Fuller M. (2004). Mathematics in engineering education in Australia: Do we join the revolution? En 12th SEFI Maths Working Group Seminar. Vienna, Austria.
[23] Gong Q. et al. (2007). Combining course with contest to reinforce the integrated ability and skills of students. En 30 International Conference on the Teaching of Mathematical Modeling and Applications. Bloomington, USA.
[24] Serna E. y Serna A. (2015). Knowledge in Engineering: A View from the Logical Reasoning. International Journal of Computer Theory and Engineering 7(4), 325-331.
[25] Kidwell P. et al. (2008). Tools of American Mathematics Teaching, 1800–2000. The Johns Hopkins University Press.
[26] Da Silva M. y Valente, W. (2009). Students' notebooks as a source of research on the history of mathematics education. International Journal for the History of Mathematics Education 4(1), 51-64.
[27] Ikeda T. (2009). Didactical Reflections on the teaching of mathematical modelling – Suggestions from concepts of "time" and "place." En Blomhøj M. y Carreira S. (Eds.), Mathematical applications and modelling in the teaching and learning of mathematics. Roskilde University.
[28] Niss M. (2008). Perspectives on the balance between applications & modelling and 'pure' mathematics in the teaching and learning of mathematics. En First Century of the International Commission on Mathematical Instruction. Roma, Italy.
[29] Graves B. y Suurtamm C. (2009). Disrupting linear models of mathematics teaching-learning. En Tenth international conference Models in developing mathematics education. Dresden, Germany.
[30] Goold E. (2012). The Role of Mathematics in Engineering Practice and in the Formation of Engineers. Doctoral dissertation. National University of Ireland Maynooth.
[31] Van de Walle J. et al. (2013). Teaching mathematics in the 21st century. Peachpit Press.
[32] Ackerberg A. (2014). Mathematics teaching practices. En Karp A. y Schubring G. (Eds.), Handbook on the History of Mathematics Education. Springer.
[33] Oakley B. (2014). A Mind for Numbers How to Excel at Math and Science (Even If You Flunked Algebra). TarcherPerigee.
[34] Ferreira M. (2016). A Literacia Matemática e a previsão do sucesso da aprendizagem em estudantes de Engenharia: Definição de um modelo explicativo. Disertación doctoral. Universidade do Minho.
[35] Westwood P. (2008). What teachers need to know about Teaching methods. ACER Press.
[36] Maker J. (2005). Teaching models in education of the gifted. Pro Ed.

[37] Gatto J. (2000). A different kind of teacher: Solving the crisis of American schooling. Berkeley Hills Books.
[38] Moust J. et al. (2007). El aprendizaje basado en problemas: Guía del estudiante. Universidad de Castilla-La Mancha.
[39] Goodman B. (2010). Project-Based Learning. Recuperado: https://www.fsmilitary.org/pdf/Project_Based_Learning.pdf
[40] Reese H. (2011). The Learning-by-Doing Principle. Behavioral development bulletin 11, 1-19.
[41] Dostál J. (2015). Inquiry-based instruction: Concept, essence, importance and contribution. Palacký University.
[42] Nérici I. (1985). Hacia una didáctica general dinámica. Kaspelusz.
[43] Titone R. (1986). El lenguaje en la interacción didáctica - Teorías y modelos de análisis. Narcea.
[44] Barber M. et al. (2013). An avalanche is coming - Higher education and the revolution ahead. Institute for Public Policy Research.
[45] Blackboar. (2008). Teaching in the 21st Century - A review of the issues and changing models in the teaching profession. Eduviews.
[46] Serna E. y Serna A. (2021). An IT-based teaching model for a new generation of students. Journal of Educational Change. Online version.
[47] Kirkpatrick J. y Kirkpatrick W. (2016). Kirkpatrick's Four Levels of Training Evaluation. ATD Press.
[48] The Education Alliance. (2006). Closing the achievement gap - Best practices in teaching mathematics. Recuperado: https://docplayer.net/19070342-Best-practices-in-teaching-mathematics.html
[49] Andrew University. (2010). The Effective Mathematics Classroom. Recuperado: https://www.andrews.edu/sed/leadership_dept/webinars/presentationdocuments/the_effective_mathematics_classrroom.pdf

10

Realidad de las matemáticas en los programas de ingeniería

El mito con las matemáticas es que el futuro de la humanidad depende de privilegiados que desarrollen habilidades superiores en ellas. Esto se remonta, por lo menos, a la década de los 50, cuando los rusos superaban a los estadounidenses en la carrera espacial, porque eran mejores en matemáticas y ciencias, o cuando los alemanes y los japoneses lo hicieron en los años 80. Hoy la cuestión es con indios y chinos, porque para muchos ellos son mejores en matemáticas y ciencias. La realidad es que es difícil encontrar a alguien que para ser un profesional eficiente en su trabajo utilice algo más que una hoja electrónica y las matemáticas básicas: aritmética y un poco de álgebra, estadística y programación. Por otro lado, el desarrollo de las Tecnologías de la Información TI ha transformado las especialidades y necesidades empresariales en ingeniería, y crearon nuevas oportunidades en áreas relacionadas, tanto en la forma en que adquieren o desarrollan habilidades sus estudiantes, como en la manera de utilizarlas. En este nuevo escenario se presenta un amplio debate sobre qué habilidades matemáticas deben desarrollar los ingenieros, cómo y cuándo enseñarla, y si todas las disciplinas consideradas ingenieriles necesitan el mismo volumen de ellas. Con el objetivo de aportar a este debate se realizó una investigación colaborativa para responder algunas inquietudes relacionadas, especialmente para determinar la realidad de la enseñanza de las matemáticas en la educación en ingeniería.

INTRODUCCIÓN

En este siglo el mito con las matemáticas se empieza a difumar a medida que el Nuevo Orden Mundial refleja el surgimiento de puestos de trabajo en los que su utilización es mínima, y porque es difícil encontrar a alguien que para ser un profesional eficiente y eficaz en su trabajo utilice algo más que una hoja electrónica y las matemáticas básicas: aritmética y un poco de álgebra, estadística y programación.

Una cuestión muy diferente son las habilidades matemáticas que deben poseer quienes trabajan como científicos e ingenieros, y cuánta matemática necesitan realmente, aunque este número se reduce tanto que la mayoría solamente utiliza las mismas herramientas matemáticas que casi todos los profesionales [1]. Esto sugiere que un amplio porcentaje de los empleos en los que se requiere títulos avanzados están utilizando este requisito simplemente como un filtro. En el mundo existe una realidad que no se puede ocultar y que ha sido investigada por diversos autores: si se analiza las tareas que desempeña la mayoría de ingenieros, egresados de las facultades de ingeniería de diversos países del mundo, el porcentaje de los que realmente se ocupa en ingeniería, en lugar de en gestión, administración, dirección, docencia o asesoría, es inferior al 20% [2, 3]. Esto quiere decir que únicamente ellos podrían estar utilizando un poco más de matemáticas que la inmensa mayoría.

Para los defensores de los extensos currículos en matemáticas esta es una conjetura que se necesita resolver con estadísticas sólidas y demostraciones en profundidad. Por eso es que el contenido que se presenta en este capítulo se basa en numerosos datos, recopilados mediante entrevistas a científicos e ingenieros y a profesores de ciencias, ingeniería y matemáticas, mediante un trabajo compartido entre investigadores de la Universidad de Nueva York y el Instituto Antioqueño de Investigación. La cuestión es que aceptar esta conjetura tendría implicaciones educativas revolucionarias y, en particular, se socavaría la legitimidad de exigirles a los estudiantes la aprobación de una cantidad de procesos de aprendizaje en matemáticas, solamente porque estudian ingeniería y así debe ser. La realidad es que ese volumen de matemáticas realmente la necesita una pequeña fracción de la fuerza laboral en esta disciplina. Los argumentos que se esgrime desde las facultades de ingeniería para defender ese volumen de matemáticas son:

1. *Las matemáticas son fundamentales para una educación superior seria*. Puede que esto sea cierto, porque para comprender, analizar y resolver algunos de los problemas ingenieriles se requiere un razonamiento lógico sólido. Por desgracia, ese tipo de profesionales son una fracción de la cantidad de egresados de la educación superior y, aun así, para el sistema educativo es razonable y viable insistir en que *todos los estudiantes* de ingeniería tienen que recibir el mismo nivel de matemáticas. Por supuesto que debe estar en el currículo, pero para quienes se dedican a la ciencia o para programas ingenieriles que realmente la emplean: civil, mecánica, militar, electrónica, … No se puede generalizar, porque ya no estamos en la Era Industrial, cuando todos los estudiantes tenían que ser competentes en todo. La realidad de hoy es diferente, porque los ingenieros necesitan desarrollar otras destrezas, habilidades y capacidades que, necesariamente, no dependen de las matemáticas.

2. *Las matemáticas ayudan a pensar con claridad*. La valoración de los entrevistados a este respecto es muy baja, y la mayoría lo considera un desatino. En deportes existe un concepto acerca de las habilidades: *si deseas mejorar tus habilidades en tenis, no practiques béisbol*. Lo mismo puede decirse en lo cognitivo, porque en cualquier caso el desarrollo de habilidades

matemáticas no es directamente proporcional al volumen de procesos de aprendizaje relacionados. Por otra parte, las matemáticas son de poca o ninguna utilidad en la resolución de la mayoría de los problemas de la vida que resuelven los ingenieros [4].

Por todo esto sería más beneficioso para los profesionales en ingeniería que la universidad les desarrollara habilidades, destrezas y capacidades para comprender el mundo a través de una visión lógica [5], en vez de atiborrarlos con una cantidad de procesos de aprendizaje en matemáticas que no les desarrolla su *razonamiento lógico*, porque están orientados a memorizar fórmulas sin sentido, ni les ayuda a ser *verdaderamente lógicos*, porque la lógica matemática se imparte sin orientación práctica y camuflada al interior de dichas fórmulas.

Lo cierto es que las matemáticas son necesarias, pero solamente para quienes las necesitan, o las quieren, aunque la realidad es que no todas las disciplinas ingenieriles las demandan en ese volumen [6]. En este capítulo se describe los resultados de investigación que sustentan estas afirmaciones.

1. MÉTODO

La investigación de la cual surge este trabajo se desarrolló entre 2018 y 2019. Se diseñó un cuestionario en línea para estudiantes, profesionales, administradores, empleadores y organizaciones relacionados con la ingeniería, ubicados en Estados Unidos, Alemania, Inglaterra, Japón, Colombia, Noruega y Australia. En total se recibieron respuestas de 345 empresarios, 1650 ingenieros, 2540 estudiantes, 65 universidades y 33 organizaciones de ingenieros.

La invitación a participar se envió vía correo electrónico, el 100% de la población está relacionada con alguna actividad ingenieril y la muestra se seleccionó de una base de datos obtenida con la colaboración de la asociación de ingenieros civiles de los Estados Unidos.

La información colectada se analizó aplicando cruce de variables y correlación directa entre resultados buscados y obtenidos. Debido a que el volumen de datos superaba la capacidad del grupo de análisis, se decidió estructurarlos mediante una matriz de acercamiento conceptual, es decir, se definió un concepto central alrededor del cual debían orbitar los datos. Al final se seleccionaron los más cercanos al eje de rotación del concepto y con ellos se hicieron los análisis finales que se presentan a continuación.

2. RESULTADOS Y ANÁLISIS

2.1 Qué es ingeniería

Este es un debate que gira alrededor de definiciones contradictorias acerca de qué es un ingeniero, porque existe diferentes concepciones de esta profesión, no solamente entre países, sino también dentro de ellos. En el ámbito académico y profesional un ingeniero se define como una persona capaz de utilizar el conocimiento científico, especialmente en matemáticas y ciencia, para resolver problemas del mundo real. Sin embargo, esta definición dificulta inventariar la población ingenieril, porque no se tiene claridad acerca de cuántos ingenieros realmente lo hacen. En diversos estudios e informes se utiliza múltiples definiciones para la profesión: una persona que trabaja en una ocupación de ingeniería; un individuo cuyo grado más reciente se encuentra en una disciplina ingenieril tradicional; o una persona que trabaja en una posición que requiere conocimientos específicos de ingeniería [7, 8]. Por otro lado, tradicionalmente la ingeniería se ha dividido en especialidades: civil, mecánica, eléctrica, ... y aunque en las últimas décadas disciplinas

como las Ciencias Computacionales y las TI han aumentado su popularidad en todo el mundo, las instituciones académicas están divididas en cuanto a si estas especialidades deben estar afiliadas a las facultades de ingeniería, y raramente conceden grados en ellas. Pero en la mayoría de países, especialmente en los latinoamericanos, automáticamente se vinculan a estas facultades, al parecer únicamente porque suena muy armonioso el apellido *ingeniería* [9].

Aunque importantes universidades de todo el mundo ofrecen grados en Ciencias Computacionales a través de sus facultades de ingeniería, cientos de otras los ofrecen por fuera de ellas, especialmente vinculados a las facultades de Artes y Ciencias, lo que hace más difícil definir y distinguir a la ingeniería como área de conocimiento científico. Pero en Latinoamérica, China e India estos profesionales se gradúan desde las facultades de ingeniería, y en la mayoría de sus instituciones representan el más alto porcentaje de egresados. Las razones para estas diferencias es que en esos países la educación, en áreas relacionadas con los computadores, es mucho más económica que en ingenierías como la civil o la mecánica, porque comparten los llamados *cursos comunes*, entre ellos los de matemáticas, sin importar que en su perfil de egreso no las necesiten para el ejercicio profesional.

Además, algunos se enfrentan a una dificultad para determinar qué o quién debe ser considerado como ingeniero. Por ejemplo, en las entrevistas en China para esta investigación se constató que el modelo de desarrollo soviético les proporcionó asesores, que fijaron el término ingeniería en muchas instituciones y programas relacionados con la ciencia y la tecnología, pero que necesariamente no tenían contenidos de ingeniería. El legado de este sistema significó que algunos programas de ingeniería no pueden educar o incluso graduar hoy *ingenieros reales*.

Después de evaluar cuidadosamente el panorama educativo en estos países se pudo constatar de manera objetiva que la educación de ingenieros, en disciplinas que para otros no son ingeniería, se imparte y mide con el mismo racero que para las ingenierías tradicionales. Es decir, *ingeniería es ingeniería, aunque no sea ingeniería*. Por lo tanto, desde una sólida educación matemática sus planes de estudios se orientan a desarrollar habilidades, destrezas y capacidades para la resolución de problemas fundamentales. Además, los individuos calificados bajo estas condiciones están en el centro mismo del actual debate sobre la pertinencia de los programas de ingeniería y la crisis que vive esta área del conocimiento en todo el mundo [10].

2.2 Matemáticas e Ingeniería

El papel de las matemáticas en la enseñanza de la ingeniería es una cuestión de vieja data. En la Era Industrial se determinó que los trabajadores se debían acoplar rápidamente a las líneas de producción, asumir su nuevo papel de obreros y olvidarse de la caza y la recolección. Por lo tanto, era necesario que vieran el mundo desde la óptica de la lógica y la abstracción, una estrategia que funcionó entonces y por muchos años después. Pero en el Nuevo Orden Mundial y con el surgimiento de la Sociedad de la Información y los nuevos modos de producción, esa estrategia se tiene que replantear y discutir sobre qué habilidades matemáticas son necesarias para los ingenieros de este siglo, cómo y cuándo enseñarla y cuánta es necesaria. Además, el cambio de siglo y los desarrollos tecnológicos permitieron el surgimiento de la Era Digital, en la que las habilidades, destrezas y capacidades para utilizar esos desarrollos debe ser la punta del iceberg para los programas de ingeniería.

Por otro lado, tradicionalmente se acepta que las matemáticas juegan un papel central en la formación de ingenieros, ya sea como un requisito de entrada o como un elemento fundamentalmente básico de sus planes de estudios. Este papel ha sido un tema de alto perfil

durante muchos años, pero últimamente se ha estimulado el debate acerca de si para los problemas de la Sociedad de la Información debe mantener su actualidad. Pero la imperiosa necesidad de reclutar y retener a los estudiantes en los programas de ingeniería significa que es natural que los académicos se centren en el problema de las matemáticas, porque es el principal factor de deserción y de atraso de grado para los estudiantes. Sin embargo, en la práctica profesional el rol de las matemáticas ha cambiado radicalmente, al punto de que hoy se percibe como necesaria para la ingeniería, pero fundamental para cierto tipo de ingenieros, no como una regla general en la disciplina.

Con el fin de resolver las aparentes contradicciones acerca de si las matemáticas son transversales a todas las ingenierías o si por el contrario solamente se deben enfatizar para algunos programas, es necesario tener en cuenta los diferentes usos de ellas en la práctica ingenieril: por un lado, la utilidad *directa* de técnicas e ideas prácticas para comprender y resolver problemas complejos y, por otro lado, la utilidad *indirecta* como un elemento que contribuye al desarrollo de la experiencia y el juicio. En el primer caso las matemáticas son y seguirán siendo cruciales, pero en el segundo son opcionales y dependen del interés y las aptitudes del estudiante. Por eso es necesario conceptualizar ciertos interrogantes acerca de la formación matemática en ingeniería:

- ¿Qué tipo de conocimiento matemático necesitan los ingenieros?
- ¿Se puede medir el nivel de conocimiento matemático que necesita un ingeniero para su desempeño profesional? ¿En qué se basa esta medición?
- ¿Cómo cambian el panorama de las matemáticas los nuevos desarrollos en TI?
- ¿Cuándo, cómo y cuánta matemática se les debe impartir a los ingenieros?

A este respecto, y desde la introducción a gran escala de las áreas de TI en la práctica ingenieril, la profesión entró en un largo período de transición en relación con la necesidad y pertinencia de las matemáticas. Claramente algunos aspectos de ellas siguen siendo más esenciales que otros que han cambiado considerablemente con el modernismo y, en el medio, se encuentra una amplia zona de transición, donde los límites entre relevante e irrelevante están cambiando, pero no de la misma manera para todas las ingenierías.

Existe un consenso generalizado en la profesión sobre lo que se considera una habilidad matemática para un ingeniero: debe inculcar el pensamiento disciplinado y riguroso para el desarrollo de argumentos basados en la suposición y la simplificación, sobre todo convencer a los estudiantes y a la industria de su valor como herramienta, a la que se puede recurrir cuando se necesita evidencias cuantitativas para sustentar una afirmación, hipótesis, o intuición física [11]. Si bien son pocos los que disienten de esta descripción, persisten dudas acerca de la contribución real de la matemática a todas las ingenierías y, más aún, acerca de qué es matemáticas.

La práctica de los *verdaderos* ingenieros no tiende a considerarlas como un área problemática, o algo con lo que tienen lidiar porque sí. Además, muchos académicos consideran que las matemáticas son cruciales para la mayoría de ingenieros, sobre todo porque requieren desarrollar un equilibrio de habilidades a lo largo de su proceso formativo, que les permita ejercer adecuadamente su profesión. Pero de acuerdo con los resultados de esta investigación, la industria no generaliza de la misma forma, porque los requiere para el desempeño en diferentes cargos, con diferentes roles y con funciones específicas: consultores, asesores, diseñadores de proyectos, jefes de departamento, analistas, o gerentes, donde solamente requerirán unos conceptos básicos del conocimiento matemático recibido en su carrera.

En la Era Industrial los ingenieros tenían que aprender mucha matemática por fines prácticos, al mismo tiempo, se esperaba que desarrollaran cierta comprensión matemática como una forma lógica de pensamiento, y que le dieran importancia como parte de su experiencia práctica. Pero la disponibilidad del computador como herramienta de cálculo rompió la relación entre esos aspectos teóricos y prácticos. La enseñanza de las matemáticas prácticas, orientadas y aplicadas se convirtió entonces en el centro de las necesidades de algunas ingenierías, lo que por relación directa debería dar como resultado una variación en la cantidad de procesos de aprendizaje de las mismas.

Esto no significa que las matemáticas se deban abolir de todos los programas de ingeniería, sino encontrar un equilibrio adecuado en los planes de estudios, porque si la ingeniería se especializa y moderniza, también lo deberían hacer los contenidos y las didácticas para impartir matemáticas, como una manera de pensar prospectivamente y para responder a las necesidades profesionales de los ingenieros. Otro asunto complicado en esta discusión es si las matemáticas son la única herramienta que permite desarrollar el razonamiento lógico. Porque si es así, todas las disciplinas deberían tenerlas en sus planes de estudios, ya que en este siglo no es posible concebir un profesional sin esta capacidad. Además, porque todos la necesitan para comprender y solucionar los problemas complejos que presenta el Nuevo Orden Mundial.

El problema de la brecha entre las necesidades y la realidad de las matemáticas para los ingenieros del siglo XXI, es una preocupación que le debe interesar a todas las disciplinas realmente ingenieriles. De acuerdo con los empresarios que participaron en la investigación, los estudiantes que se forman con los actuales planes de estudios carecen de habilidades y capacidades analíticas para resolver problemas complejos, y no logran una adecuada apreciación de las matemáticas en términos de funciones de precisión y prueba. Por su parte, los ingenieros aceptan el hecho de que esos planes no les ofrecen lo necesario para su desempeño profesional, aunque el volumen de procesos de aprendizaje se mantiene inalterable, y claman por medidas importantes para reformarlos. Por otro lado, al indagar por las percepciones de los empleadores acerca de la importancia de las matemáticas como característica distintiva para un buen ingeniero, se encontró que para ellos era una cuestión de menor preocupación, porque la mayoría lo que necesita es profesionales que comprendan indicaciones y desarrollen tareas conjuntas, por lo que no ven la necesidad de que los egresados tengan una conciencia holística de las matemáticas.

Aunque algunas instituciones propician espacios y discusiones para alcanzar una solución, en esta investigación se encontró que la mayoría sigue dominada por las directrices de las facultades de ciencias y matemáticas. Muchos decanos de ingeniaría argumentan que para sus programas es imposible participar en la estructuración y formulación de los procesos de aprendizaje relacionados, porque esas facultades se encargan de diseñarlos y servirlos con desconocimiento total de las necesidades de los estudiantes y de los mismos programas. La solución aquí es que sean los programas de ingeniería los que les indiquen a las facultades de ciencia qué contenido matemático necesitan para cada disciplina que ofrecen. Si esto fuera posible los ingenieros no recibirían una única preparación matemática, como se hacía en la Era Industrial cuando se preparaba obreros para una línea única de producción, sino en la matemática que necesitan de acuerdo con su perfil.

Por otro lado, la industria TI ha revolucionado el uso de las técnicas analíticas en la práctica de la ingeniería, y se iniciaron cambios profundos en las ofertas laborales de esta industria, porque sus necesidades son diferentes a las de cualquiera otra en la que se requiera ingenieros profesionales. Es más, muchas de sus ofertas de empleo no requieren ingenieros tradicionales, sino un nuevo tipo de profesional con habilidades, destrezas y capacidades especiales para desenvolverse en un

mundo global inmaterial. Algo en lo que para nada sirven las matemáticas que se imparte actualmente en los programas de ingeniería. En este sentido, en esta investigación se encontró que las universidades y los gobiernos todavía no perciben esta problemática. Al interrogar a los administradores educativos y a los organismos de control acerca de si al momento de diseñar y aprobar la apertura de nuevas ingenierías tenían en cuenta el impacto TI y las nuevas necesidades de esta industria, la respuesta fue unánime: Sí. Pero cuando se consultó la oferta de programas en los diferentes países, especialmente en los latinoamericanos, se descubrió que eso no es cierto: los nombres de los programas confunden; no existe ninguna relación directa entre las denominaciones, los contenidos y los planes de estudios; en términos generales son una mala copia de las ingenierías tradicionales, con pequeñas variaciones en los nombres de los procesos de aprendizaje; son totalmente ajenos a las necesidades globales y, peor aún, a las propias de cada país; y todas los programas tienen la misma base, la misma cantidad de procesos de aprendizaje, los mismos contenidos y los mismos principios de evaluación para las matemáticas. Esto ratifica las afirmaciones de los decanos de las facultades de ingeniería en el sentido que las facultades de ciencias básicas son las que dominan este asunto.

Además, los contenidos de los procesos de aprendizaje en matemáticas se deben centrar en solucionar problemas de la vida real, exponiendo a los estudiantes a proyectos reales y al uso de herramientas abstractas, especialmente a la manipulación de cantidades desconocidas y a la simulación y el modelamiento. Pero hay un mundo de diferencia entre la enseñanza de unas matemáticas sin contexto, y la orientada a problemas pertinentes que conduzcan a apreciar modelos y fórmulas matemáticas para aclarar situaciones del mundo real. Los empresarios consultados concuerdan en que los profesionales llegan a sus puestos de trabajo con un universo de conocimiento, pero que no saben cómo utilizarlo para responder a las necesidades del contexto en el que laboran. Muchos le atribuyen esto a que los sistemas de educación adoptaron una formación por competencias, como se hacía en la Era Industrial, que está deteriorando el nivel de las habilidades, destrezas y capacidades que los ingenieros necesitan para desempeñarse con éxito en la vida. Porque son *competentes*, pero no *razonan*. Es decir, fueron *educados* para desempeñarse en una línea de producción en la que responden a labores estáticas, pero no fueron *formados* para actuar en los escenarios multidimensionales, transdisciplinares, dinámicos y complejos de este siglo.

2.3 ¿Todos los ingenieros necesitan el mismo nivel y cantidad de matemáticas?

En este punto surge la cuestión de si todos los ingenieros se deben formar de la misma manera y con los mismos procesos de aprendizaje y contenidos matemáticos. Esto no se trata únicamente de la estadística, aunque es fundamental para la discusión, sino de alcanzar la comprensión de un asunto mucho más importante: ¿cuántos graduados, debidamente capacitados como ingenieros, necesitan el volumen de matemáticas que reciben para satisfacer las demandas del mercado nacional y mundial? La respuesta a este interrogante se debe abordar desde varias perspectivas:

1. *¿Cuál es la calidad de los ingenieros que se gradúan actualmente*? Definir y medir asuntos de calidad es difícil, tanto por razones conceptuales como empíricas. Actualmente, se presenta discusiones en la disciplina con la idea de redefinir las habilidades que caracterizan la alta calidad, y se discute la mejor forma de inculcarlas a través de una educación, igualmente de calidad. En esta investigación se realizaron entrevistas con analistas de la industria y con académicos para desarrollar una tipología del trabajo que desempeñan los ingenieros, y se identificaron dos tipos ideales de graduados en ingeniería que materializan de la gama de destrezas, habilidades y capacidades profesionales bajo las que se forman: 1) *emprendedores*, necesarios para el desarrollo, y 2) *de apoyo*, necesarios para la economía.

Los *ingenieros emprendedores* son individuos que desarrollan razonamiento lógico y pensamiento abstracto, que los capacita para resolver problemas complejos utilizando conocimiento científico, y son más propensos a generar innovación. Trabajan en equipo; desarrollan fuertes habilidades interpersonales y son capaces de traducir la terminología técnica ingenieril al lenguaje común, para que todas las personas la entiendan; tienden a ser competitivos a nivel mundial y tienen alta demanda, especialmente en los países desarrollados, independientemente de su ubicación; por lo tanto, necesitan una sólida formación en matemáticas. Pero, comparativamente representan un bajo porcentaje de las necesidades reales de la ciencia y la industria.

En contraste, los *ingenieros de apoyo* poseen una sólida formación técnica, pero no la experiencia o los conocimientos para aplicar ese conocimiento en grandes dominios. Están capacitados para desarrollar trabajos repetitivos que no les exige un amplio razonamiento lógico, ni un sólido pensamiento abstracto. Representan la masa laboral que más necesita el desarrollo económico y, por tanto, se ajustan perfectamente a las ofertas laborales. Entonces, si estos ingenieros realizan esas labores y son los más necesitados en la industria, ¿por qué se deben formar de la misma manera que los emprendedores? En algunos países desarrollados se entendió hace décadas que hay que diferenciarlos, por lo que las facultades de ingeniería decidieron trasladar estos programas a otras facultades, como a las de Ciencias Computacionales o Arte, en las que los contenidos en ciencias y matemáticas se ajustan mejor a sus realidades y necesidades. De esta manera se obvia la deserción y el estancamiento de grado a causa de la no-aprobación de procesos de aprendizaje en matemáticas, y se gradúa a los profesionales calificados y capacitados que necesita la mayor parte de la industria.

Empíricamente, a nivel individual es difícil separar a unos de otros, porque en el sistema de educación estas distinciones se basan, en gran medida, en las llamadas *competencias*. Mientras que los graduados de las llamadas universidades de primer nivel, con programas robustos de investigación y con trayectoria innovadora en planes de internacionalización, tienen más probabilidades de ser emprendedores, esto no puede ser una distinción rígida. Porque los graduados de estas instituciones pueden ser de uno u otro tipo, dependiendo de sus verdaderas intencionalidades formativas; mientras que los de otras instituciones pueden desarrollar (o aprender rápidamente) las habilidades necesarias para competir a nivel mundial, lo que también depende de sus intereses y aptitudes. Lo mismo se aplica en el caso de los países, porque ninguno puede decir que tiene el monopolio de las mejores facultades de ingeniería o de la excelencia en cuanto a graduados. Así, mientras que esta tipología no ofrece un desglose estadístico infalible de la calidad de ingenieros o de la empleabilidad relacionada, es útil para demostrar que las matemáticas no se deben impartir por igual en todos los programas en las facultades de ingeniería, porque puede que muchos ni siquiera sean *verdaderamente* ingenieriles.

Otro hallazgo importante en esta investigación es una creciente evidencia de que esta dicotomía tiene una relación directa con cómo conciben las empresas a estos profesionales versus cómo tratan de formarlos en las universidades. A este respecto se les solicitó a empresarios de industrias transnacionales, involucradas directamente con alguna disciplina ingenieril, que compararan la productividad y calidad del trabajo realizado a nivel nacional con el extranjero, para conocer los puntos fuertes y débiles de su fuerza de trabajo en ingeniería. A partir de sus respuestas se pudo derivar conocimiento sobre las características de sus ingenieros emprendedores y de los de apoyo: los primeros tienden a mostrar una buena formación técnica, además de en campos no-técnicos; a menudo son más creativos y tienen mejores habilidades de negocios, pero a su vez, exigen salarios más altos y buscan nuevos retos

para demostrar que son capaces de realizar trabajos de nivel superior. Por el contrario, los segundos son capaces de dominar los conceptos fundamentales de su disciplina y de la gestión de proyectos, y pueden relacionar otras disciplinas funcionales. Sin embargo, son menos propensos a solucionar problemas complejos o a propiciar resultados innovadores. Por otro lado, la baja demanda mundial de ingenieros que combinen habilidades, destrezas y capacidades, y que vayan más allá de la ingeniería tradicional con una buena formación en ciencias, se pone de relieve en diversos estudios [12]. La realidad es que, de acuerdo con los resultados de la investigación, la industria necesita un número mayor de *ingenieros de apoyo*.

Por el lado de la oferta, los profesores y administradores de las facultades de ingeniería consultados también están tratando de graduar nuevos tipos de ingenieros, en un intento por responder a los desafíos de una fuerza de trabajo en ingeniería cada vez más globalizada. Por ejemplo, algunos tratan de integrar campos como la economía y el derecho con los principios básicos de la ingeniería, con el ánimo de ayudar a fomentar habilidades más avanzadas de innovación, un mejor espíritu empresarial y una más eficiente gestión de alta tecnología [13]. Otros afirman que la preparación de la próxima generación de ingenieros, para que entren al mundo globalizado con una ventaja competitiva, requiere inventiva, recursos y una continua revolución de modelos y didácticas para inculcarles en paralelo la comunicación intercultural, la gestión global de recursos y la formación profesional interpersonal, junto con los temas técnicos relacionados, necesarios y no-negociables de la disciplina [14, 15]. Esto no se debe confundir con la práctica generalizada en universidades y gobiernos latinoamericanos, donde se ofrece y aprueba cualquier programa como ingeniería, únicamente para alcanzar un número de estudiantes que les dé sostenibilidad, pero sin analizar las realidades de sus economías y las tendencias globales. Eso sí, como los consideran ingeniería, no se negocia la cantidad de procesos de aprendizaje, las exigencias de grado y los contenidos en matemáticas.

2. *¿Cuál es el nivel de competitividad de los ingenieros en relación con la economía global*? A fin de evaluar este problema, primero es necesario buscar métricas que permitan una comparación equilibrada de los ingenieros en las distintas regiones y países. Sin embargo, no es una tarea simple. Como se ha indicado antes, definir un ingeniero de calidad es un tema de debate en todo el mundo, pero es aún más difícil alcanzar un consenso internacional sobre las características de la competitividad de alta calidad de un ingeniero. En segundo lugar, debido a los diferentes niveles de desarrollo de cada país, el papel de los ingenieros en las economías no se puede estandarizar. Las cualidades que harían *empleable* a un ingeniero en un país en vías de desarrollado, no son suficientes para conseguir trabajo en uno desarrollado, lo que dificulta las comparaciones transnacionales. Lo que se descubrió en esta investigación es que es mucho más fácil equiparar las destrezas, habilidades y capacidades matemáticas que debe poseer un ingeniero para el mundo. La conclusión es que no se requiere que sea un genio-científico, sino un ingeniero que realice eficiente y eficazmente la labor para la que se contrata, por lo que, para la mayoría de organizaciones consultadas, el nivel en matemáticas es intrascendente.

   No obstante, la cuestión de la competitividad se abordó desde un análisis a las respuestas de los empresarios, en las que se buscó medir la empleabilidad y, por tanto, la competitividad en los mercados laborales globales de ingenieros en una variedad de países. Se consultó acerca de la importancia de la procedencia de los profesionales con un grado en ingeniería de una institución reconocida en el mundo. Debido a que se utilizaron criterios similares de empleo, es decir, cada empresa evaluó sus posibilidades de acuerdo con las necesidades propias, se pudo realizar una comparación equitativa entre la competitividad global y, en cierto grado, de

la calidad de los ingenieros buscados. Los resultados indican que el 40% de los empresarios prefiere a los egresados de Estados Unidos, el 24% a los de la India, el 15% a los de Japón, el 11% a los de China y el 10% a los latinoamericanos. Las barreras de empleabilidad más destacadas se refieren a la calidad de la educación, los problemas culturales y, frecuentemente, la falta de accesibilidad a los recursos tecnológicos. Además, el dominio del idioma inglés es una preocupación para todas las empresas, al mismo tiempo que no es un impedimento para aceptar a un ingeniero graduado, porque lo más importante para el 94% de los consultados es que posea las habilidades, destrezas y capacidades para desarrollar de forma eficaz y eficiente las tareas encomendadas. Una pregunta paralela que se incluyó fue si el nivel, la cantidad y las calificaciones en matemáticas era un signo distintivo para el empleo, y el 100% respondió que no, porque su verdadera necesidad era de profesionales con muy buenas bases en TI.

3. *¿Existe alguna relación entre la calidad de la educación y la cantidad de matemáticas en ella*? En ingeniería, calidad y cantidad están estrechamente vinculadas a muchas cuestiones. De hecho, querer mejorar la calidad de la educación para incrementar la empleabilidad, a menudo son estrategias divergentes. Mejorar la calidad significa dedicar más recursos por estudiante, o mejorar la eficiencia de esos recursos, mientras que incrementar la cantidad representa que existe un número mayor de estudiantes, lo que significa, en virtud de los recursos fijos, una disminución de los mismos por cada uno. Cuando el objetivo es expandir la población estudiantil, el grado de calidad no se puede mantener fácilmente, a menos que el personal académico, las instalaciones y los recursos crezcan en consecuencia. En muchos países, desarrollados como en vías de desarrollo, las instituciones privadas están llamadas a llenar este vacío, pero, desafortunadamente, las variaciones en la infraestructura, financiamiento y resultado de la calidad docente en el sistema es incompatible en muchas de ellas [16].

   Además, en la mayoría de países la calidad de las instituciones varía significativamente, porque el financiamiento, las instalaciones, los profesores y el reclutamiento de estudiantes de calidad son sus principales preocupaciones. Por ejemplo, algunas se esfuerzan por conservar el número de estudiantes, pero debido a las dificultades económicas la deserción es muy alta como para lograrlo. En las respuestas de los funcionarios educativos se encontró que, debido a esa deserción, algunas instituciones terminan un semestre académico con menos profesores de los que comenzaron y, en consecuencia, la calidad de la educación sufre, porque los procesos de aprendizaje los asumen profesores *improvisados* que no están capacitados para asesorarlos. En los países en vías de desarrollo muy pocas instituciones privadas tienen ingresos económicos diferentes a las matrículas, por lo que deben sacrificar criterios de calidad educativa para tener un número de estudiantes que les permita seguir en el *negocio*.

   Como se encontró en esta investigación muchos estudiantes las perciben como *facilistas*, porque no se esfuerzan mucho en mantener estándares de calidad, y para ellos es relativamente fácil lograr el título. Otro tanto las aprecia como universidades *pasarela*, porque los estudiantes parecen modelos que desfilan por sus pasillos en busca del grado. Argumentan que es necesario limitar el incremento de matriculados y mantener solamente a los que pueden atender con programas de calidad mundial. Por otra parte, la calidad de la educación en las universidades de primer nivel es probablemente el factor decisivo para la empleabilidad, porque las empresas buscan contratar a graduados de ingeniería egresados de ellas.

   Otro asunto es la percepción acerca de la relación entre la calidad de la educación y la cantidad de matemáticas en los programas de ingeniería. Para los empresarios esta es una cuestión sin trascendencia en la empleabilidad, pero para los laboratorios y centros de investigación es el factor predominante. Los consultados en la industria reprochan el hecho de que, para

disciplinas TI, que no clasifican como ingeniería, los planes de estudios sean los mismos que para las ingenierías tradicionales y reconocidas a nivel mundial. Para ellos es preferible que ese tiempo se dedique a procesos de aprendizaje en los que el estudiante desarrolle habilidades propias de la carrera, lo cual mejoraría su competitividad y empleabilidad. Algunos consideran absurdo que un estudiante retrase uno o dos años su grado porque no puede aprobar un proceso de aprendizaje en matemáticas, que no le servirá para nada como profesional. Por el contrario, para los laboratorios y centros de investigación lo más importante es una sólida formación en matemáticas y ciencias, porque para solucionar sus problemas necesitan ingenieros emprendedores.

4. CONCLUSIONES

Los estudiantes de los programas de ingeniería manifiestan que no necesitan ciertos procesos de aprendizaje en matemáticas, y mucho menos la alta cantidad, porque su objetivo no es ser científicos ni matemáticos. No solicitan la eliminación de esta área del conocimiento, pero sí están de acuerdo en que necesitan una matemática orientada a su disciplina, que les permita desarrollar habilidades, destrezas y capacidades para ser profesionales de éxito. En esta investigación se les indagó si estaban conformes con la matemática recibida en sus carreras, y solamente el 10% respondió afirmativamente. Pero cuando a estos se les preguntó acerca de su futuro como profesionales, informaron que se veían como científicos, investigadores o innovadores. Por el contrario, el 90% que respondió que no estaba conforme, se ven como ingenieros que atienden las necesidades sociales mediante la resolución de problemas cotidianos.

La realidad que se demuestra en los resultados de esta investigación es que todos los programas de ingeniería no necesitan el mismo volumen, ni los mismos contenidos en matemáticas. Las especialidades generadas por el desarrollo de la industria TI, la necesidad en todo el mundo de *ingenieros de apoyo* para el desarrollo económico y la imperante insuficiencia de razonamiento lógico, son elementos esenciales para solicitar una matemática orientada, y que los planes de estudios involucren solamente la cantidad requerida para cada especialidad. Además, si no es posible, entonces quiere decir que ese programa que se está analizando no es ingeniería y se debe trasladar a una facultad donde las exigencias en matemáticas sean menores.

Entonces, ¿cuánta matemática necesitan los ingenieros del siglo XXI? En el siglo XX y durante décadas los líderes empresariales, los educadores y los políticos argumentaron que a los estudiantes de ingeniería se les debía enseñar los niveles más avanzados de matemáticas. Todos se sentían preocupados por las *competencias* y estaban alarmados por la escasez de profesionales capacitados para ejercer la ingeniería y otros campos de alta tecnología. Su argumento era que en una economía como la del momento, aún los empleos de menor rango requerían buenos niveles de competencias matemáticas. Estaban convencidos de que todos los programas de ingeniería, por ser tal, necesitaban la misma cantidad de matemáticas para lograr las competencias que la industria esperaba de ellos. Esa situación no se diferencia mucho de lo que manifiestan los conservadores de la esencia de las matemáticas para la ingeniería actual.

Pero la situación tiene que cambiar, porque el asunto es que actualmente alguien está equivocando: *o muchos de los programas que se ofrece como ingeniería no son ingeniería, o las matemáticas ya no son la piedra filosofal para educar ingenieros*. Porque, como lo manifiestan los administradores de las empresas transnacionales que participaron en esta investigación, el mito de que la ingeniería es nada sin matemáticas es un asunto que ya no convence a nadie. Hoy se necesita ingenieros profesionales que piensen antes de actuar en la vida real, no que leviten en medio de fórmulas matemáticas y se tele-transporten a otros universos para encontrar alguna

solución a los problemas que se les plantea. El desarrollo y la economía del mundo actual necesitan mayoritariamente ingenieros prácticos, hábiles, rápidos de respuesta y que apoyen con ingenio el trabajo en equipo. Aquellos ingenieros, que en todo ven ciencia y matemática pura, buscan emplearse en laboratorios y centros de investigación, donde el trabajo es mayoritariamente individual e interdisciplinar. Por todo esto es necesario replantear las matemáticas en la ingeniería del siglo XXI, porque los puestos de trabajo de hoy necesitan profesionales con visión multidimensional, y trabajo transdisciplinar y en equipo.

REFERENCIAS

[1] Serna E. (2019). Educación para un nuevo orden mundial - Retos de un escenario emergente para la formación y la capacitación de una nueva categoría de estudiantes. Editorial Instituto Antioqueño de Investigación.

[2] Christensen R. et al. (2014). Student perceptions of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) content and careers. Computers in Human Behavior 34, 173-186.

[3] Vigo J. et al. (2015). Recent trends on Computational and Mathematical Methods in Science and Engineering (CMMSE). Journal of Computational and Applied Mathematics 275, 213-215.

[4] Serna E. (2013). Manifiesto por la profesionalización del desarrollo de software. Editorial Instituto Antioqueño de Investigación.

[5] Järvinen A. et al. (2014). Philosophy of Computer Science. Revista Antioqueña de las Ciencias Computacionales y la Ingeniería de Software 4(1), 34-41.

[6] Longrew J. et al. (2006). The art and science of Systems Engineering. Revista Antioqueña de las Ciencias Computacionales y la Ingeniería de Software 4(2), 27-34.

[7] NSF. (2006). Science and engineering indicators. Chapter 3: Science and engineering labor force. National Science Board.

[8] Pollak M. (1999). Counting the S&E workforce - It's not that easy. Technical report NSF 99-344. National Science Foundation.

[9] Serna E. (2018). Ingeniería: Realidad de una Disciplina. Editorial Instituto Antioqueño de Investigación.

[10] Serna E. y Serna A. (2013). Is it in crisis engineering in the world? A literature review. Revista Facultad de Ingeniería 66, 199-208.

[11] Nethercot D. y Lloyd D. (2001). Attracting the best and brightest: Broadening the appeal of engineering education. The Ove Arup Foundation.

[12] Lynn L. y Salzman H. (2007). The real global technology challenge. Change 39(4), 8-13.

[13] Taraban R. et al. (2013). Information literacy of U.S. and Indian engineering undergraduates. Springerplus 2, 244-266.

[14] Lee J. y Dion A. (2006). The difference between engineering education at public and private institutions. University of Michigan.

[15] Scheibler S. et al. (2006). Creating a 'global algorithm' for engineering education. En American Society for Engineering Education Annual Conference. Chicago, USA.

[16] Appelbaum R. et al. (2006). From cheap labor to high-tech leadership: Will China's investment in nanotechnology pay off? En Society for the Advancement of Socio-Economics Conference. Trier, Germany.

11

Matemáticas en ingeniería: Problema u oportunidad en este siglo

De acuerdo con las expectativas de los estudiantes de la Era Digital, las necesidades sociales, el ejercicio profesional y la complejidad de los problemas de este siglo, ¿se podría observar a las matemáticas como un problema o como una oportunidad en la educación de ingenieros? Para encontrar respuestas se realizó una investigación en la que participaron 9397 estudiantes, 956 profesores, 118 empleadores, 5765 profesionales, 218 directivos, 11 organismos de estado y 16 asociaciones profesionales, apoyada en una amplia revisión de la literatura respectiva. Los países con mayor número de participantes fueron México, Argentina, España, Estados Unidos, Perú y Brasil, además de otros con menor participación. Los principales resultados demuestran que se ofrece programas de ingeniería que no lo son; el sistema de educación es obsoleto; sí se necesita matemáticas en ingeniería, pero hay que modificar metodologías y didácticas; hay que integrar los contenidos matemáticos con los demás procesos de aprendizaje; y se debe armonizar lo teórico y lo práctico de las matemáticas para darle mayor pertinencia en la educación ingenieril. La conclusión es que la educación matemática es necesaria e importante en ingeniería, pero que, dado el escenario actual, hay que actualizar contenidos, didácticas y prácticas para que la nueva categoría de estudiantes la asuma más como una oportunidad y menos como un problema.

INTRODUCCIÓN

Desde los comienzos de la ingeniería como profesión las matemáticas han desempeñado un papel central en la formación de estudiantes, ya sea como requisito de ingreso a las universidades o como elemento esencial para el desempeño profesional. Por eso es que las discusiones y análisis acerca de su papel en la ingeniería son un tema de alto perfil para los gobiernos, las instituciones, las empresas, los estudiantes, los profesionales y la sociedad en general. Porque si se acepta su importancia en los procesos formativos, también habrá que exigir que la capacitación de los ingenieros en cada disciplina sea la más adecuada para responder a las necesidades sociales [1].

Si a esto se suma la crisis por la que pasa el mundo por la falta de ingenieros y de estudiantes que quieran tomar estos programas [2], es urgente diseñar estrategias para convocarlos y retenerlos en las facultades de ingeniería. Por lo tanto, y debido a que el mito de las matemáticas en ingeniería siempre es protagonista al momento de seleccionar qué estudiar, es natural que los académicos, los administrativos, la industria y el Estado centren su atención en esta situación.

Sin embargo, el rol de las matemáticas en la práctica profesional ingenieril ha cambiado radicalmente en este siglo, porque la matemática computacional surge como una oportunidad innovadora, exigiendo al límite a profesores y planes de estudios. Además, el trabajo disciplinar pasa a un segundo plano, porque la matemática se integra transdisciplinarmente como labor explícita para los ingenieros, evolucionado como una actividad distribuida a través de equipos de trabajo, pero soportada en computadores [3].

Estos escenarios han creado un dilema para los actores relacionados, porque ahora tienen que resolver las aparentes contradicciones acerca de si la matemática en ingeniería se debe observar como un problema o como una oportunidad. La cuestión es que son y seguirán siendo protagonistas en la capacitación y formación de ingenieros, pero hoy es necesario considerar sus múltiples y diferentes usos en la práctica, a la vez que la denominación de las diferentes disciplinas que se aceptan como ingeniería. La necesidad y cantidad de matemáticas en un plan de estudios debe tener relación directa con las funciones que el profesional deberá ejecutar, por lo que su utilidad para todas las ingenierías seguirá siendo una cuestión de debate:

- ¿Qué tipo de conocimiento matemático necesitan los ingenieros del siglo XXI?
- ¿Debería ser el mismo y la misma cantidad para todos los programas denominados como ingeniería?
- ¿Cómo caracterizar el nivel mínimo esencial para la práctica ingenieril?
- ¿En qué se debe basar ese conocimiento?
- ¿Cómo afecta a la realidad de este escenario el desarrollo de las TI?
- ¿Todos los estudiantes se deben capacitar con los mismos contenidos, didácticas y metodologías?
- ¿Cuándo y cómo se debe enseñar matemáticas?
- Los programas que no son ingeniería, sino profesiones o especializaciones, ¿deben incluir en sus planes de estudios las mismas matemáticas de las *ingenierías verdaderas*?

El asunto es que esta disciplina es un arte en el que es necesario usar la imaginación, el ingenio y el libre albedrío para imaginar, diseñar y construir productos seguros que no atenten contra el medio ambiente. Los encargados de estas labores son los ingenieros, que se han formado para

comprender y solucionar los problemas sociales en una amplia variedad de formas. Pero, debido a la creciente complejidad de estos desafíos, hoy se necesita ingenieros con una comprensión transdisciplinar del mundo, y con habilidades y destrezas especializadas. Además, dada la amplia diversidad de disciplinas en las que se ha fraccionado esta área del conocimiento, muchos investigadores y educadores también necesitan comprender profundamente las ciencias que sustentan el arte de la ingeniería y, por lo tanto, desarrollar nuevas capacidades para aplicarlas. La cuestión es que muchas de esas disciplinas se imparten como ingenierías, aunque su núcleo temático y perfil profesional no lo sean [4], por lo que no necesitarían desarrollar estas capacidades al mismo nivel de una verdadera ingeniería.

Este tipo de problemas no se debe analizar ni discutir solamente por los llamados *expertos*, porque sería difícil llegar a conclusiones y tomar decisiones que realmente aporten a una solución. Se necesita verdadero liderazgo para estimular y difundir la innovación en la formación matemática en ingeniería, e incluir a representantes de todas las comunidades relacionadas. Pero estos equipos deben ser pequeños y prácticos, para que las conclusiones se logren rápidamente y para aplicarlas objetivamente. En este capítulo se presenta los resultados de una investigación que realizaron investigadores y científicos de Australia, Canadá, Finlandia, Noruega y Colombia, y en la que se consultó acerca de:

1. ¿Qué análisis se puede hacerse al rol de las matemáticas en la formación y el ejercicio profesional de los ingenieros?
2. ¿Cómo influye ese rol en la decisión de los estudiantes por estudiar ingeniería y en su futura empleabilidad?
3. ¿Qué reflexión se puede hacer acerca de las metodologías y didácticas que se utiliza para enseñar matemáticas en ingeniería?
4. ¿Qué apreciación se puede hacer acerca del papel del sistema de educación?

1. MÉTODO

Esta investigación se llevó a cabo utilizando una metodología combinada de entrevistas, consultas y diálogos presenciales con universidades, organismos de estado, asociaciones profesionales y empresas; además, se apoya en una revisión de la literatura y en consultas a estudiantes, profesores, empleadores, directivos y profesionales en ingeniería. La búsqueda se realizó en las bases de datos de ScienceDirect, Scopus y WOS, y entre los criterios de selección se tuvo en cuenta la trayectoria del autor, la cobertura de la investigación, el tipo de investigación realizada y la contrastación de los resultados.

Las herramientas de consulta se aplicaron de forma abierta, el mayor número de participantes provino de México, Argentina, España, Estados Unidos, Perú, Brasil y otros con menor participación. No se realizaron revisiones detalladas a los contenidos en los planes de estudios, ni a las políticas evaluativas y, aunque ambos factores tienen un impacto considerable en los procesos formativos, no se cubren más que tangencialmente y se mantienen como objetivo para una próxima fase de la investigación.

Se aclara que los estudiantes participantes pertenecen a la Era Digital y que se encontraban cursando, como mínimo, tercer año de su carrera. En la Tabla 1 se detalla los participantes de acuerdo con el rol que desempeñan en la ingeniería, y en las Figuras 1 y 2 se aprecia la distribución por actor y por país, respectivamente.

Tabla 1. Actores participantes en la investigación

Actor	Cantidad	Visión objetiva para la investigación
Estudiante	9397	Elección de disciplina; conocimiento matemático; utilidad de la matemática; integración del currículo; modelo de aprendizaje; opción profesores; tecnologías;...
Investigador	38	Apreciación; prospectiva; contrastación; experimentación; investigación;...
Profesor	956	Experiencia profesional; profesión; investigación; actualización de conocimientos; tecnologías; métodos, modelos y didácticas;...
Empleador	118	Necesidades específicas; disciplinas ingenieriles; relación con universidad; relación con estado; prospectiva; equipos de trabajo;...
Profesional	5765	Tecnologías; aplicación práctica; transdisciplina; relación teoría-práctica; actualización de conocimientos; investigación;...
Directivo	218	Procesos de selección estudiantes y profesores; seguimiento plan de estudios; práctica académica; estrategias motivacionales; autoevaluación; relación con empresa; relación con estado; prospectiva; nuevas generaciones;...
Organismo de estado	11	Regulación; seguimiento; actualización normativa; análisis y discusión; integración universidad-empresa-estado;...
Asociación profesional	16	Regulación; seguimiento; actualización normativa; actualización de conocimientos; integración con universidad; integración con empresa;...

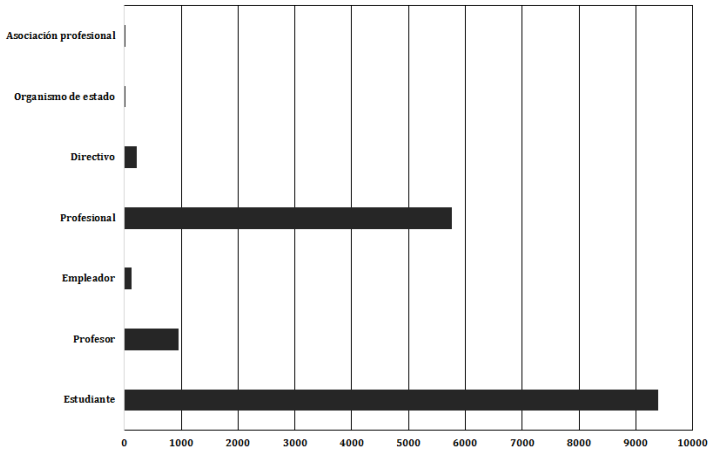


Figura 1. Distribución por tipo de actor en la investigación

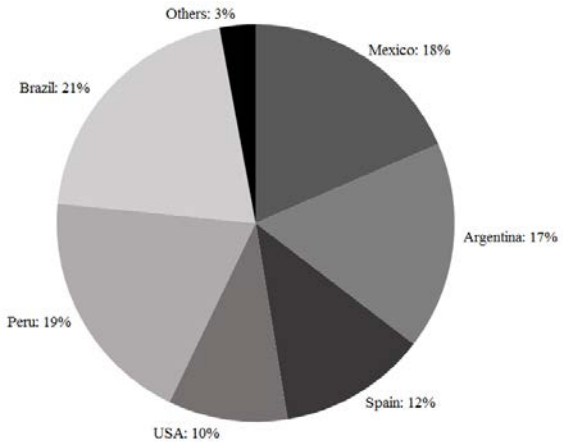


Figura 2. Participación porcentual por país

2. RESULTADOS Y ANÁLISIS

2.1 Las matemáticas en la formación y el ejercicio profesional de los ingenieros

La conclusión de un amplio número de participantes es que, con el desarrollo a gran escala de los computadores a finales del siglo XX, la práctica de la ingeniería cambió su rumbo: *dejó de ser un trabajo netamente matemático, realizado por ingenieros individuales, para convertirse en una labor de equipos transdisciplinares, distribuidos globalmente y mediada por aplicaciones*

software. Además, que algunos aspectos de las matemáticas deben continuar en la formación de ingenieros, pero que otros deben cambiar considerablemente de forma y fondo, sobre todo en la manera de impartirlos en el aula. En el fondo de estas apreciaciones surge discusiones acerca de las fronteras entre lo *necesario* y lo *irrelevante* de las matemáticas, en las que se aboga por cambios en contenidos, cantidades y didácticas.

En este sentido, empleadores, profesionales y asociaciones profesionales afirman que estas discusiones poco aportan, porque las realizan pedagogos, matemáticos y administrativos de la educación y, como resultado, se ha mantenido una especie de acuerdo en el que las matemáticas se observan como *competencia* esencial de la formación y la profesión ingenieril. La base de sus argumentos es que la matemática desarrolla el pensamiento disciplinado y lógico que necesitan los ingenieros, ya sea para comprender los problemas o para diseñar modelos. Pero, aunque es una apreciación que aceptan parcialmente los estudiantes y profesionales, en el nuevo siglo persiste interrogantes sin resolver: darle un verdadero significado de integración con los demás procesos de aprendizaje y visibilizar su utilización en el ejercicio profesional; incluso, todavía tienen dudas acerca de qué son realmente la ingeniería y la matemática en este siglo.

Los profesionales tienden a considerar a la matemática como una herramienta de ayuda, porque muchos han tenido la necesidad y oportunidad de involucrarla directamente en sus labores, y consideran que les brinda confianza y les ofrece un equilibrio entre sus habilidades ingenieriles y el trabajo en equipo. El asunto es que los empleadores necesitan que los ingenieros desarrollen otras destrezas y habilidades, porque los computadores se encargan de los cálculos y los desarrollos fríos. Para los estudiantes y los profesionales esto debe hacer parte del cambio, porque si bien los ingenieros antes tenían que aprender matemáticas para responder a los *propósitos prácticos* de su profesión, se esperaba que adquirieran cierto nivel de comprensión de ellas y desarrollaran una *forma lógica de pensar*, que los diferenciara de otras profesiones. Pero, con el desarrollo de la computación y su utilización como herramienta de cálculo, se desvirtúa esa relación entre lo práctico y lo teórico de la formación matemática.

Por lo tanto, y de acuerdo con los empleadores y los profesionales, su enseñanza práctica se debe orientar más a la modelización de sistemas, sin disminuir la importancia de lo teórico, es decir, se necesita encontrar un equilibrio correcto. En este mismo sentido los profesores afirman que, desarrollar la forma lógica de pensar debe ser un aspecto formal de educación, aunque, para los profesionales, todavía no se estructura un modelo de enseñanza que permita alcanzarlo. Asimismo, los estudiantes y algunos profesores con edad inferior a 40 años, sostienen que, para desarrollar o potencializar el pensamiento lógico, aún quedan cuestiones sin responder, porque desde las Ciencias Computacionales han surgido alternativas como la lógica de programación.

Los directivos y administrativos sostienen que han tenido que responder a las exigencias de los organismos de Estado, en el sentido de disminuir los procesos de aprendizaje relacionados con las matemáticas en los planes de estudios en ingeniería. A lo que estos organismos responden, extraoficialmente, que se debe a una imposición de colectividades internacionales con base en cálculos financieros, y no en estudios reales de las necesidades profesionales y empresariales. Incluso, en algunos países se ha experimentado con exigir, como requisito de grado, que los estudiantes hallan desarrollado las capacidades matemáticas necesarias para el ejercicio de su profesión (afirmación que confirman estudiantes). Para los profesionales la respuesta no debe ser disminuir procesos de aprendizaje y contenidos, sino armonizarlos con las habilidades y destrezas que posee el estudiante, las requeridas por la disciplina, de acuerdo con las asociaciones profesionales, y las que espera la industria (a lo que se unen los empleadores).

A este respecto, los profesionales y los profesores sostienen que los organismos de Estado y las universidades deberían analizar la brecha entre las expectativas de los empresarios y la realidad del conocimiento matemático que poseen los estudiantes. Por su parte, los directivos afirman que, aunque reconocen que es una realidad, los gobiernos esperan que la educación superior solucione el problema que viene desde la primaria. En este orden de ideas algunos autores de la revisión hacen referencia a esta situación [5, 6] y afirman que la raíz del problema es un *sistema de educación* obsoleto y remendado por cada gobierno de turno. Además, que esta brecha parece no importarles, por lo que la preparación en la educación básica y media continúa sin satisfacer las expectativas de la superior, en cuanto a las habilidades y destrezas matemáticas que deben desarrollar los estudiantes. Por su parte, los empleadores se hacen a un lado en esta discusión, porque no la consideran de su consorte, y porque para ellos lo más importante es que el profesional desarrolle una conciencia holística de las matemáticas, no una especialidad, debido a que sus necesidades laborales son más desde su habilidad analítica y visualización espacial.

Los profesores, con edades superiores a 60 años, sostienen que la solución que han adoptado es acatar las recomendaciones de los *expertos* que participan en los análisis y discusiones de esta situación. Mencionan, por ejemplo, que en los planes de estudios tienen que incluir los contenidos que los estudiantes debieron haber recibido en la escuela. Para los estudiantes y profesores (menores) esto hace que no puedan incluir contenidos universitarios. Entonces, y de acuerdo con los empleadores, los profesionales desarrollan solamente visiones y composiciones teóricas de algo que no saben utilizar mediante tecnología.

Otra arista del problema, y que manifiestan los profesionales y las organizaciones de profesionales, se relaciona con la diversidad de programas de ingeniería que ofrecen las universidades y que aprueban los organismos estatales. Muchos de estos programas no son realmente ingeniería, debido a que están más orientados a entregar titulaciones profesionales o licenciaturas, o podrían ofrecerse como especializaciones. Para los estudiantes y profesionales de estos programas los contenidos matemáticos del plan de estudios no tienen sentido, porque en la vida laboral y debido a su formación no lo van a necesitar para solucionar los problemas. De acuerdo con estos actores, los organismos de gobierno y las asociaciones profesionales están en la obligación de reevaluar los procesos de calificación y acreditación de programas de ingeniería, además de escucharlos a ellos para analizar los planes de estudios. Los empleadores opinan que, para establecer el dominio de las técnicas matemáticas en diversos contextos y dimensiones, se debería adoptar un enfoque más explícitamente holístico y transdisciplinar, con el uso integrado de software, porque esa es la realidad que los profesionales van a encontrar en la industria.

De acuerdo con otros trabajos de la revisión [1, 7], este debate es amplio y ha generado una lucha entre las facultades relacionadas, porque las de ingeniería no quieren sacar de su oferta a estos programas por el hecho de que entregan *títulos ingenieriles*, mientras que las de artes y profesiones los desean administrar debido a que su objetivo es *formar profesionales* en áreas específicas. Si se considera la necesidad de modificar estos programas, en términos de contenidos matemáticos, para incluir más cursos generales, es aceptable encontrar la resistencia actual, porque la idea del cambio conlleva temor entre quienes han dominado por siempre la formación de ingenieros [8]. Otros investigadores [9,10] afirman que, dadas las diferencias entre las necesidades empresariales y la formación académica, se debería optar por mantener el *rigor* y las exigencias de grado para los estudiantes de las *ingenierías verdaderas*, pero *flexibilizarla* y *reorientarla* para aquellas ingenierías que no son tal.

A estas voces se suma las de los estudiantes, los profesionales y los empleadores, para solicitar que se incluya el uso de TI como didáctica. Según ellos, la idea no es reemplazar la necesidad y

comprensión de los principios básicos, sino de aprovechar las ventajas que ofrecen estas herramientas y revolucionar el uso y logro de las técnicas analíticas en la práctica ingenieril, lo mismo que la manipulación simbólica a través de software especializado. Por su parte, los profesores (mayores) que han *intentado* experimentarlas, sostienen que los resultados no son suficientes como para estructurar nuevos modelos de enseñanza. Pero, para los estudiantes, lo que sucede es que las experimentan con los mismos contenidos, didácticas, prácticas evaluativas y *ejercicios*, que han utilizado durante todo su ejercicio docente.

Asimismo, los directivos se oponen al cambio por los costos que implica y porque todavía no se tiene una base común y sólida de conocimiento matemático, como para abandonar un proceso de enseñanza establecido desde hace años. Por eso es que algunos autores [6, 11] afirman que lo primero y más importante debe ser innovar el sistema sobre el que se sustenta este proceso, es decir, pasar de un *sistema educativo* a un *sistema formativo*. El objetivo es involucrar a todos los actores y componentes del sistema, es decir, a familias, estudiantes, sociedad, pares, escuelas, profesores, universidades y administraciones, pero, sobre todo, al Estado y las políticas de estado, con el objetivo de que los planes de estudios, los contenidos, la internacionalización y la investigación aporten realmente a la formación de personas y a la capacitación de profesionales.

De acuerdo con estas opiniones y afirmaciones se puede decir que, en los diálogos y discusiones acerca de si las matemáticas son un problema o una oportunidad en la formación de los ingenieros de este siglo, se debe incorporar a empleadores, profesionales y profesores, porque las propuestas de cambio no deberían ser presentadas solamente por pedagogos, eruditos y *expertos*. Se requiere que los realmente implicados y conocedores aporten visiones e interpretaciones con base a sus experiencias, necesidades y prácticas. En estos grupos transdisciplinares, además de analizar la pertinencia de los modelos de enseñanza y las didácticas en el aula, hay que incluir temas como la capacitación y la longevidad de profesores y administrativos. Porque el uso cuidadoso de TI puede hacer posible, incluso deseable, aplicar la teoría matemática antes de entender la técnica. Por eso es que cobra relevancia el papel de actores como las asociaciones profesionales y los organismos de gobierno, para que asuman un rol más intervencionista y para que las universidades se atrevan al cambio.

2.2 Influencia de las matemáticas en la decisión de estudiar ingeniería y en la empleabilidad

La mayoría de participantes sostienen que no se puede desconocer el importante rol que juegan las matemáticas en la formación de ingenieros, tanto en la selección de un programa, como en el desempeño durante los estudios y en el ejercicio profesional. Pero, asimismo, afirman que el nivel de los procesos de aprendizaje, los contenidos y la actitud desmedida de muchos profesores, le añaden un nivel de exigencia que, en muchas ocasiones, desmotiva. Desde finales del siglo XX se experimenta una disminución creciente de interesados en estudiar ingeniería [2], una tendencia en la que está fuertemente implicada la matemática. Entre otras cosas, y de acuerdo con profesores y directivos, porque los estudiantes llegan sin un conocimiento adecuado; por el uso de computadores para el cálculo mecánico (empleadores y organizaciones de profesionales); y la obsolescencia de los planes de estudios y la falta de didácticas que convoquen a la nueva categoría de estudiantes (estudiantes y profesionales).

Aunque este problema hace parte de la agenda en diversas discusiones, las soluciones han sido implementar cambios en los planes de estudios, pero, al parecer, no están logrando ese objetivo [12] y, mientras tanto, el ingreso, la permanencia y la graduación en ingeniería es inferior a la mayoría de otros programas, lo que genera escases de profesionales en gran parte del mundo [13], a la vez que la industria requiere cada día mayor cantidad de profesionales en el área [14].

Para los profesionales esta situación se debe a que los objetivos de capacitación de las instituciones son diferentes a las necesidades del mundo, donde predomina las habilidades prácticas sobre las teóricas.

La cuestión es que los empleadores tienen necesidades y objetivos claros acerca del tipo de profesionales que requieren, los estudiantes manifiestan su concepto negativo sobre las matemáticas, y los profesores (mayores) y directivos mantienen su pensamiento de continuidad en el modelo de enseñanza, aunque el campo de acción del ingeniero es muy diferente del que se dibuja en el aula. Por lo tanto, todavía no se logra identificar la realidad: la mayoría de instituciones y profesores esperan que los profesionales aporten desde la ciencia y la investigación, mientras que la industria necesita ingenieros lógicos, prácticos, de respuesta inmediata y de soluciones efectivas. A su vez, los organismos de estado guardan un silencio cómplice, como esperando a que se solucione mágicamente el problema (estudiantes y profesionales).

Para algunos autores en la revisión de la literatura estos puntos de vista no tienen sentido en la realidad de este siglo [15] porque, mientras la sociedad espera que los ingenieros solucionen sus problemas, los gobiernos no estructuran políticas claras en este sentido y las universidades continúan capacitando con modelos que no responden ni a las expectativas de los estudiantes ni a los desarrollos tecnológicos. Pareciera como que la *comunidad de las matemáticas* no se ha enterado de que los ingenieros de este siglo tienen que pensar y obrar en un contexto totalmente diferente al del siglo pasado [7]. Debido a esto, el debate acerca de la cantidad, el momento y la forma de enseñar matemáticas se polariza cada vez más, mientras la profesión y el ejercicio de la ingeniería pierde importancia social y deteriora su imagen en el desarrollo de las naciones.

Por su parte los profesionales, quienes se sienten los más perjudicados por esta situación, solicitan una solución a la divergencia, porque ambas posiciones conciben al ingeniero desde nociones y necesidades diversas. Los empleadores sostienen que este debate se ha reducido a algo tan simple como encontrar una definición de qué es realmente ingeniería y qué hace un ingeniero. Los investigadores concluyen que todavía no hay claridad ni un sentimiento unánime en relación con las matemáticas y la ingeniería, porque los análisis se tergiversan y las discusiones sobre los procesos formativos no llegan a decisiones claras y concertadas [16]. La opinión de los profesores (menores) y de muchos profesionales, es que se debe definir un lenguaje común para alcanzar este consenso, de tal manera que se facilite el entendimiento de las partes.

Entre tanto, y mientras los empleadores sostienen que en la práctica se considera a la matemática computacional como una oportunidad que ayuda a expandir los límites de la ingeniería, los estudiantes y los profesionales consideran que, en la academia, es un universo problemático que destruye sueños. Los directivos se defienden argumentando con base en la poca preparación que brinda la escuela versus la necesidad de convocar y retener estudiantes en las facultades. Además, que el poco interés por estudiar esta disciplina y la falta de capacidades para ejercer como profesionales, se debe a que no desarrollan habilidades para manipular con fluidez y comodidad los simbolismos y el lenguaje matemático.

Para los empleadores el problema podría tratarse de manera diferente, es decir, la universidad debería reconsiderar la utilidad y necesidad de la matemática académica en la práctica ingenieril, porque desde finales del siglo XX su papel ha sufrido cambios sustanciales. Es decir, las matemáticas dejaron de ser un trabajo propio de ingenieros individuales, para evolucionar a una actividad transdisciplinar y en equipo, apoyada en computadores, y utilizan este argumento para determinar la utilidad o no de conocer las matemáticas teóricas para el desarrollo de la práctica.

Por su parte los profesionales, aunque consideran válido el argumento, exponen que la experiencia les ha demostrado que las matemáticas en la industria tienen muchos y diversos escenarios, lo que le adiciona un alto nivel de complejidad a cada situación. Para los investigadores consultados hay que sopesar no solamente la utilidad directa de la matemática teórica *en la práctica*, sino también la indirecta *para la práctica* [17]. Es decir, encontrar su papel formativo en el desarrollo del ingeniero, a la vez que su contribución al desarrollo profesional del mismo. Este análisis conlleva irremediablemente a determinar los contenidos que aportan en uno u otro sentido, porque, mientras se evidencia fácilmente el cambio en el uso directo de las matemáticas en la práctica, no lo es tanto para sus usos indirectos [18].

Por otro lado, para los profesores (mayores), algunos directivos y la mayoría de organismos de estado, hay que defender el lugar de las matemáticas y el modelo de enseñanza en ingeniería, porque es la manera más directa para desarrollar habilidades y capacidades para ser ingenieros. Mientras que los estudiantes, los profesionales y muchos empleadores cuestionan la eficiencia del modelo de enseñanza y la didáctica que emplean los profesores, porque que esa no es la manera de formar en la Nueva Era y porque no están en sintonía con los desarrollos tecnológicos y las necesidades de la industria en este siglo. Algunas asociaciones profesionales van más allá y opinan que los profesores son continuistas y conservadores, que no se esfuerzan por alinear su modelo de enseñanza y las didácticas con las necesidades de los estudiantes. Por su parte, para los investigadores [10, 14] los organismos de estado y la academia hacen poco por actualizar un sistema educativo obsoleto que no responde a las necesidades del siglo XXI.

Por eso se necesita que todos los actores lleguen a un entendimiento acerca de si las matemáticas son un desafío o una oportunidad para la ingeniería, y acerca de las estrategias que se debe implementar para cerrar las brechas: 1) entre las capacidades matemáticas que desarrolla la escuela y las necesidades en la universidad, 2) entre las metodologías académicas y las expectativas de los estudiantes, 3) entre el sistema educativo y la sociedad de la información, 4) entre el desarrollo tecnológico y los contenidos curriculares, y 5) entre la teoría y la práctica en ingeniería. Además, se debe responder a:

- ¿Qué tipo de conocimiento matemático necesitan los ingenieros de este siglo?
- ¿Cómo caracterizar el nivel mínimo de conocimiento que se puede considerar esencial para la ingeniería en este siglo?
- ¿Con base en qué se selecciona este conocimiento?
- ¿Cuál es el efecto del desarrollo tecnológico?
- ¿Qué, cuándo y cómo se deben enseñar matemáticas?
- ¿Cómo responder a las necesidades actuales en relación con metodologías y didácticas para enseñar matemáticas?

2.3 Reflexiones acerca de las metodologías y didácticas para enseñar matemáticas en ingeniería

Para la mayoría de estudiantes y profesionales la educación en ingeniería pasa hoy por una especie de transición, en la que se discute acerca de la enseñanza de las matemáticas para esta disciplina y la aplicación que hacen los ingenieros. Para estos actores la mayoría de profesores, matemáticos y pedagogos que participan en las discusiones, se capacitaron en una época en la que no existían las herramientas actuales y los computadores no se habían popularizado en la práctica educativa e ingenieril. Actualmente, estos desarrollos son comunes y ofrecen nuevos y mejores servicios para el trabajo de los ingenieros [19]; por lo tanto, surgen cuestionamientos

sobre el valor, la actualidad y la necesidad de las metodologías y didácticas que estos profesores emplean. De acuerdo con Nethercot [20], los ingenieros no necesitan dominar técnicas arcaicas ni realizar análisis en papel, porque para eso se inventaron los computadores. Pero, aunque necesitan saber cómo validar los resultados de la máquina, no se justifica la consulta de libros antiguos, ni didácticas de lápiz y papel sin utilidad práctica en el mundo real.

El asunto es que todavía se necesita que los ingenieros desarrollen habilidades matemáticas fundamentales para el ejercicio profesional, tales como el sentido de los números, la capacidad lógico-interpretativa y abstractiva, el uso de escalas y órdenes de magnitud, los cálculos mentales y los principios de ingeniería basados en ideas matemáticas [21]. Pero otras han cambiado o han desaparecido, como lo afirman estudiantes, profesionales y algunos empleadores, tales como el cálculo manual, la memorización de fórmulas y ecuaciones, el análisis en papel y el trabajo solitario y disciplinar. Por otro lado, diferentes tipos de contenidos pueden ser relevantes en diferentes momentos de la ingeniería, por ejemplo, el cálculo es importante para apreciar principios básicos, pero, según los profesionales, en la práctica rara vez se necesita. Aun así, todavía hace parte de todos los planes de estudios de la disciplina, con el argumento de los profesores (mayores) de que desarrolla la apreciación analítica. En este punto los estudiantes y profesionales creen que puede ser cierto, pero, con el método de enseñanza y la didáctica que utiliza el profesor, no se alcanza ese objetivo y, por el contrario, desmotivan su estudio.

Al analizar las respuestas de los ingenieros en ejercicio se aprecia una valoración positiva del poder de las matemáticas, pero llaman la atención acerca de las limitaciones en la práctica. Entre otras cosas, la describen como una herramienta para modelar, calcular, predecir y diseñar, y le asocian características como fiabilidad y utilidad. Pero si no se utiliza las matemáticas computacionales los modelos pueden ser costosos debido al tiempo de los cálculos manuales, o a que el problema tenga un nivel de complejidad que dificulte resolverlo en el papel. En este punto surgen controversias, porque mientras los profesores (mayores) argumentan que fueron capacitados para hacerlo de esa manera, los estudiantes y profesionales sostienen que era otra época y que, si hoy existen los desarrollos tecnológicos, entonces por qué no utilizarlos. Para los investigadores [22, 23] este choque de épocas en el que cada bando esgrime ideas y puntos de vista diferentes, surge, entre otras cosas, a raíz de la obsolescencia del sistema educativo, la falta de actualización y un poco de comprensión de parte y parte.

En medio de todo se vislumbra un acuerdo: las matemáticas son necesarias en la capacitación de los ingenieros. El problema surge debido a que todavía no se define con claridad qué es ingeniería y cuáles, de los programas que se ofrece hoy como ingenierías, son realmente disciplinares, especializaciones o profesiones [24]. Para estudiantes y profesionales el asunto es que la matemática debe dejar de comunicar solamente conceptos, ideas e información desde el texto y en un dominio de procesos y conceptos abstractos con poca o ninguna aplicación real.

Para ellos, si se utilizara modelos de enseñanza y didácticas adecuadas, los estudiantes podrían desarrollar o potencializar el razonamiento disciplinado, de tal manera que se demuestre su potencialidad, tanto teórica como práctica. En esto parecen estar de acuerdo la mayoría de actores en la investigación, aunque para las asociaciones profesionales los significados concretos a cada término se convierten en otra arista de no-acuerdo. Por ejemplo, sostienen que no hay consenso sobre qué es ingeniería, matemáticas, enseñar, formar y evaluar, y que mientras no se resuelva estas *simplezas* los universos teórico-prácticos de las matemáticas serán tema central de debate.

De acuerdo con los ingenieros, las matemáticas no son un área problemática en la ingeniería, pero tampoco sienten la necesidad de tanto conocimiento teórico en la práctica. Entre otras cosas,

porque la industria espera que tengan habilidades y capacidades para comprender y utilizar la tecnología que requieren, pero, además de esta falencia, encuentran deficiencias en su comunicación verbal y escrita. Por su parte, los empleadores no entienden por qué la academia continúa enseñando matemáticas que el profesional no necesita. Sostienen que el ingeniero de este siglo debe ser más social, más humano y más filósofo que *autómata* y *programado*, porque lo que ellos más necesitan es capacidad para comunicar lo que piensan, para gestionar el conocimiento, para trabajar en equipos transdisciplinares y para buscar soluciones multidimensionales de cuenta propia. Porque los computadores se encargan de todos los cálculos y modelos que requieran, y lo que necesitan es ingenieros capacitados para utilizar el software, entender los algoritmos y formular soluciones sensatas e interpretaciones sensibles.

Otra percepción que tienen los profesionales es que deben tener confianza en los cálculos de las máquinas, y para eso necesitan cierto nivel de matemática teórica, pero los contenidos son casi completamente teóricos, las metodologías y las didácticas son obsoletas, las aplicaciones se llevan a cabo en ejercicios, no en problemas o proyectos, y los profesores no se actualizan a las necesidades de este siglo. Estas apreciaciones confirman otras investigaciones en las que, para los empresarios, la necesidad de conocimiento matemático para resolver la gran mayoría de retos en la industria se reduce a aritmética y estadística [23], porque los computadores se encargan de lo demás.

Los empleadores dicen que se necesita un equilibrio entre la formación del ingeniero y las necesidades empresariales, es decir, no todos requieren ingenieros con amplias habilidades analíticas, porque la mayoría de problemas exigen una combinación de éstas y otras. Esto es un llamado de atención a la academia para que no intente formar como en una línea de producción, desconociendo que el nivel de capacidades teórico-prácticas se inclina de diversas maneras en el mundo real [25].

Otro aspecto positivo para los participantes en esta investigación se relaciona con las iniciativas en algunas instituciones para desarrollar habilidades de gestión del conocimiento en los ingenieros. De acuerdo con los directivos, más allá del conocimiento matemático o científico, que poco utilizan, los profesionales necesitan acceder, compilar, analizar y gestionar el conocimiento que potencialmente sea más relevante para su ejercicio.

Esta preocupación va de la mano con el incremento del conocimiento, por ejemplo, el en siglo XIX se podía estudiar toda la tecnología existente en un proceso de aprendizaje convencional, pero hoy se necesitan varios y, muchas veces, ni así se logra abarcar el conocimiento existente. Para los estudiantes y algunos profesionales no todo es positivo, porque este argumento lo utilizan las universidades para estructurar programas en áreas específicas de ingeniería, aunque muchas son especializaciones que un ingeniero puede tomar cuando necesite de ese conocimiento.

Por su parte, los directivos argumentan que, debido a esta situación, no saben qué enseñar, porque la industria solicita profesionales especializados y, por supuesto, eso es algo que no se puede lograr en un programa tradicional. Pero, de acuerdo con los profesionales, ellos no necesitan cinco o seis años de educación para graduarse en una *sub-área* ingenieril, porque lo pueden lograr de cuenta propia. La cuestión es que la universidad se debería preocupar por capacitar profesionales y formar personas, en lugar de educar, entrenar o desarrollar competencias, porque en este siglo se necesita más profesionales capacitados para gestionar la cantidad de conocimiento que tienen a su disposición, y capaces de ponerlo en producción en su trabajo [26].

2.4 El rol del sistema de educación

En la Revolución Industrial se esperaba que los estudiantes aprendieran mucha matemática y desarrollaran habilidades para aplicarla en las fábricas [1], además de utilizarla como forma lógica de pensar, adquirir habilidades de pensamiento, comprender el mundo físico, aplicar intuición, codificar información, y otras tantas. En esa época la ciencia había convencido a la sociedad de que la matemática era el *músculo intelectual* de la revolución y que por eso los profesionales requerían muchos cursos teóricos para utilizarlo. Es decir, en ese momento eran más importantes los aspectos teóricos que los prácticos y los estudiantes debían recibir muchos cursos en el aula entes de llegar a la práctica.

De acuerdo con los empleadores y los profesionales en esta investigación, aunque actualmente la teoría es importante, los desarrollos tecnológicos demuestran que esa relación es directa, por lo que sería mejor abordarlos conjuntamente. Para ellos la realidad de la ingeniería no es que los profesionales naveguen por textos en busca de ecuaciones para realizar pruebas en papel, porque los computadores realizan este trabajo. Lo que se necesita es que desarrollen la capacidad para interpretar el significado de las matemáticas, no que la memoricen y apliquen cual autómatas, y ahí es donde se debe concentrar el sistema de educación. Los investigadores sostienen que esto no significa acabar el trabajo manual, sino de alcanzar el equilibrio entre teoría y práctica para administrar y gestionar, autónomamente, el conocimiento necesario [4], y eso se lograría con un cambio sustancial en el sistema, es decir, acabar con el *sistema de educación* e implementar un *sistema de formación* [6]. Además, que los ingenieros interpreten el significado de las matemáticas para comunicar su trabajo no ha disminuido con la tecnología, lo que sucede es que no requieren lápiz y papel para hacerlo, porque se hacen comprender hasta desde una hoja de cálculo [17].

Otro consenso muy generalizado entre los entrevistados en la investigación es que los ingenieros deben recibir una educación matemática, no porque la necesiten o utilicen en su ejercicio profesional, sino porque les desarrolla un modo de pensar diferenciador: ingenio, lógica, abstracción, dimensionalidad y capacidad de integrar y des-integrar lo que necesiten, pero que se necesita un manejo más estructurado de la tecnología en el proceso. En este sentido, la apreciación de los profesionales y estudiantes es que los profesores (mayores) no se apartan de algunos procesos de aprendizaje, como geometría euclidiana, porque fueron de utilidad en su época, aunque actualmente la tecnología podría suplirlos. Opinan que sería mejor desarrollar otras habilidades y destrezas que demanda la sociedad, y dejar los cálculos mecánicos para los computadores. Para los empleadores, en las discusiones actuales sobre el sistema educativo todavía no se llega a un acuerdo, porque las posturas son intransigentes y porque los gobiernos no han querido intervenir como deberían.

En este sentido, la mayoría de estudiantes y profesionales proponen, por ejemplo, que se les demuestre el potencial teórico de las matemáticas a través de problemas prácticos (no de ejercicios); que se integre con otros procesos de aprendizaje; que los profesores tengan experiencia en la industria, que valoren y potencialicen el conocimiento que tienen los estudiantes y que innoven las didácticas y la evaluación; y otras más. Además, que esta área se debe *practicar* para aprenderla, que requiere tiempo y que se necesita de pausas para asimilarla y comprenderla, y que hay considerar si la capacidad lógico-interpretativa y abstractiva solamente se adquiere o desarrolla estudiando matemáticas. Algunos comentan que esa capacidad la lograron con la programación de computadores, por lo que sugieren una adecuada integración entre cursos tradicionales y procesos de aprendizaje nuevos para estructurar un plan de estudios que llame la

atención de los estudiantes. La solución no es fácil, en parte porque los profesores parecen no tener voluntad de cambio y continúan con métodos y didácticas tradicionales, y porque los organismos de estado no intervienen, o *remiendan* el sistema de educación con reformas ajustadas a los planes del gobierno de turno [12].

Ante este panorama los investigadores se preguntan qué hacer, porque motivar a los estudiantes para que ingresen, incentivarlos para que no dejen los programas y brindarles una adecuada capacitación no es suficiente [11]. También hay que atender cuestiones como las que mencionan estudiantes, profesionales y empleadores: que los organismos de regulación y control incorporen nuevas condiciones para aprobar y acreditar programas. De acuerdo con los directivos, las exigencias en investigación, educación y servicios crean un escenario en el que no saben a qué dar prioridad, cómo contratar o qué tipo de profesor es mejor para responder a sus funciones. Mencionan, por ejemplo, que los organismos de estado incentivan (obligan) la contratación de profesores con Doctorado que hablen inglés para mejorar la calidad de la educación y, aunque se alude como una sugerencia, los empleadores, estudiantes y profesionales lo cuestionan, porque nadie puede demostrar que así se alcanza mejores niveles educativos. Además, la mayoría de estos profesores tienen una orientación hacia la investigación, por lo que su experiencia en la industria es casi nula y la dedicación a la docencia no es su prioridad.

Otro argumento de los directivos es que las universidades se reestructuran para reducir costos en el sentido de compartir recursos y fusionar departamentos. Esto les suma un nuevo desafío, porque decidir quién será el responsable de, por ejemplo, atender los procesos de aprendizaje en matemáticas, se convierte en tema de discusión. Entonces, deben elegir entre aprovechar los matemáticos vinculados o contratar ingenieros, lo que incrementa costos. Los profesionales sostienen que no lo pueden ver una como una imposición, porque al parecer los directivos solamente tiene disposición y sentido económico, y no le dan verdadera importancia al perfil de quien enseña matemáticas en ingeniería. Este interés disminuye aún más porque con el número de estudiantes que ingresan este asunto no es rentable. Para los profesionales, este escenario lleva a que los matemáticos tomen estos procesos de aprendizaje con una visión teórica, porque no tienen la formación ni la experiencia en la labor ingenieril, y los estudiantes no reciben una adecuada orientación sobre la importancia de la práctica matemática.

Los autores consultados adicionan que el sistema de educación asume que la enseñanza de las matemáticas es asunto de la educación superior [6, 15], donde los estudiantes culminan su preparación para el trabajo. El asunto es que no se puede ubicar solamente en una fase de la educación, porque es responsabilidad de todas, es decir, es tan responsable la primaria, como la secundaria y la terciaria. Los profesores consultados afirman que la universidad se encuentra en una encrucijada debido al nivel de comprensión matemática de los estudiantes que ingresan: no han desarrolla fluidez ni precisión para realizar cálculos, su capacidad de análisis es deficiente, no tienen una concepción estructurada sobre qué es matemática y cuál es su utilidad, y la mayoría llega esperando que la exigencia sea la misma a la que están acostumbrados. Por eso es que los directivos se defienden argumentado que, en su necesidad de retenerlos, la universidad ha tenido que recurrir a diversas estrategias para *nivelar* su conocimiento matemático, tales como asesorías personalizadas, oficinas de orientación y acompañamiento, en las que también deben realizar inversión.

Otro tema que tratan los profesionales y varios de los autores en la revisión es que, al parecer, no todos los problemas de la ingeniería se le pueden atribuir a la enseñanza de las matemáticas. Mencionan, por ejemplo, la baja popularidad de la ingeniería en las últimas décadas, poco apoyo estatal, un sistema educativo obsoleto, falta de experiencia profesional de los profesores,

didácticas desactualizadas y creer que todos los estudiantes poseen el mismo nivel de conocimiento, entre otras. En lo que la mayoría está de acuerdo es que las matemáticas que se enseñan hoy no son las más adecuadas para todos los programas de ingeniería, y que se necesita una diferenciación para que el estudiante le encuentre utilidad en el plan de estudios.

Para los autores este problema no es nuevo, porque en investigaciones previas [1, 5] se llegó a las mismas conclusiones. Lo que preocupa es que este problema crece con la nueva categoría de estudiantes, porque su forma de ver el mundo y de priorizar las cosas en su proyecto de vida es muy diferente a las de otros. Además, se percibe irregularidades entre lo que se espera de estos estudiantes y lo que realmente desarrollan, porque, entre otras cosas, su modelo de aprendizaje es diferente, debido a que tienen a su alcance desarrollos tecnológicos revolucionarios. Estos cambios generacionales son lentos, pero ni el Estado, ni la universidad, ni la escuela, ni la sociedad y, lo más grave, ni el sistema de educación se dieron cuenta a tiempo para realizar las actualizaciones necesarias. Por su parte, los profesores de matemáticas necesitan tiempo para estructurar los modelos de enseñanza y las didácticas para cada grupo y, si omiten estos cambios en el sistema van a complicar más los problemas que se evidencian.

Además, los investigadores relacionan el mito que tienen los estudiantes sobre las matemáticas, porque la escuela y la sociedad los ha convencido de que son lo más importante de su educación, pero que son muy difíciles [22]. Los directivos se refieren a esto como algo que la universidad debe enfrentar, pero que el proceso de solución toma tiempo y consume recursos y, por lo tanto, no se pueden hacer responsables por el éxito que puedan lograr. La solución no son planes de choque de último momento, con procesos de aprendizaje relámpago o charlas motivacionales, ya que el problema lo debe atender el sistema de educación desde la escuela, porque eliminar el mito no se logra en un periodo educativo.

Los estudiantes y los profesionales reiteradamente se refieren a las diferencias generacionales entre profesores y estudiantes, en el sentido de que generan distanciamientos entre ellos porque, para los primeros, la matemática es lo más importante, mientras que los otros las asumen como un proceso de aprendizaje más. En cuanto a la integración curricular con otros procesos de aprendizaje, los profesores afirman que son responsables de lo que *enseñan* y no tienen tiempo para responder por otras obligaciones. Los estudiantes sostienen que viven en un mundo digital en el que se integra todo lo que necesitan, pero que en la universidad asisten a procesos de aprendizaje como *islas* a las que solamente tienen que asistir, ganar los *exámenes* y nada más. Pero su mismo espíritu inquieto les indica que falta algo: ¿dónde se puede aprovechar la matemática? A esto los profesionales opinan que los profesores son responsables de asesorarlos y acompañarlos para transformar la información en conocimiento, que pueden utilizar para resolver los problemas.

Estos dos universos generacionales necesitan un punto común en el que se conjuguen intereses, intenciones y capacidades, porque los nuevos simbolismos y necesidades en ingeniería y matemática los están desbordando. Los empleadores y profesionales sostienen que este asunto debe ser revisado en la educación ingenieril desde contenidos, metodologías, métodos y didácticas, porque los problemas complejos de este siglo requieren profesionales con una visión global, transdisciplinar y multidimensional. Por su parte, los investigadores se interrogan por: 1) dado el desarrollo tecnológico de este siglo, ¿en qué medida se debe continuar utilizando el lápiz y el papel como didáctica principal para desarrollar habilidades matemáticas? [26]; 2) con respecto a las habilidades y capacidades de la actual categoría de estudiantes, ¿se debe continuar exigiendo la memorización de la matemática como indicador de aprendizaje? [12]; 3) teniendo en cuenta la

diversidad de estudiantes en el aula, ¿se deben tratar como si fuera un grupo homogéneo y con iguales capacidades e intenciones por la ingeniería? [11]; y 4) ¿cuál es la realidad de las diferencias generacionales entre profesores y estudiantes con respecto al grado de valor de las matemáticas en ingeniería? [15].

3. CONCLUSIONES

Se necesita llegar a un acuerdo en el sentido de determinar con claridad qué es ingeniería, para organizar la oferta de programas y estructurar contenidos adecuados en matemáticas para ellos.

Existe un acuerdo generalizado en que los estudiantes de ingeniería necesitan desarrollar capacidades matemáticas, la preocupación es sobre qué tipo de matemáticas requieren y cuándo.

El sistema de educación necesita una profunda restructuración, al punto que la mayoría de participantes está de acuerdo en que es mejor conformar un nuevo *sistema de formación*, que se desempeñe realmente como sistema, que involucre y exija responsabilidades para cada uno de sus sub-sistemas.

Se debe definir claramente la educación matemática, la regulación, los marcos de ingreso y egreso, la actualización en el ejercicio profesoral y profesional, su articulación con los otros procesos de aprendizaje en ingeniería, y un marco de evaluación para determinar el logro de los resultados de aprendizaje.

Los contenidos teóricos y prácticos son prioridad, porque la valoración que hace la academia y la industria está lejos de llegar a un punto de acuerdo: para los primeros es importante que los ingenieros dominen la conceptualización matemática, para los segundos lo que se necesita es que desarrollen una capacidad lógico-interpretativa y abstractiva para analizar, comprender y utilizar los resultados de los cálculos computacionales.

Hay que evaluar las metodologías y las didácticas para enseñar matemáticas, porque los estudiantes de hoy tienen expectativas diferentes a los de antes y hay que motivarlos a estudiar ingeniería. Esto incluye un cambio de mentalidad en los profesores, una amplia reestructuración a los planes de estudios e internacionalizar los contenidos, además de mejorar la apreciación social de la ingeniería, la regulación del ejercicio profesional y el nivel salarial.

Luego de la revolución tecnológica del siglo XX el Nuevo Orden Mundial impactó todas las áreas del desarrollo social, entre ellas la educación. Hoy hay que considerar a la tecnología como un aliado para enseñar y potencializar las matemáticas, tanto en la escuela como en la industria, es decir, hay que pasar del cálculo de lápiz y papel al computacional, porque es una herramienta cotidiana para los ingenieros.

La ingeniería debe volver a ser una profesión con alto valor y reconocimiento social y empresarial, que se ha perdido por la oferta desmedida de programas, muchos sin clasificación ingenieril, y por la falta de liderazgo y políticas de estado. Además, las asociaciones profesionales no asumen su responsabilidad y se alinean con organismos de estado y universidades para darle continuidad y apadrinar sus iniciativas.

Si los profesores continúan trabajando con *ejercicios* y no con *problemas* para capacitar en matemáticas, no les permitirán a los estudiantes potencializar e innovar su conocimiento en TI. Una alternativa, un poco más atractiva, es la utilizar el Aprendizaje Basado en Retos y en Proyectos,

porque se crearían desafíos para que los estudiantes integren las matemáticas con los otros procesos de aprendizaje que reciben.

La percepción generalizada, que demuestran los estudiantes en esta investigación acerca de las matemáticas en los planes de estudios de ingeniería, es que son una imposición y no una necesidad. Esto se debe en parte a la cantidad de programas ofrecidos como ingeniería, cuando no lo son, y que el núcleo de matemáticas se estructure alrededor de los planes de estudios de programas que sí son ingeniería.

La ingeniería es un área del conocimiento que tiene diversas interrelaciones con otras áreas, por lo tanto, se debería capacitar a sus profesionales aprovechando principios del Pensamiento Complejo, tales como Transdisciplina y Multidimensionalidad [25].

REFERENCIAS

[1] Kent P. y Noss R. (2003). Mathematics in the University Education of Engineers - A Report to The Ove Arup Foundation. The Ove Arup Foundation.

[2] Serna E. y Serna A. (2013). Is it in crisis engineering in the world? A literature review. Revista Facultad de Ingeniería 66, 199-208.

[3] Järvinen et al. (2014). Philosophy of Computer Science. Revista Antioqueña de las Ciencias Computacionales y la Ingeniería de Software 4(1), 34-41.

[4] Selvakumar S. y Rajaram K. (2015). Achieving Excellence in Engineering Education through Improved Teaching-Learning Process. En International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering. Zhuhai, China.

[5] Lee J. y Dion A. (2006). The difference between engineering education at public and private institutions. University of Michigan.

[6] Serna E. (2015). Por qué falla el sistema de educación. Editorial Instituto Antioqueño de Investigación.

[7] Bassett P. (2005). Reengineering Schools for the 21st Century. Phi Delta Kappan 87(1), 76-83.

[8] Serna E. y Serna A. (2015). Crisis of Engineering in Colombia - State of the art. Revista Ingeniería y Competitividad 17(1), 63-74.

[9] The Royal Academy of Engineering. (2007). Educating Engineers for the 21st Century. The Royal Academy of Engineering.

[10] Rüütmann T. y Vanaveski J. (2009). Effective strategies and models for teaching thinking skills and capitalizing deep understanding in engineering education. Problems of education in the 21st century 17, 176-187.

[11] Lynn L. y Salzman H. (2007). The real global technology challenge. Change 39(4), 8-13.

[12] Christensen R. et al. (2014). Student perceptions of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) content and careers. Computers in Human Behavior 34, 173-186.

[13] Metaute P. y Serna A. (2015). Software metrics, tools quantifiable support to implement of decisions. Revista Actas de Ingeniería 1, 208-213.

[14] Serna E. y Serna A. (2015). Engineering and mathematics: Reality of historical relationship. En Murcia E. y Henao J. (Eds.), Las ciencias básicas como eje articulador del conocimiento. Universidad Católica de Pereira.

[15] Serna E. (2011). Problems, processes and institutional mechanisms to promote innovation in training and learning. En Becerra F. (Ed.), La innovación como fundamento del desarrollo empresarial y regional. Universidad Nacional de Colombia.

[16] Serna A. (2013). Systems Engineering Analysis. Revista Antioqueña de las Ciencias Computacionales y la Ingeniería de Software 3(1), 6-11.

[17] Vigo J. et al. (2015). Recent trends on computational and mathematical methods in science and engineering. Journal of Computational and Applied Mathematics 275, 213-215.

[18] Longrew J. et al. (2014). The art and science of Systems Engineering. Revista Antioqueña de las Ciencias Computacionales y la Ingeniería de Software 4(2), 27-34.

[19] Mossbrucker J. et al. (2006). Creating a 'global algorithm' for engineering education. En American Society for Engineering Education Annual Conference. Chicago, USA.

[20] Nethercot D. (2000). On the teaching of structural engineering. En Conference on Civil and Structural Engineering Education in the 21st Century, University of Southampton, UK.

[21] Serna E. y Serna A. (2015). Knowledge in engineering: A view from the Logical Reasoning. International Journal of Computer Theory and Engineering 7(4), 325-331.

[22] Barba L. et al. (2016). Guest Editorial: Flipped Classrooms in STEM. Advances in Engineering Education 5(3), 1-6.

[23] Serna E. y Serna A. (2016). La internacionalización como prospectiva de formación. Editorial Instituto Antioqueño de Investigación.
[24] Morell L. (2010). Engineering Education in the 21st Century: Roles, Opportunities and Challenges. Recuperado: https://luenymorell.files.wordpress.com/2010/12/morell-eng-edu-in-21st-cent-roles-opport-and-challenges.pdf
[25] Serna E. (2015). Ciencia y Pensamiento Complejo: Desarrollo Transdisciplinar de un Paradigma. Editorial Instituto Antioqueño de Investigación.
[26] Serna E. (2014). Educar o formar en el Siglo XXI: He ahí el dilema. En TEDx: El valor de las ideas. Bogotá, Colombia.

12

Análisis a las apreciaciones de los estudiantes de secundaria para elegir un programa en ciencia o ingeniería

Se realizó una investigación entre estudiantes de último año de secundaria, que participan en programas en los que toman cursos de educación superior, y se recopilaron datos de 368 participantes. El objetivo fue evaluar las apreciaciones de estos estudiantes acerca de matricularse o no en programas de ciencia o ingeniería, o de continuar en ellas luego de matricularse. Los hallazgos demuestran que tienen poco interés por tomar carreras en estas áreas; además, que factores como el apoyo familiar y el aliento de profesores motivadores les despierta diversos niveles de entusiasmo e interrogantes que direccionan su elección.

INTRODUCCIÓN

En este siglo, el mundo depende cada vez más de mano de obra calificada en áreas como la ciencia, las tecnologías y la ingeniería, para responder a las demandas de la sociedad y del desarrollo y protección del planeta [1]. En la misma medida que el desarrollo tecnológico cubre cada vez más las actividades humanas, la demanda por profesionales en estas disciplinas estará determinada por la cantidad de egresados y por la calidad de la educación que reciben [2].

En la segunda mitad del siglo XX y a razón del auge por los descubrimientos y desarrollos tecnológicos, el mundo experimentó una amplia demanda por carreras en ciencia y tecnología, lo que determinó un incremento en el número de graduados, a la vez que la expansión del desarrollo económico y de una amplia difusión científica y tecnológica [3]. Pero, para finales de siglo, los investigadores y las administraciones universitarias notaron una disminución creciente de estudiantes interesados en estas carreras [4], al mismo tiempo que una baja calidad en la educación de los graduados. Esto se debió en parte a que los estudiantes de secundaria perdieron el interés por carreras en ciencia e ingeniería, prefiriendo las áreas sociales o humanas.

Además, porque en muchos países se instó a las universidades a ofrecer formación en áreas Science, Technology, Engineering and Mathematics STEM, lo que llevó a una sobre oferta de programas sin la debida motivación vocacional o la calidad de la educación que se necesitaba [4], lo que se pudo evidenciar en los resultados de diversas pruebas estandarizadas, tales como las del Program for International Student Assessment PISA, en las que los estudiantes no alcanzan notas satisfactorias en ciencia, tecnología e ingeniería [5]. Por otro lado, menos de la mitad de los estudiantes que toman carreras relacionadas con estas áreas se gradúa, lo que representa un desfase amplio entre la demanda de estos profesionales para el desarrollo del mundo y el número total de graduados [6].

En este siglo, y aunque la oferta laboral es global, en todo el mundo se quedan sin cubrir numerosos empleos en ciencia e ingeniería, ya sea por falta de profesionales calificados o porque simplemente no se encuentran candidatos [7]. Este panorama ha hecho que los gobiernos tengan que desarrollar iniciativas para mejorar la fuerza laboral, y la prioridad para investigadores, profesionales y administrativos es convencer a los estudiantes de secundaria para que tomen estas carreras y, a quienes las inicien, para que las terminen satisfactoriamente [8], además de mejorar la calidad de la educación que se imparte en todos los niveles del sistema de educación [9-11].

En la literatura se encuentra diversos trabajos en los que se trata el tema de las preferencias de los estudiantes de secundaria para elegir una carrera universitaria en ciencia o ingeniería, con resultados que deben preocupar tanto a los gobiernos como a las universidades y la industria. Por ejemplo, Drew [12] encontró que más del 50% de los estudiantes que planearon tomar estas carreras termina seleccionando otras, o se retiran de ellas al primer año. Entre las razones para no terminar sus estudios se encuentran: que los cursos introductorios no inspiran y que poseen baja preparación para completar cursos de matemáticas. Esto refuerza los resultados del estudio de Garg y sus colegas [13], quienes encontraron que las experiencias de los estudiantes en la secundaria, en cursos de matemáticas y ciencia, inciden altamente en su elección de carrera.

Por su parte, Sadler et al. [14] encontraron que, al final de la secundaria, las probabilidades de que los estudiantes tomen carreras en ciencia o ingeniería son 2.9 veces más altas para los hombres que para las mujeres. Esto se debe a que ellas consideran que la ciencia y la tecnología

no son relevantes para sus metas profesionales futuras, por lo que prefieren, por ejemplo, programas sociales. Además, de acuerdo con el National Center for Education Statistics de los EE. UU. [6], los estudiantes de estratos bajos y de minorías culturales no logran desarrollar adecuadamente las habilidades y capacidades en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas que se requieren para estudiar carreras relacionadas.

De acuerdo con los resultados de los estudios de Serna y Serna [4, 15] existe una variedad de razones por las que los estudiantes no toman carreras en ciencia e ingeniería: porque existe una inadecuada interpretación de su significado por parte de la industria, el Estado, la academia y la sociedad; la industria no tiene claridad acerca de las funciones que desempeña un ingeniero; la academia no atiende eficientemente las necesidades del sector y parece estar en dirección contraria al desarrollo del mundo globalizado; y la sociedad desconoce estas profesiones y valora más ocupaciones como la música, la televisión, el modelaje y el deporte. La conclusión de estos investigadores es que esta situación ha generado escases de profesionales capacitados, debido en parte a que a las universidades les falta dinamismo para actualizar los programas, los profesores no cuentan con experiencia profesional y a los estudiantes les hace falta más capitación en matemáticas y ciencia.

Por otro lado, existen pocos trabajos que analicen la efectividad de los programas que animan a los estudiantes de secundaria a tomar cursos universitarios en ciencia e ingeniería. Si el objetivo es *enamorarlos* de estas carreras y ayudarles a desarrollar adecuadamente sus habilidades en matemáticas y ciencia, hay que ir más allá de los simples logros académicos y estudiar variables como las relacionadas con el compromiso de los estudiantes y sus opciones de vida desde la escuela. En todo caso, se ha realizado investigaciones acerca de los diversos factores que influyen en la decisión de los estudiantes por estudiar una carrera en ciencia o ingeniería que sustentan el enfoque de este estudio [16, 17].

Además, si bien los programas en los que los estudiantes de secundaria pueden tomar cursos universitarios se han vuelto cada vez más comunes, se conoce poco acerca de sus preferencias finales al momento de elegir una carrera [18]. Aunque no se puede demeritar que estos programas se originaron con la idea de ofrecer formación en una o más áreas de estudio en ciencia o ingeniería, con el objetivo de capacitar a los estudiantes para suplir la escasez de empleos en estas áreas, parece que no están logrando en buena medida esta meta, porque los cursos son difíciles y, muchas veces, no se relacionan con la realidad que el profesional va a encontrar en el mercado. Lo que se necesita es atender las observaciones que hacen los estudiantes acerca de participar más en actividades prácticas, de tal manera que se despierte en ellos la curiosidad por ser mejores cada día y para que elijan con confianza una carrera en ciencia o ingeniería.

1. MÉTODO

En este estudio se abordaron tres preguntas de investigación: 1) ¿Cuáles son las apreciaciones que tienen en cuenta los estudiantes de secundaria al momento de seleccionar una carrera relacionada con ciencia o ingeniería? 2) ¿En qué grado dependen estas apreciaciones de atributos como género, tamaño de la institución y cultura origen? y 3) ¿Cuáles son las principales influencias en su decisión de tomar o no estas carreras?

1.1 Diseño de la investigación

Se seleccionó el enfoque de estudio transversal [19], en el que el momento actual de los datos se toma en un punto único para el grupo encuestado y se realiza inferencias acerca de la población

de interés. Se trata de un diseño de investigación pre-experimental con limitaciones documentadas sobre las amenazas a la validación interna y externa [20]. Se recopilaron datos en 368 consultas a estudiantes de último grado de secundaria, que participan al mismo tiempo en programas universitarios donde toman cursos en ciencia e ingeniería. Las consultas se aplicaron en línea como parte de los cursos introductorios para el año académico 2019-2020 en Alemania e Inglaterra. Además, se indagó por el género, el tamaño de la institución origen y la cultura de procedencia de los estudiantes.

1.2 Instrumentos

Se aplicaron dos instrumentos: 1) la *encuesta semántica* [21], y 2) el *cuestionario de interés profesional* [22]. El primero se adaptó como un cuestionario de actitudes hacia las Tecnologías de la Información TI, del cual se seleccionaron los adjetivos más relacionados con el objetivo de la investigación, y se incorporaron como descriptores para que los encuestados reflejaran sus percepciones acerca de las ciencias, las matemáticas, la ingeniería y la tecnología. Además, se incluyó una opción para valorar el interés que les despierta una carrera en ciencia o ingeniería. La fiabilidad de la consistencia interna [23] presentó una variación desde Alpha = 0.87 a Alpha = 0.94 para el grupo participante, la cual se ubica entre los rangos de *muy bueno* y *excelente*.

El segundo instrumento, el cuestionario de interés profesional, es tipo Likert, desde 1 = muy en desacuerdo, hasta 5 = completamente de acuerdo, y se conformó con preguntas en tres escalas [22]. En este caso, el Alpha varió entre 0.72 y 0.94, lo que ubica la fiabilidad entre *respetable* y *excelente*. Además, se adicionaron dos elementos abiertos para indagar por los factores que despiertan el interés de los estudiantes hacia una carrera en ciencia o ingeniería, y para recopilar la opinión de los estudiantes acerca de cómo se podría mejorar la educación en estas carreras.

Para las preguntas de investigación se adaptaron los ítems del trabajo de Serna y Serna [24], que indagaron por las razones por las que los estudiantes de último año de secundaria no seleccionan una carrera en ciencia o ingeniería, con la misma valoración en la escala de Likert.

2. RESULTADOS

La escala de desviación media en las encuestas se muestra en la Tabla 1, en la que se debe tener en cuenta que las diferenciales semánticas se valoran en una escala de 1 a 7, desde 1: *muy en desacuerdo*, hasta 7: *completamente de acuerdo*, mientras que para el interés profesional se utilizó una escala de Likert: desde 1: *muy en desacuerdo,* hasta 5: *completamente de acuerdo*. De esta manera se observa que en la encuesta semántica la ciencia obtuvo la percepción más positiva (5.22 / 7.0), mientras que la ingeniería obtuvo la menos positiva (3.18 / 7.0). Del mismo modo, en el cuestionario de interés profesional la percepción de las ciencias es mejor que el de la ingeniería.

Tabla 1. Escala de percepción promedio

	N	Media
Encuesta Semántica		
Ciencias	368	5.22
Matemáticas	368	3.68
Ingeniería	368	3.18
Tecnología	368	4.32
Cuestionario de Interés Profesional		
Ciencia	368	3.05
Ingeniería	368	2.18

Por otro lado, y en relación con los ítems del cuestionario de interés profesional en ciencias (Tabla 2), los encuestados están más de acuerdo en que los científicos aportan significativamente al desarrollo humano (4.59 / 5.0), que lograr un título en ciencias puede ser un gran reto (4.38 / 5.0) y que un título en ciencias les permitiría trabajar en equipos transdisciplinares (4.30 / 5.0). Pero tienen una baja percepción en relación con el respeto por su trabajo como científicos (3.39 / 5.0) y en que serán profesionales exitosos (3.41 / 5.0).

Tabla 2. Valoración media del interés profesional en ciencias

	N	Media
Quiere iniciar una carrera en ciencias	368	4.10
Al círculo familiar le agrada que tome procesos de aprendizaje en ciencias	368	3.50
Disfrutaría tomar una carrera en ciencias	368	4.03
La familia lo anima a estudiar ciencias	368	3.95
Quiere especializarse en un área necesaria para tomar una carrera en ciencias	368	3.80
Tomaría procesos de aprendizaje que lo capaciten para iniciar una carrera en ciencias	368	3.98
Será un profesional exitoso para realizar aportes científicos sustanciales	368	3.41
Trabajaría en un área relacionada con las ciencias	368	3.65
Sería respetado por su trabajo como científico	368	3.39
Un título en ciencias le permitiría trabajar en equipos transdisciplinares	368	4.30
Los científicos aportan de manera significativa al desarrollo humano	368	4.59
Lograr un título en ciencias podría ser un gran reto	368	4.38

En la Tabla 3 se presenta la valoración media del interés profesional en carreras de ingeniería. Los resultados validan la percepción promedio de la Tabla 1 en relación con ambas áreas profesionales, es decir, la ingeniería tiene poco interés como carrera que los estudiantes quieren seguir. Los ítems con menor interés es que serían respetados como ingenieros (2.92 / 5.0), que realizarían aportes ingenieriles sustanciales (2.98 / 5.0) y que las familias los animan a seguir una ingeniería (3.0 / 5.0).

Tabla 3. Valoración media del interés profesional en ingeniería

	N	Media
Quiere iniciar una carrera en ciencias	368	3.12
Al círculo familiar le agrada que tome procesos de aprendizaje en ciencias	368	3.01
Disfrutaría tomar una carrera en ciencias	368	3.01
La familia lo anima a estudiar ciencias	368	3.00
Quiere especializarse en un área necesaria para tomar una carrera en ciencias	368	3.05
Tomaría procesos de aprendizaje que lo capaciten para iniciar una carrera en ciencias	368	3.02
Sería un profesional exitoso para realizar aportes científicos sustanciales	368	2.98
Trabajaría en un área relacionada con las ciencias	368	3.02
Sería respetado por su trabajo como científico	368	2.92
Un título en ciencias le permitiría trabajar en equipos transdisciplinares	368	4.15
Los científicos aportan de manera significativa al desarrollo humano	368	3.99
Lograr un título en ciencias podría ser un gran reto	368	4.25

2.1 Respuesta a las preguntas de investigación

1. La primera pregunta se centró en conocer las apreciaciones que tienen en cuenta los estudiantes al momento de seleccionar una carrera universitaria relacionada con ciencia o ingeniería.

   En la Tabla 4 se presenta los resultados a los ítems ofrecidos como opciones de valoración a estudiantes de último año de secundaria, acerca de si los tienen en cuenta o no al momento de elegir carreras en ciencia o ingeniería. La escala Likert aplicada es: 1. Completamente de acuerdo, 2. De acuerdo, 3. Ni de acuerdo ni en descuerdo, 4. En desacuerdo y 5. Muy en desacuerdo.

Tabla 4. Apreciaciones para tomar una carrera en ciencia o ingeniería

	1	2	3	4	5
Recomendación de familiares o profesionales en el área	235	35	38	2	58
De los que ingresan pocos terminan	16	272	31	26	23
En el mercado se ofrecen bajos salarios a científicos e ingenieros	278	26	27	15	22
Son carreras con muchos y exigentes procesos de aprendizaje en matemáticas	83	51	203	21	10
El perfil que ofrecen las universidades confunde	180	122	29	23	14
Los medios presentan una realidad científica e ingenieril que desanima	152	131	47	16	22
Hay demasiada oferta de programas relacionados con ciencia e ingeniería	170	43	89	48	18
La forma de ofertar programas en ciencia e ingeniería confunde	262	47	25	14	20
No se percibe un adecuado futuro para profesionales en ciencia o ingeniería	84	95	128	33	28
Los egresados de secundaria no tienen bases suficientes para tomar estas carreras	47	44	248	19	10

2. Con la segunda pregunta se buscó determinar las apreciaciones de los estudiantes en función de variables de desagregación como género, tamaño de la institución y cultura de origen. De los 368 estudiantes participantes, 120 eran mujeres y 248 hombres y, como se aprecia en la Tabla 5, para la encuesta semántica las mujeres tuvieron valoraciones más altas que los hombres en cuanto el interés por estudiar una carrera STEM; mientras que, en el cuestionario de interés profesional, en la parte de carreras específicas en ciencia o ingeniería, los hombres tuvieron mayor interés por alguna de ellas.

Tabla 5. Resultados del análisis de las apreciaciones por género

	N	Mujeres	Hombres	% mujeres	% hombres
Encuesta Semántica					
Quieren tomar una carrera STEM	368	120	248	70%	38.7%
No quieren tomar una carrera STEM				25%	60%
Cuestionario de Interés Profesional					
Quieren estudiar una carrera en Ciencia	368	120	248	23%	62%
Quieren estudiar una carrera en Ingeniería				7%	26%

También se les pidió que indicaran el tamaño de la institución en la cual están terminado secundaria. Las opciones incluían las categorías de *Pequeña* (menos de 1000 estudiantes), *Mediana* (entre 1000 y 2000 estudiantes) y *Grande* (más de 2000 estudiantes). Como se muestra en la Tabla 6, las apreciaciones de los 246 estudiantes de instituciones Pequeñas, en cuanto a querer estudiar una carrera STEM, fueron más altas que las manifestadas por los de las instituciones Medianas (99) y Grandes (23). Pero los estudiantes de instituciones Medianas tienen mayor inclinación por estudiar una carrera en ciencia o ingeniería.

Tabla 6. Resultados del análisis de las apreciaciones por tamaño de la institución origen

	N	Pequeña	Mediana	Grande
Encuesta Semántica				
Quieren tomar una carrera STEM	368	72%	36%	12.5%
No quieren tomar una carrera STEM		25%	61%	80%
Cuestionario de Interés Profesional				
Quieren estudiar una carrera en Ciencia	368	37%	45.5%	25%
Quieren estudiar una carrera en Ingeniería		28%	39%	0%

La distribución cultural de la población estuvo representada por asiáticos (215), caucásicos (77), hispanos (48), afroamericanos (19) y otras (9). Se hizo un análisis de varianza para el grupo combinado y se encontraron diferencias en las áreas consultadas: los afroamericanos tienen una alta disposición por estudiar una carrera STEM (89%); los hispanos por la tecnología (65%) y los asiáticos por las matemáticas (71%). Además, los caucásicos reportan alto interés por estudiar ingeniería (90%), mientras que los asiáticos se inclinan más por la ciencia (61%).

3. El objetivo de la pregunta tres fue examinar las principales influencias en la decisión de los estudiantes para tomar una carrera en ciencias, matemáticas, tecnología o ingeniería, para lo cual se aplicó un análisis de contenido [25] para clasificar las respuestas. Se encontró que las razones principales son: 1) recomendación de los padres o de un familiar cercano (34%), 2) profesores motivadores y considerados ejemplo a seguir (21%), y 3) inclinación natural o la búsqueda por cuenta propia (12%). Otras que se mencionaron son los procesos de aprendizaje en ciencia y matemáticas orientados por profesores motivadores (8%) y las ferias, intercambios y competiciones en ciencia (4%).

3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Entre los diferentes hallazgos en este estudio se puede analizar aspectos como que los resultados relacionados con el género no son consistentes con otras tendencias reportadas, como la de Sadler et al. [14], donde las mujeres manifiestan bajas inclinaciones por seguir una carrera universitaria. En general, en los resultados de esta investigación las mujeres muestran mayor inclinación que los hombres por seguir estudios universitarios y en las percepciones semánticas como opción de vida. Una cuestión que llama la atención es que son menos positivas que los hombres acerca de la ciencia y la ingeniería. Esta situación requiere investigación adicional, porque estos resultados pueden reflejar tendencias hacia estudios universitarios en áreas STEM.

Otro aspecto que se evidencia en los hallazgos implica que los estudiantes que se inscriben en programas de cursos universitarios, al mismo tiempo que terminan secundaria, adquieren una interpretación diferente de la realidad con respecto a su disposición hacia la ciencia, la ingeniería, la tecnología y las matemáticas. Esto se puede deber a que en el ambiente universitario descubren que, para tener éxito en estas áreas, se requiere un trabajo más arduo que en la secundaria. Sin embargo, debido a que en este estudio solamente participaron estudiantes de último año, habría que realizar estudios adicionales para confirmar esta tendencia desde el penúltimo año.

Lo que se encontró en esta investigación en relación con el origen étnico de los participantes renueva los resultados de otros estudios y reportes, porque en ellos se muestra una falta de interés y baja representación de los grupos étnicos en la secundaria por tomar carreras en ciencia, ingeniería, tecnología o matemáticas [26, 27]. Por el contrario, en este estudio los grupos étnicos considerados minoritarios manifiestan una alta disposición por seguir estas carreras: los afroamericanos por carreras STEM, los hispanos por la tecnología y los asiáticos por las matemáticas. Además, los caucásicos reportan la más alta disposición por estudiar ingeniería y los asiáticos por la ciencia. Estos hallazgos llaman la atención debido a que en otros estudios se encontró una brecha significativa entre estos grupos étnicos, en lo que tiene que ver con los logros en matemáticas y ciencia luego de iniciar estudios universitarios [28]. En este caso se necesita mayor investigación, con el objetivo de determinar si las diferencias encontradas entre querer estudiar una carrera en ciencia o ingeniería versus los resultados de rendimiento universitario, tienen alguna relación con el origen étnico de los estudiantes.

Por otro lado, los hallazgos en relación con el tamaño de la institución en la que están terminando la secundaria, muestran que los estudiantes de instituciones pequeñas tienen mayor disposición por tomar carreras en áreas STEM. En la mayoría de estudios en los que se compara los logros universitarios de los estudiantes contra el tamaño de su institución de secundaria, se ha encontrado que los egresados de las más pequeñas tienen mayores logros académicos [29, 30]. Esto amerita un análisis más profundo, porque podría ser que los ambientes de estudio en las instituciones grandes limitan o direccionan las disposiciones de los estudiantes por tomar carreras en ciencia o ingeniería, con los resultados en cuanto a su rendimiento universitario.

De forma paralela a las preguntas de investigación que direccionaron este estudio, a los estudiantes se les pidió que describieran la manera como creían que se podría mejorar la educación en áreas STEM. En los hallazgos se evidencia sugerencias creativas y opiniones concretas: se requiere mayor práctica, pero que sea atractiva y sobre problemas que se puedan evidenciar en la realidad; más cursos relacionados en la secundaria, pero con contenidos, metodologías y didácticas que les generen inquietudes que puedan responder ellos mismos; una educación profesional desde la secundaria; que los procesos de aprendizaje sean más dinámicos, con ejemplos y problemas del mundo real; y profesores apasionados, motivadores y cualificados permanentemente.

Estas sugerencias no están alejadas de los resultados que encuentran los investigadores en relación con que los estudiantes obtienen mejores logros cuando, desde las etapas tempranas de su desarrollo cognitivo, se exponen a procesos formativos en investigación científica. Además, porque a esas edades tienen mentes curiosas y demuestran inclinaciones naturales hacia procesos ingenieriles: diseñando, construyendo y desarmando cosas, solamente para aprender sobre su funcionamiento.

Las sugerencias planteadas por los estudiantes en este y otros estudios, en relación con cómo mejorar la educación en estas áreas, se podrían incorporar en las agendas de investigación de los países y universidades, con el objetivo de encontrar impactos medibles a través de paradigmas experimentales. A este respecto, Heilbronner [8] encontró que uno de los factores determinantes para que un estudiante elija una carrera en áreas STEM son los psicosociales positivos, que le permiten construirse una idea positiva y útil para estudiar carreras en ciencia o ingeniería.

En este estudio se encontró que en las disposiciones y comentarios los estudiantes demuestran que factores como el apoyo familiar y el aliento de profesores motivadores, les despierta diversos niveles de entusiasmo e interrogantes que direccionan su elección de una carrera universitaria. En este orden de ideas, una cuestión pendiente es lograr el fomento y la necesidad de perfiles profesionales en ciencia e ingeniería en los estudiantes de secundaria, porque esto sería una esperanza para la humanidad ante la falta de profesionales en áreas STEM en el siglo XXI.

4. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

En general, el diseño pre-experimental que se adoptó para este estudio ofrece algunas limitaciones que debe mencionar: 1) los datos se recopilaron al comienzo del año académico, pero si se hubiese realizado en otro momento los resultados podrían haber sido diferentes; 2) muchos participantes apenas tenían su primera experiencia en estudios universitarios, por lo que podrían tener una ideas muy vagas de los asuntos por los que se indagó en la consulta; 3) la mayoría era de origen asiático, por lo que las disposiciones recolectadas pueden no ser representativas de grupos mayoritarios en cada país; y 4) aunque la base del estudio fue una muestra de conveniencia, esto no preocupa al equipo de trabajo, porque el total de estudiantes que respondieron la encuesta corresponde al 96.8% de los inscritos en los programas universitarios, en los que toman procesos de aprendizaje de educación superior, a la vez que culminan sus estudios de secundaria.

5. CONCLUSIONES

Se recopilaron datos mediante encuestas a 368 estudiantes de último año de secundaria, que a su vez participan en programas universitarios en los que toman procesos de aprendizaje de educación superior en ciencia e ingeniaría.

Las respuestas se analizaron con el objetivo de comparar y contrastar las disposiciones de estos estudiantes por tomar carreras universitarias en áreas STEM, a la vez que discutir el nivel de incidencia, en sus decisiones, de variables como género, origen étnico y tamaño de la institución en la que estudian la secundaria.

Los hallazgos confirman algunas expectativas de los investigadores y resultados de estudios similares, en el sentido de que los estudiantes tienen una baja valoración por carreras en ciencia e ingeniería, aunque sorprende las diferencias entre las intenciones de hombres y mujeres por tomar una carrera universitaria.

Los resultados convencieron al equipo de trabajo de la necesidad de estructurar y realizar procesos de investigación en cuestiones que no se cubrieron en este trabajo. Aquí se podría mencionar: dilucidar si estos resultados pueden reflejar tendencias en la nueva categoría de estudiantes [31] hacia estudios universitarios, y determinar si las diferencias encontradas entre querer estudiar una carrera en ciencia o ingeniería versus los resultados de rendimiento universitario, tienen alguna relación con el origen étnico de los estudiantes y el tamaño de la institución en la que terminaron la secundaria.

REFERENCIAS

[1] U.S. Department of Education. (2016). STEM 2026 - A Vision for Innovation in STEM Education. Washington.

[2] Thomasian J. (2011). Building a Science, Technology, Engineering, and Math education agenda - An update of state actions. NGA Center.

[3] Kennedy T. y Odell M. (2014). Engaging Students in STEM Education. Science Education International 25(3), 246-258.

[4] Serna E. y Serna A. (2013). Is it in crisis engineering in the world? A literature review. Revista Facultad de Ingeniería 66, 197-206.

[5] Borgonovi F. (2013). Strong performers and Successful Reformers in Education - Policy analyst at the Organisation for Economic Co-operation and Development. Itinera Institute.

[6] NCES. (2011). The nation's report card: Mathematics 2011. National Center for Education Statistics.

[7] Jadav D. (2018). The STEM crisis: What the growing skills gap means for the economy and where we go from here. Alliantgroup.

[8] Heilbronner N. (2011). Stepping onto the STEM pathway. Journal for the Education of the Gifted 34(6), 876–899.

[9] Serna E. (2015). Por qué falla el Sistema de educación. Editorial Instituto Antioqueño de Investigación.

[10] Serna E. (2019). Educación para un nuevo orden mundial - Retos de un escenario emergente para la formación y la capacitación de una nueva categoría de estudiantes. Editorial Instituto Antioqueño de Investigación.

[11] Serna E. (2021). Educación virtual – Educación inteligente. Editorial Instituto Antioqueño de Investigación.

[12] Drew C. (2011). Why science majors change their minds. The New York Times. Recuperado: https://www.nytimes.com/ 2011/11/06/education/edlife/why-science-majors-change-their-mind-its-just-so-darn-hard.html

[13] Garg R. et al. (2010). A longitudinal study of the effects of context and experience on the scientific career choices of Canadian adolescents. Canadian Journal of Career Development 9(1), 15-24.

[14] Sadler P. et al. (2012). Stability and volatility of STEM career interest in high school: A gender study. Science Education 96(3), 411-427.

[15] Serna E. y Serna A. (2015). Crisis of engineering in Colombia - State of the art. Revista Ingeniería y Competitividad 17(1), 63- 74.

[16] Avila V. (2012). Factores que influyen para la elección de carrera en los estudiantes de preparatoria. Trabajo de grado. Universidad Pedagógica Nacional.

[17] Banning J. y Folkestad J. (2012). STEM education related dissertation abstracts: A bounded qualitative meta-study. Journal of Science Education and Technology 21(6), 730-741.

[18] Brody L. y Muratori M. (2015). Early entrance to college: Academic, social, and emotional considerations. En Assouline S. et al. (Eds.), A nation empowered evidence trumps the excuses holding back America's brightest students, Vol 2. University of Iowa.

[19] Hall J. (2008). Cross-sectional survey design. En Lavrakas P. (Ed.), Encyclopedia of survey research methods. SAGE Publications.

[20] Sedgwick P. (2014). Cross sectional studies: Advantages and disadvantages. BMJ, 348, g2276.

[21] Knezek G. et al. (2012). Contrasts in student and teacher perceptions of STEM content and careers. En Hawaii international conference on education. Honolulu, USA.
[22] Bowdich S. (2009). Analysis of research exploring culturally responsive curricula in Hawaii. En Hawaii Educational Research Association annual conference. Honolulu, USA.
[23] Paulsen J. y BrckaLorenz A. (2017). Internal consistency. FSSE Psychometric Portfolio. Indiana University.
[24] Serna E. y Serna A. (2014). Una radiografía al estado de la formación en Ingeniería en Colombia. En Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería. Cartagena, Colombia.
[25] Berg B. y Lune H. (2012). An introduction to content analysis. Qualitative research methods for the social sciences. Peachpit Press.
[26] Holdren J. y Lander E. (2012). Engage to excel: Producing one million additional college graduates with degrees in science, technology, engineering, and mathematics. Council of Advisors on Science and Technology.
[27] Holdren J. et al. (2010). Prepare and inspire: K-12 education in science, technology, engineering, and math (STEM) for America's future. Council of Advisors on Science and Technology.
[28] Hill C. et al. (2008). Empirical benchmarks for interpreting effect sizes in research. Child Development Perspectives 2(3), 172-177.
[29] Knoth M. y Smith N. (2014). Long-term effects of school size on students' outcomes. Institute for the Study of Labor.
[30] Scheerens J. et al. (2014). School size effects: Review and conceptual analysis. En Luyten H. et al. (Eds.), School size effects revisited. Springer.
[31] Serna E. y Serna A. (2021). An IT-based teaching model for a new generation of students. Journal of Educational Change. Online version.

13

Factores que inciden para que los estudiantes abandonen un programa de ingeniería

Se presenta los resultados de una investigación cuyo objetivo es determinar la incidencia de ciertos factores en la decisión de los estudiantes de abandonar los programas de ingeniería. Se aplicaron consultas y encuestas en línea y entrevistas personales. Se encontró que los factores con mayor incidencia en la decisión de abandonar son la falta de habilidades ingenieriles, de pensamiento lógico y de destrezas matemáticas, además de algunos de control por parte de los profesores, las universidades y las empresas. Los factores incidentes tienen la característica de que son controlables por parte de los actores, por lo que el sistema de educación debe prestarles mayor atención.

INTRODUCCIÓN

El hecho de que un estudiante abandone su proceso formativo en cualquiera de las etapas siempre se ha considerado como un problema serio, porque afecta tanto al sistema educativo como al social y cultural. Esto se debe a que, al abandonar el proceso, las personas no desarrollan completamente las capacidades, habilidades y destrezas necesarias, por lo que presentan deficiencias educativas graves que afectan su calidad de vida. Por esa razón no logran empleos con salarios adecuados, por lo que no satisfacen en buena medida sus necesidades en salud, vivienda y recreación, y la mayoría se rezaga en relación con el desarrollo profesional y cultural de la sociedad. Si bien es un problema que afecta a todas las áreas formativas y aunque se ha realizado numerosas investigaciones para determinar las razones del abandono en un contexto general, pocas se concentran en analizar esta situación en los programas de ingeniería.

La cuestión es que el abandono en estos programas tiene incidencias más allá de la vida personal, familiar y social de los estudiantes, por lo que ha llamado la atención de organizaciones estatales, universidades y empresas, que intentan solucionarlo por diversos medios y con alternativas múltiples, aunque el panorama en el área parece no mejorar, porque las tasas de abandono se mantienen o incrementan en este siglo. Por otro lado, la realidad es que en el mundo globalizado se ha ampliado y diversificado las exigencias en cuanto a capacidades, habilidades y destrezas para conseguir empleo, porque se requiere candidatos con niveles de conocimiento altos, y no se perdona el hecho de no poseerlos.

Sin portar las innumerables razones por las que se deba atender este problema en la educación en general, la situación se hace más crítica en relación con la ingeniería, porque el siglo XXI gira en torno a sus desarrollos y descubrimientos. Entonces, se genera una especie de ciclo cerrado para una realidad en la que se necesita buenos ingenieros, pero los estudiantes no quieren tomar estos programas [1] y, los que deciden hacerlo, los abandonan a muy corto tiempo. Por esta y muchas otras razones el tema de la deserción de estudiantes de ingeniería se debería convertir en prioritario para el Estado, la academia, la sociedad y la industria, a la vez que requiere mayor atención de investigadores, legisladores y educadores en todos los niveles. Se necesita encontrar una solución para regular y disminuir el abandono en los programas de ingeniería, porque de otra manera, en un momento posterior, será complicado contar con el recurso humano necesario para atender las demandas y necesidades de una sociedad que se acostumbró a disfrutar y convivir con los desarrollos tecnológicos que crean estos profesionales.

Esta situación genera preocupación mundial debido a la posibilidad de que en los programas de ingeniería no se cuente con el número de estudiantes requerido para atender las mencionadas demandas sociales [2]. Además, los trabajos más influyentes en la literatura alrededor de esta cuestión se restringen a los países más desarrollados, donde el problema es mayor [3-7]. Por otro lado, se divulga ampliamente trabajos que analizan variables personales, sociales, prácticas institucionales, políticas de estado e influencia social, que interactúan e impactan en la permanencia o no de los estudiantes; pero no se analiza ni presenta alternativas al problema de los factores que los actores directos pueden manipular y adecuar para que los estudiantes permanezcan en un programa de ingeniería.

En este sentido, el objetivo de la presente investigación es analizar estos factores, a la vez que presentar alternativas de trabajo conjunto entre los actores para encontrar opciones que motiven a los estudiantes, primero, a seleccionar carreras de ingeniería y, segundo, a permanecer en ellas hasta obtener el grado respectivo. Por otro lado, aunque este estudio se enfoca básicamente en analizar una población conformada por personas que abandonaron estudios de ingeniería en el

primero (2017), segundo (2018) o tercer año (2019), las alternativas se proyectan prospectivamente para aplicarlas en la primera ola de la nueva categoría de estudiantes, que ingresarán en esta década a la educación superior.

1. MARCO REFERENCIAL

1.1 Por qué ser ingeniero

Analizar este tema no es fácil, debido a que existe muchos y diversos motivos con los que la sociedad y los estudiantes sustentan la necesidad o decisión de convertirse en ingenieros [8-10]. En cada estudio se encuentra razones que, en la mayoría de los casos, son complementarias o simplemente opiniones de personas y estudiantes a los que no les interesa responder encuestas o consultas de este tipo. Al comparar estos resultados, las razones predominantes para estudiar ingeniería tienden hacia factores como construir máquinas, conquistar el espacio o desarrollar video juegos, entre otros. Al parecer, los estudiantes no tienen una idea clara de por qué estudiar ingeniería, lo que se refleja en sus apreciaciones de lo que hace un ingeniero [11].

Preocupadas por la falta de estudiantes en las facultades de ingeniería [1], muchas instituciones realizan campañas motivacionales con la idea de convencer a los de secundaria para que elijan carreras en esta área, pero sus motivos no son más que cifras y estadística que no demuestran claramente la importancia de estos profesionales para la sociedad. El asunto es que la ingeniería no parece ser para todos, y quien decida o intente estudiarla debe tener una predisposición especial, que no todos los estudiantes poseen [12]. Más allá de las ideas que se esgrimen popularmente, algunas de las razones por las cuales se debería estudiar ingeniería son:

1. *Se desarrolla una manera diferente de pensar*. Porque se aprende a pensar como ingeniero, es decir, de forma lógica a través del análisis crítico, lo que conlleva a tomar mejores decisiones, más objetivas y menos emocionales. Estas habilidades, destrezas y capacidades son necesarias para moldear el desarrollo de una sociedad influenciada por la tecnología.

2. *Se aprende a ser creativo*. Esta sociedad tiene una marcada dependencia hacia los productos de la ingeniería, lo que ofrece un amplio campo para que los ingenieros sean creativos e ingenien desarrollos necesarios y útiles para ponerlos al servicio de la humanidad. Solamente con creatividad se puede visionar el futuro y los ingenieros desarrollan capacidades especiales en este sentido, debido a que son retados continuamente por las demandas sociales.

3. El ingeniero es un *profesional curioso*, que se siente retado por las complicaciones de los problemas actuales y por encontrarles la mejor solución posible.

4. Los ingenieros son *profesionales únicos*, con diferencias significativas, porque desarrollan un apetito por la búsqueda de respuestas y, la mayoría, son buenos ideando, desarrollando y construyendo cosas.

5. Para ser ingeniero *no es necesario ser bueno en matemáticas*, desde la visión de memorizar fórmulas y ecuaciones, sino de desarrollar la capacidad de entenderlas y comprenderlas de manera diferente a los demás.

6. El ingeniero *materializa visualmente lo físico* antes de descubrir la matemática y lógica de su diseño y, si el objeto está construido, lo desmonta en su mente para aprender sus principios de funcionamiento.

7. Para ser ingeniero no es suficiente con la experiencia acumulada, ni el pensamiento visual-espacial, también hay que estar consciente de que en cualquier momento *se puede cometer un error*, por lo tanto, se debe reflexionar, dudar e indagar por todo lo que no se puede visualizar o se desconoce completamente.

En definitiva, para ser ingeniero no basta con desarrollar capacidades y habilidades artísticas, o vencer los recursos y fuerzas de la naturaleza para el diseño de soluciones a los problemas de la humanidad; tampoco con dominar las matemáticas y los principios científicos porque, aunque son necesarios, el ejercicio de la profesión debe estar acompañado por una amplia dosis de inventiva, innovación, creatividad, calidad humana, gestión, trabajo en equipo, comunicación asertiva, consolidación, diseño, estructura, estética y ética.

De otra manera el ingeniero se convierte en un dato de catálogo, limitado a emplear técnicas, métodos estandarizados de procedimientos, cálculos y especificaciones ingenieriles, sin ejercitar su creatividad e inventiva. Todo esto hace parte de las motivaciones para estudiar o abandonar los estudios de ingeniería, y deberían ser tenidas en cuenta al estructurar, implementar y ofrecer programas en esta disciplina.

1.2 Trabajos relacionados

En la Tabla 1 se muestra el resumen de los trabajos con mayor aceptación en la literatura, que presentan objetivos relacionados con lo se busca en el presente estudio.

Tabla 1. Trabajos relacionados

	Resumen
[19]	Presenta un análisis a la situación de abandono universitario en general en España; se elabora un perfil teórico con la definición, causas, modelos explicativos y soluciones al problema. Es un estudio de cobertura general y no exclusivamente de ingeniería.
[20]	Tomando como base los datos recogidos, los autores analizan las causas del abandono en la ingeniería; se presenta una medición a los factores que llevan a los estudiantes a hacerlo, pero son amplios, no específicos y de control individual para estudiantes, profesores o instituciones.
[21]	Los autores revisan las investigaciones acerca de la deserción escolar con el objetivo de comprender por qué se presenta; analizan las relaciones causales entre los factores reportados y la decisión individual de abandonar la escuela. Se encontraron dos tipos de factores asociados: 1) con las características individuales de los estudiantes, y 2) con las características propias de sus familias, escuelas y comunidades. El estudio es de carácter general y no individualiza las causas para el abandono en la ingeniería.
[18]	En esta revisión se busca las características de los estudiantes de ingeniería y cómo afectan sus resultados educativos, y propone una clasificación teniendo en cuenta aspectos externos, cognitivos, afectivos y demográficos para encontrar las causas de abandono. Los autores no analizan las características que los actores pueden controlar, sino que se basan en las que otros han propuesto.
[22]	El propósito es encontrar los factores que influyen en la decisión de abandonar los estudios de ingeniería, pero desde el análisis de variables que predicen la deserción y teniendo en cuenta aspectos académicos y no académicos. El estudio es carácter general y abarca factores que no pueden controlar los estudiantes.
[23]	En este estudio se analiza el abandono o cambio de carrera de los estudiantes en las áreas STEM entre 2003 y 2004. Los resultados muestran una serie de factores que motivan la deserción de estos programas, principalmente relacionados con una falta de formación adecuada en matemáticas, pero no se analizan las cuestiones más directas y de control individual, tales como motivación y predisposición para ingresar.
[24]	Presenta una investigación sobre la deserción escolar y se analizan las causas que reportan los estudiantes en otros estudios. Los autores tienen en cuenta factores diversos, desde los personales, familiares, sociales y culturales, hasta los propios de otros actores. La cobertura es amplia e intenta combinar tantas variables que no se puede considerar un estudio de las casusas particulares auto controlables.
[25]	Se presenta una revisión de la literatura acerca de las razones para la deserción en programas de ingeniería. Se identifican seis factores generales a los que se presenta alternativas conducentes a la retención de los estudiantes. Es un análisis genérico y no discrimina entre factores controlables y no controlables por actores tales como estudiantes, profesores e instituciones.
[26]	Este artículo presenta los resultados de una investigación sobre la experiencia de cuatro estudiantes que abandonaron estudios de ingeniería. Aunque los autores involucran factores individuales, los tienen en cuenta desde el punto de vista de los estudiantes y no de los demás actores. Además, analiza solamente cuatro estudiantes, una población que no parece representativa.

[27]	Es un estudio para determinar los factores por los cuales diez estudiantes abandonaron los estudios de ingeniería. Tal como sucede frecuentemente en este tipo de investigaciones, los resultados de una muestra pequeña no se pueden considerar representativos. Además, solamente se cubren factores desde la visión del estudiante, sin involucrar profesores e instituciones, que también influyen en la deserción.
[28]	En el estudio se presenta un análisis temático de los factores por los que los estudiantes de ingeniería ingresan y abandonan estos programas, con base en datos colectados del trabajo con estudiantes. En general, solamente analiza los datos desde el punto de vista de un actor, dejando de lado los de otros que son influyentes o determinan la decisión de abandonar.

2. MÉTODO

Se ha presentado diversos trabajos analizando correlaciones entre los diferentes factores que llevan a que un estudiante abandone un programa de ingeniería [4, 13-17], en los que se identifica una serie de características que inciden fuertemente al tomar esa decisión, pero que, de acuerdo con Li et al. [18] todavía no se ha estructurado una manera de categorizarlas. Por eso, y luego de realizar un análisis estructurado a los trabajos relacionados y con mayor aceptación en la literatura, el equipo de trabajo concluye que, en general, estos factores se pueden clasificar como de: 1) *manejo propio* del estudiante, 2) de *manejo externo,* y 3) *totalmente inmanejables*.

Con base en este análisis los autores deciden investigar la incidencia de los primeros en la decisión de abandonar un programa de ingeniería, teniendo en cuenta que son factores manejables por parte del estudiante, ya sea para adquirirlos, desarrollarlos o mejorarlos; además, y realizando análisis prospectivo, porque se puede buscar alternativas de solución para que no se retiren.

El propósito de esta investigación es: 1) determinar la incidencia de los factores que pueden controlar los estudiantes en su decisión de abandonar un programa de ingeniería, 2) conocer los criterios que exteriorizan los estudiantes como argumentos que los influencian a estudiar ingeniería, y 3) presentar un análisis a diferentes opciones de solución, para acompañar a los estudiantes en la selección de carrera y asesorarlos en el proceso para que no la abandonen.

Las preguntas a las que se busca respuesta en este trabajo son: 1) ¿cuáles son los factores que priman al tomar la decisión de abandonar un programa de ingeniería? y 2) ¿cómo tratar y priorizar estos factores para que los estudiantes elijan estudiar esta disciplina y permanezcan en el proceso hasta alcanzar el título respectivo?

Se estructuró un proceso de investigación a tres años, en el que se diseñaron y aplicaron tres herramientas principales: 1) consultas en línea, 2) cuestionarios a través de correo electrónico, y 3) entrevistas personales. La investigación se llevó a cabo con personas que abandonaron sus estudios de ingeniería en Australia, Alemania, Estados Unidos, Argentina y Colombia, y se desarrolló en tres fases: 1) 2017, personas que ingresaron este año a la universidad y abandonaron en el mismo, 2) 2018, quienes ingresaron en 2017 y abandonaron en el segundo año, y 3) 2019, que ingresaron en 2017 y abandonaron en el tercer año.

La recolección de datos se culminó en 2020, antes de que la OMS declarara al Covid-19 como pandemia mundial y, aunque este factor influyó ampliamente en el abandono de los estudiantes ese año, no se incluye en los análisis de este trabajo.

El equipo de trabajo está conformado por auxiliares de investigación en cada país, distribuidos de esta manera: 5 en Australia, 6 en Alemania, 8 en Estados Unidos, 5 en Argentina y 3 en Colombia, además del investigador principal y de un estudiante de Maestría que desarrolla su tesis de investigación en el proyecto. La ficha metodológica de la investigación se presenta en la Tabla 2, y en la Tabla 3 se observa ejemplos de las preguntas tipo estructuradas en las herramientas.

Tabla 2. Ficha metodológica de la investigación

Generalidades					
Herramientas aplicadas	Consultas en línea Cuestionarios vía correo electrónico Entrevistas personales				
Actores	Directos: Personas que abandonaron carreras de ingeniería en los primeros tres años. Relacionales: Universidades, profesores, empresas.				
Factores analizados					
Del estudiante que abandona	Modelo de aprendizaje, predisposición, antecedentes, estrato cultural, capacidad cognitiva, habilidades ingenieriles, pensamiento lógico, destrezas matemáticas.				
Del profesor	Modelo de enseñanza, experiencia profesional, actualización del conocimiento, experiencia investigativa, ser humano, ser profesional, ser global.				
De la universidad	Plan de estudios, integración curricular, sistema de ingreso, infraestructura, estrategias de retención, internacionalización.				
De la empresa	Políticas de contratación, necesidad real, incentivos.				
Población					
	Australia	**Alemania**	**Estados Unidos**	**Argentina**	**Colombia**
Estudiantes que abandonaron	84	78	134	151	137
Universidades	5	7	10	6	8
Empresas	9	10	19	11	13

Tabla 3. Preguntas tipo en las herramientas de la investigación

Preguntas tipo					**Valoración**
En una escala de 1 a 5, donde 1 es sin incidencia y 5 totalmente incidente: ¿cuál fue la incidencia de estos factores en su decisión de abandonar la carrera de ingeniería?					
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
Mi modelo de aprendizaje					
El modelo de enseñanza del profesor					
El plan de estudios y los contenidos curriculares del programa					
La valoración que las empresas les dan a los títulos en ingeniería					

Además de este proceso de investigación, el equipo realizó una consulta paralela a estudiantes de secundaria, orientada a conocer su preferencia por estudiar ingeniería, a la vez que se analiza en qué nivel de desarrollo tienen los factores que, de acuerdo con la investigación, inciden en la decisión posterior de abandonar un programa en esta área. La idea es averiguar si piensan estudiar ingeniería y, a quienes responde que sí, indagarlos acerca del nivel de desarrollo en el que tienen las características que necesita un estudiante antes y durante la carrera.

La herramienta que se aplicó fue la entrevista personal, cuya ficha metodológica se describe en la Tabla 4, y en la Tabla 5 se muestra las preguntas tipo aplicadas en la misma.

Tabla 4. Ficha metodológica de la consulta a estudiantes de secundaria

Generalidades					
Herramienta	Entrevista personal				
Actores	Estudiantes de secundaria				
Factores analizados					
Del estudiante	Modelo de aprendizaje, estrato cultural, acceso y uso de la tecnología, concepto de los procesos de aprendizaje, resolución de problemas, medios de diversión, consumo de medios, diversión grupal o individual, juegos virtuales o reales.				
Población					
	Australia	**Alemania**	**Estados Unidos**	**Argentina**	**Colombia**
Antepenúltimo año	35	42	68	89	72
Penúltimo año	30	40	60	86	65
Último año	28	35	45	81	54

Se tomó una muestra de estudiantes de secundaria en los mismos países de la investigación, a los que se les hizo seguimiento en tres momentos: 1) en el antepenúltimo año de esta fase de formación (2017); en el penúltimo año (2018); y 3) en el último año (2019). Se aplicó la misma

consulta en los tres años y a la misma población, con la idea de encontrar variaciones, cambios en la valoración y factores nuevos o que se desecharon; además, para conocer si continúan interesados en estudiar ingeniería o si cambiaron de opinión.

Tabla 5. Preguntas tipo en la consulta a estudiantes de secundaria

Preguntas tipo	Valoración		
	Sí	No	A veces
Pienso estudiar ingeniería cuando termine la secundaria			
Tengo una manera organizada de estudiar			
El proceso de aprendizaje en el que mejor trabajo es matemáticas			
No tengo problemas para estudiar y divertirme con los compañeros			
Mis trabajos los realizo de forma clara y organizada			

3. RESULTADOS

Como se mencionó antes, para el equipo de trabajo los factores que inciden en el abandono de una carrera se pueden clasificar en: 1) de manejo propio, 2) de manejo externo, o 3) totalmente inmanejables por parte de los estudiantes. Ellos logran manipular, directa o indirectamente, los primeros, porque los pueden modificar a través de conductas o procedimientos estructurados, con el objetivo de mejorar esa debilidad o falencia en su proceso formativo. Por ejemplo, solamente el estudiante puede manipular su predisposición hacia una carrera, ya sea porque busque asesoría o porque se auto-capacite para superarla. Lo mismo se puede decir de los factores de incidencia relacionados con profesores, universidades y empresas, porque, individualmente, cada uno puede manipularlos para ayudar a solucionar el problema de que los estudiantes abandonen sus estudios.

De acuerdo con lo anterior, en el proceso de investigación se seleccionó una población de 584 estudiantes que abandonaron una carrera de ingeniería en los primeros tres años de la misma; 36 universidades colaboraron con la información de contacto, y 62 empresas aportaron datos sobre sus políticas de contratación de ingenieros. En la Tabla 6 se detalla el promedio de la valoración que la población consultada le dio a la incidencia de los factores al momento de tomar la decisión de abandonar el programa. Los consultados no se individualizaron por programa, sino que se analizaron en todas las áreas consideradas como ingeniería propiamente dicha; además, no se tuvo en cuenta si la decisión de abandono fue para cambiar de carrera o para renunciar completamente a su proceso formativo.

Tabla 6. Valoración promedio a la incidencia de los factores

Actor	Factor	Descripción	Valoración
Estudiante	Habilidades ingenieriles	Innovación, adaptación, espaciales, trabajo en equipo	5
	Pensamiento lógico	Análisis, argumentación, razonamiento, justificación	5
	Destrezas matemáticas	Organización, relación, ubicación, complejidad	5
	Antecedentes	Resultados formativos en la secundaria	4
	Capacidad cognitiva	Aprendizaje, razonamiento, atención, memoria	3
	Modelo de aprendizaje	Manera como estructura su proceso de estudio	3
	Predisposición	Aptitud vocacional hacia la ingeniería	3
	Estrato cultural	Nivel de lectura, de indagación, motivación personal, ética	2
Profesor	Modelo de enseñanza	Metodologías, didácticas, prácticas, motivación	4
	Ser global	Relaciona internacionalmente el proceso de aprendizaje	4
	Actualización del conocimiento	Se capacita permanentemente en los temas de la asignatura	4
	Experiencia investigativa	Realiza investigación y valida su conocimiento	4
	Ser humano	Ante todo, es una persona con defectos y virtudes	3
	Ser profesional	Es ético, íntegro y respeta su profesión	3
	Experiencia profesional	Conoce los problemas y contenidos más allá del aula	3
Universidad	Planes de estudios	Malla y contenido curricular, sistema de evaluación	5
	Internacionalización	Existen y se cultivan las relaciones internacionales	5

	Flexibilización	Entre programas, universidades, empresas	4
	Integración curricular	Las materias no son islas, los contenidos tienen integración	4
	Infraestructura	Suficiente para satisfacer las necesidades del programa	3
	Estrategias de retención	El estudiante es más que un número	3
	Sistema de ingreso	Acorde con el área de estudio	2
Empresa	Necesidad real	Profesionales, técnicos, operarios o autodidactas	5
	Políticas de contratación	Valoración al título, la experiencia, el conocimiento	3
	Incentivos	Sentido de pertenencia a través de estímulos	3

En esta valoración se observa que los factores con mayor incidencia en el abandono son características que las personas analizan de su propio proceso y que, con una adecuada planeación, se podría establecer planes de contingencia para que los estudiantes los superen con facilidad. Por ejemplo, si las personas en este estudio reconocen que tienen falencias en el desarrollo de habilidades ingenieriles, pensamiento lógico y destrezas matemáticas, es conveniente que para los estudiantes nuevos se diseñe programas y estrategias para que las superen antes de seleccionar un programa universitario.

Los demás actores también podrían estructurar planes que respondan a esta valoración, por ejemplo, las universidades deberían analizar sus planes de estudios y la integración curricular establecidos para los programas de ingeniería. De esta manera se mitigaría el problema de la deserción que ocurre cuando los estudiantes ingresan a la educación superior. En el caso de las empresas se debería prestar mayor atención y planificación a sus ofertas de empleo, porque esta población considera que el hecho de que no tengan claras las características y funciones del ingeniero que requieren, tiene una alta incidencia en su decisión de abandonar la carrera.

En cuanto al análisis por país, en la Figura 1 se observa la incidencia porcentual de los factores que cada actor puede manipular. Se observa que las personas de Latinoamérica valoran menos la incidencia de los factores que pueden manipular ellas mismas, otorgando mayor peso a los factores que no pueden manipular, es decir, a los de profesores, universidades y empresas. Por otro lado, las personas de otros países conceden mayor valoración a sus propios factores, particularmente en Alemania, y mucho menos a los de universidad, profesor o empresa. Esto puede suceder porque poseen un estrato cultural más alto, porque se han formado en sistemas educativos en los que es muy importante la auto-crítica y el análisis personal, además, porque los profesores son profesionales y la sociedad los reconoce como tal.

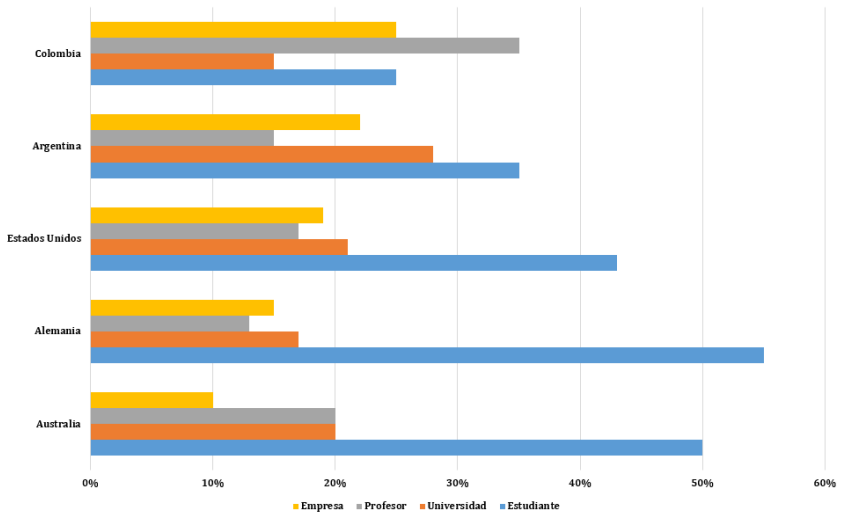


Figura 1. Incidencia porcentual de los factores por actor y país

En todo caso, la población del estudio atribuye mayor incidencia a los factores que ellos mismos pueden manipular, es decir, en la decisión de abandonar un programa de ingeniería priman

cuestiones tales como: antecedentes (resultados del aprendizaje en la secundaria), habilidades ingenieriles (capacidades de innovación, adaptación, espaciales, de trabajo en equipo), pensamiento lógico (habilidades de análisis, argumentación, razonamiento, justificación) y destrezas matemáticas (de organización, relación, ubicación, complejidad), que todo estudiante de ingeniería debería desarrollar.

Por otro lado, en el primer año de carrera se presenta el mayor abandono de los estudiantes de ingeniería, tal como se observa en la Tabla 7. Llama la atención que en los países latinoamericanos en el tercer año se presenta menos deserción que en los demás países, pero, al mismo tiempo, que en el primer año ocupen los primeros puestos.

Tabla 7. Totales de abandono de carrera por año y por país

País	Primer año	Segundo año	Tercer año
Australia	32	28	24
Alemania	24	32	22
Estados Unidos	75	38	21
Argentina	99	36	16
Colombia	78	40	19
Total	308	174	102

En la Figura 2 se muestra los resultados en cuanto a la incidencia de los factores en el abandono, de acuerdo con el año de carrera en que se encuentra el estudiante. Esto significa que a medida que los estudiantes avanzan en la carrera son más conscientes de que sus propias debilidades no les permitirán culminar adecuadamente el programa. A su vez, incrementa la importancia de los factores de la empresa, porque, posiblemente, comienzan a analizarse como profesionales.

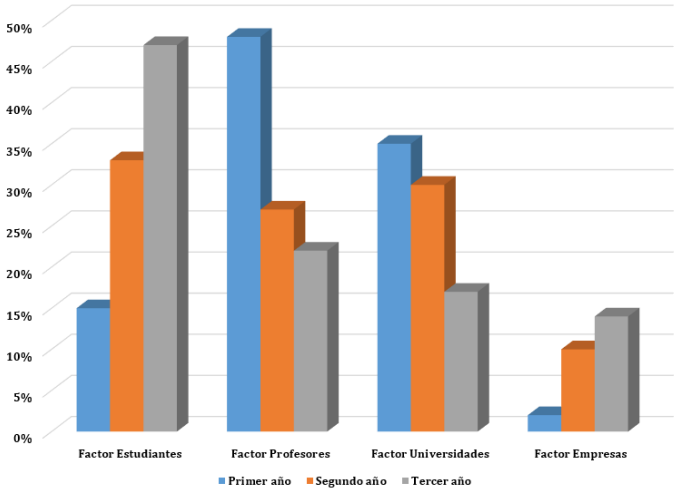


Figura 2. Incidencia de los factores en el abandono por año de carrera

En cuanto a la consulta que se realizó a los estudiantes de secundaria, se trabajó con una población inicial de 306 estudiantes de antepenúltimo año, pero debido a que el objetivo era consultarlos nuevamente uno y dos años después, esta población disminuyó, por diversas razones, a 281 en el penúltimo año y a 243 en el último año. La información se colectó a través de entrevistas personales y el resultado se muestra en la Tabla 8. Se tomaron los mismos factores evaluados en la investigación a las personas que abandonaron programas de ingeniería, solamente para el actor estudiantes, mediante preguntas cuyas respuestas podrían reflejar el grado de desarrollo de los mismos, a la edad y nivel de secundaria.

Los resultados en factores clave para el desempeño profesional de ingenieros, tales como pensamiento lógico, destrezas matemáticas y habilidades ingenieriles, revelan que esta población

tiene potencialidad para estudiar ingeniería. El problema se presenta en factores como predisposición para estudiar la disciplina, estrato cultural y antecedentes, en los cuales se observa una disminución progresiva, algo que, con un adecuado proceso de formación, se podría desarrollar y aprovechar como factores complementarios a los primeros.

Tabla 8. Resultados entrevista a estudiantes de secundaria

Factor	Descripción	Antepenúltimo año			Penúltimo año			Último año		
		Sí	No	A veces	Sí	No	A veces	Sí	No	A veces
Piensa estudiar ingeniería	Inclinación por esta disciplina	65%	25%	10%	34%	58%	8%	34%	58%	8%
Modelo de aprendizaje	Tiene una manera estructurada para estudiar	27%	41%	32%	24%	40%	36%	24%	40%	36%
Predisposición	Refleja una aptitud vocacional hacia la ingeniería	31%	45%	24%	22%	40%	38%	22%	40%	38%
Antecedentes	Hasta el momento logra buenos resultados en su aprendizaje	67%	30%	3%	50%	45%	5%	50%	45%	5%
Estrato cultural	Demuestra buenos niveles de lectura, indagación, motivación personal y ética, entre otros	28%	51%	21%	21%	52%	27%	21%	52%	27%
Capacidad cognitiva	Desarrolla en buen grado su aprendizaje, razonamiento, atención y capacidad de observación	25%	45%	30%	28%	43%	29%	28%	43%	29%
Habilidades ingenieriles	Demuestra inclinaciones por la innovación, adaptación, ubicación espacial y trabajo en equipo	33%	52%	15%	40%	39%	21%	40%	39%	21%
Pensamiento lógico	Manifiesta adecuados niveles de análisis, argumentación, razonamiento y justificación	22%	27%	51%	43%	21%	36%	43%	21%	36%
Destrezas matemáticas	Ante problemas hipotéticos revela organización, relación, ubicación y atención a la complejidad para abordarlos	18%	60%	22%	33%	37%	30%	37%	33%	30%

Se observa que estos estudiantes poseen las características necesarias para estudiar ingeniería, pero que, por diversas circunstancias, en tres años pierden su interés para tomar estos programas. Aquí se requiere la intervención del sistema de educación, en el sentido de analizar su progreso formativo desde que ingresa, por lo menos, a la secundaria, con la idea de potencializar esas capacidades y lograr que se decidan por estudiar ingeniería mediante un adecuado proceso de orientación y seguimiento. En la Figura 3 se observa la curva comparativa entre los principales factores y la idea de estudiar ingeniería en los tres años consultados.

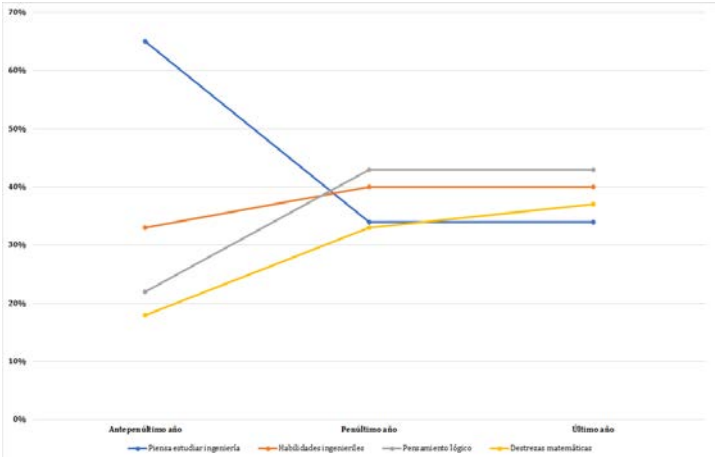


Figura 3. Comparación entre la idea de estudiar ingeniería y algunos factores representativos

Una posible razón para esta situación es que, a medida que progresan en su estudio, se van involucrando más en situaciones sociales en las que se dan cuenta de las ventajas que tienen unas profesiones sobre otras. Por ejemplo, que las empresas valoran más las capacidades, destrezas y habilidades, sobre los títulos universitarios, es decir, que prima el saber hacer sobre los años de educación superior. Por eso, aunque tienen potencialidad para convertirse en buenos ingenieros, deciden no estudiar estos programas por el tiempo que les exige su estudio y el reconocimiento; entonces prefieren auto-capacitarse o tomar procesos de aprendizaje de corta duración, para desarrollar habilidades para *operar herramientas*, porque eso les ofrece ingresos rápidamente.

En la Tabla 9 se muestra el resultado por país y factor representativo en cada año consultado con los estudiantes de secundaria. De acuerdo con esta información, los estudiantes de Alemania presentan mejores resultados que en los demás países, mientras que Colombia es el de valores más bajos. Se nota, nuevamente, que decae su interés por estudiar ingeniería, aunque mejoran en cuanto a los factores predominantes que debe desarrollar un ingeniero.

Tabla 9. Resultados por país y factor predominante en secundaria

País	Piensa estudiar ingeniería			Habilidades ingenieriles			Pensamiento lógico			Destrezas matemáticas		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Australia	63%	33%	31%	34%	41%	42%	22%	45%	46%	20%	36%	41%
Alemania	61%	32%	30%	35%	43%	44%	24%	47%	46%	22%	38%	43%
Estados Unidos	66%	35%	33%	31%	38%	37%	19%	38%	37%	17%	32%	32%
Argentina	67%	36%	35%	32%	40%	40%	19%	36%	38%	16%	30%	35%
Colombia	65%	35%	35%	30%	38%	37%	17%	35%	34%	13%	25%	30%

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Al hacer una triangulación entre la información colectada en la investigación con los resultados de las entrevistas a los estudiantes de secundaria, se puede concluir que se necesita planes de atención y solución al problema del bajo interés de los estudiantes de este siglo por estudiar programas de ingeniería, aunque demuestran habilidades, destrezas y capacidades para ser buenos profesionales en esta área. Este panorama se podría mejorar si los profesores, las universidades y las empresas prestaran mayor atención a los factores incidentes en la decisión de abandonar la carrera.

En el caso de los profesores se tendría que estructurar un plan de desarrollo para mejorar, y/o innovar, características que los estudiantes califican con alta incidencia en su decisión:

1. *Modelo de enseñanza*: En cuanto a metodologías, didácticas, prácticas y motivación en el aula.
2. *Ser global*: Para relacionar cada proceso de aprendizaje de forma global, tanto en la carrera como con las otras.
3. *Actualización del conocimiento*: Porque necesita capacitarse permanentemente en los temas de cada proceso de aprendizaje.
4. *Experiencia investigativa*: Investigar acerca de los contenidos de sus procesos de aprendizaje y validar su conocimiento con la realidad por fuera del aula.

Estos factores son de manejo propio, porque son los profesores los que pueden mejorarlos para llevar su conocimiento al aula, mediante metodologías y didácticas que mantengan a los estudiantes motivados e interesados en permanecer en la carrera y lograr el título respectivo. Por otro lado, en lo que tiene que ver con las universidades los factores con mayor incidencia en la decisión de abandono son:

1. *Planes de estudios*: En el sentido de que los estudiantes perciben que los procesos de aprendizaje y los contenidos no encajan en lo que ellos saben y a lo que tienen acceso a través de la red; además, que el sistema de evaluación es obsoleto y no es una unidad de medida del progreso en el desarrollo de sus habilidades, capacidades y destrezas, y en el logro de los resultados de aprendizaje.
2. *Globalización*: Un factor en el que afirman que no existe, ni se cultiva, verdaderas relaciones internacionales con las que se puedan beneficiar para realizar movilidad a otros países o instituciones; algo que consideran esencial para un ingeniero en este siglo.
3. *Flexibilización*: Tanto para lograr su título profesional como para interactuar con otros programas, disciplinas y universidades o empresas, donde se les ofrezca escenarios ajustados a sus realidades familiares, laborales o personales.
4. *Integración curricular*: Para que se les demuestre la importancia y necesidad de cada proceso de aprendizaje en su proceso formativo como ingenieros, porque consideran que no se pueden trabajar como islas y contenidos desintegrados.

Esto se debe aprovechar como oportunidad para que las universidades planteen planes de acción para mejorar estas características. Por ejemplo, actualizar anualmente el plan de estudios y los contenidos en ingeniería y, de la mano con profesores innovadores y capacitados, ofrecer procesos de aprendizaje retadores y motivadores para que los estudiantes perciban el desafío de permanecer en el programa, debido a que podrán convertirse en ingenieros globales.

Por su parte, las empresas también presentan factores que inciden ampliamente en la decisión de los estudiantes de abandonar sus estudios de ingeniería. Para ellos, la característica con mayor incidencia es que no analizan adecuadamente sus necesidades de ingenieros, es decir, que cuando solicitan o contratan a estos profesionales no saben si lo que necesitan es un ingeniero, un técnico o un operario. Ellos escuchan que los profesionales se sienten desilusionados por no poder ejercer adecuadamente la ingeniería, porque en la empresa desarrollan labores en las que no se necesita un título como el que poseen.

Al parecer, las empresas contratan ingenieros solamente para mostrar indicadores ante los organismos estatales, cuando lo que realmente necesitan es un técnico para que lleve a cabo funciones repetitivas, algo que desanima a los estudiantes para continuar en la carrera. Por otro lado, en este siglo en muchos países las empresas valoran lo que las personas saben hacer, por encima del título que poseen. En este escenario les interesa que el empleado ingrese aportando producción inmediatamente, porque consideran como pérdida de tiempo y dinero tener que capacitar a un ingeniero en las funciones en las que puede desarrollar sus habilidades como profesional. Esto lo conocen los estudiantes desde el primer año de carrera y soportan, como máximo, al tercer año para retirarse y buscar auto-formación en lo que las empresas necesitan.

Ahora bien, en relación con los factores que los estudiantes pueden manipular, que consideran con alta incidencia en su decisión de abandonar un programa de ingeniería, se encuentran:

1. *Habilidades ingenieriles*: Porque consideran que no han desarrollados capacidades en innovación, adaptación, espaciales o de trabajo en equipo y que, cuando están en segundo o tercer año de carrera, se dan cuenta de su importancia para el ejercicio profesional.
2. *Pensamiento lógico*: desde el primer año notan que requieren destrezas para realizar análisis, argumentación, razonamiento y justificación, pero se sienten frustrados porque, a medida que avanzan en su carrera, no las desarrollan en el nivel exigido por el programa, por lo que pierden interés y toman la decisión de abandonarlo.

3. *Destrezas matemáticas*: Un tema que se les ha recalcado desde la escuela es que es un área difícil y que solamente algunos pueden triunfar en su estudio universitario, por eso, cuando no pueden estructurar sus trabajos de forma organizada, encontrando relaciones y delimitando las ubicaciones necesarias, y al no responder a las exigencias de la complejidad de los problemas, se dan cuenta que sus destrezas matemáticas no están en el nivel que necesitan para estudiar una ingeniería; entonces, su decisión lógica es desertar del programa.
4. *Antecedentes académicos*: El ambiente universitario les demuestra que los resultados de aprendizaje en la secundaria podrían ser un espejismo, en el sentido de que el nivel de desarrollo que lograron no se acerca a lo exigido en un programa universitario, aunque hayan obtenido buenas notas y reconocimientos.

Como se menciona en el método de investigación, estos factores se seleccionaron porque pueden ser manipulados por los mismos estudiantes, es decir, ellos mismo son responsables de mejorar o no el nivel de desarrollo y las debilidades en cada uno de ellos. La mayoría no lo entiende así, o simplemente se desilusionan por no avanzar al mismo ritmo de otros compañeros, y optan por abandonar los estudios. Esto se convierte en una oportunidad para que desde la secundaria se intervenga estos factores, de tal manera que la escuela tome protagonismo al detectar las inclinaciones de sus estudiantes hacia una u otra carrera.

Debido a lo anterior es que los autores de este trabajo decidieron entrevistar a estudiantes de antepenúltimo, penúltimo y último año de secundaria, con el objetivo de determinar el nivel de desarrollo de estos factores y su inclinación por tomar programas de ingeniería. Los resultados se convierten en un abonado campo de acción para que el sistema de educación intervenga y organice programas de capacitación, acordes con las inclinaciones profesionales de los estudiantes. Por ejemplo, en este estudio se encontró que los estudiantes pierden rápidamente el interés por la ingeniería, aunque desarrollen en buen nivel los factores que necesitan para estudiarla en la universidad. De la misma manera se observa que no son asesorados adecuadamente, en el sentido de que no se aplican estudios orientados a conocer el grado en el que están capacitados para acceder a uno u otro programa universitario. Por lo que deben ser, mayoritariamente, ellos mismos los que busquen el programa, sin importar si tienen o no las capacidades para culminarlo y lograr el título profesional.

Al comparar los factores del actor estudiantes que mayor incidencia tienen en su decisión de abandonar el estudio de ingeniería, con los que se hallaron en las entrevistas en secundaria, se concreta una meta ambiciosa que deberían lograr las instituciones en este nivel, es decir, primero identificar los factores que tienen más desarrollados los estudiantes y estructurar programas de apoyo y asesoría para que los tengan en cuenta al seleccionar una carrera, en este caso, de ingeniería. En la población de secundaria se encontró que, en lo que tiene que ver con habilidades ingenieriles, pensamiento lógico y destrezas matemáticas, los estudiantes demuestran un nivel que los hace buenos candidatos para estudiar ingeniería, pero, por razones que ellos mismos no pueden manejar, se van desilusionando de tomar estas carreras.

5. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Aunque los autores están conscientes del trabajo realizado y del esfuerzo aplicado, quedan algunas cuestiones que podrían limitar los resultados encontrados:

1. Los actores seleccionados no son todos los que intervienen en un proceso formativo. Aquí se trabajó con personas que abandonaron programas de ingeniería como actores directos, y

como actores relacionales a las universidades, los profesores y las empresas. Pero no se involucra a actores como el estado, la familia o el contexto global. La razón es que el objetivo de la investigación es encontrar los factores que influyen en la decisión de abandonar un programa de ingeniería, pero que, como actor directo o relacional, se podría manipular para que los estudiantes nuevos no hagan lo mismo. Es decir, al conocer estos factores se podría implementar una solución para evitar que ellos no los observen como problema para la permanencia en la carrera.

2. Los factores incluidos en la aplicación de las herramientas no son todos los que se identificaron en las investigaciones previas como causa de abandono del proceso formativo. La razón tiene que ver con lo expuesto en el punto anterior, es decir, porque no todos los factores pueden ser manipulados por los actores y, por lo tanto, no se incluyeron en esta investigación.

3. Este estudio es de naturaleza descriptiva, pero se utiliza el análisis multivariado, no para validar el modelo teórico o para identificar las relaciones causales, sino con la idea de refinar el análisis bivariado que se pueda necesitar; pero, fundamentalmente, para encontrar la fuerza relativa de las asociaciones entre los factores definidos y la decisión de abandono, teniendo en cuenta las interrelaciones que, con la aplicación de dicho análisis, no se pueden identificar fácilmente. Además, si bien los resultados multivariados se utilizarán para futuras investigaciones, en este estudio no se aplican para identificar las causas generales de abandono de los estudiantes.

6. CONCLUSIONES

Se realizaron dos investigaciones, por un lado, para encontrar los factores que mayor incidencia tienen en la decisión de los estudiantes de abandonar sus estudios de ingeniería y, por otro lado, para determinar si los estudiantes de secundaria tienen interés de estudiar ingeniería y si han desarrollado las aptitudes necesarias para culminar con éxito estos programas. En la primera se diseñaron tres herramientas: consultas en línea, encuestas a través de correo electrónico y entrevistas personales, que se aplicaron entre 2017 y 2019 a estudiantes de ingeniería de primero, segundo y tercer año de carrera. En la segunda se utilizó entrevistas personales a estudiantes de antepenúltimo, penúltimo y último año de secundaria entre 2017 y 2019.

Luego de analizar la información colectada el equipo concluye que, para lograr que los estudiantes de secundaria decidan tomar carreras de ingeniería y no abandonen tempranamente sus estudios, los actores involucrados se deben concientizar de que pueden manipular estos factores, y desarrollarlos o innovarlos, a partir de que tienen aptitudes para estudiar estos programas. Es decir, las opciones de mejora parten de: 1) la necesidad de estructurar y aplicar reformas curriculares en la secundaria y en la universidad; 2) se requiere profesores más comprometidos y capacitados para impartir los procesos de aprendizaje; y 3) las empresas deben analizar sus ofertas y necesidades laborales, para que los estudiantes de ingeniería sientan que estudiar y obtener un título en esta disciplina es importante y se valora en el medio.

Otra cuestión que se concluye de esta investigación es que las universidades, los medios y el estado necesitan integrarse a la sociedad para mostrar la importancia de la ingeniería y de los ingenieros para el desarrollo de cada país. En la escuela existe capital humano con el potencial para estudiar estas disciplinas y acortar la brecha entre la oferta y la demanda de ingenieros, porque la mayoría de países levantan la voz indicando la falta de estos profesionales. El sistema de educación debe aprovechar el momento para integrar, en la capacitación de los estudiantes de este siglo en la escuela, principios de formación ingenieril y potencializar los factores que estos

estudiantes tienen, por el hecho de pertenecer a una generación que utiliza y conoce los desarrollos tecnológicos de la ingeniería misma. Si a esto se suma el hecho de que en las próximas décadas la sociedad demandará cada vez más estos productos, entonces es el momento para implementar planes de acción con el objetivo de disminuir la deserción en la universidad, a la vez que incrementar el interés por tomar estos programas.

En definitiva, para disminuir la tasa de abandono en los programas de ingeniería se necesita voluntad para aceptar que es un problema grave y que afecta y afectará el desarrollo del mundo en las próximas décadas. La prioridad es identificar los candidatos a estudiar ingeniería desde la secundaria y buscar que no se desilusionen con las diversas realidades que se les presentan durante sus estudios. Si los estudiantes de la década pasada decidieron abandonar los estudios en ingeniería, será bastante difícil que regresen, pero si desde ya se inician planes estructurados para que los estudiantes de esta década decidan estudiarla y terminar satisfactoriamente, se incrementará el número de ingenieros profesionales en el mundo.

REFERENCIAS

[1] Serna E. y Serna A. (2013). Is it in crisis engineering in the world? A literature review. Revista Facultad de Ingeniería 66, 199-208.

[2] Doolen T. y Long M. (2007). Identification of retention levers using a survey of engineering freshman attitudes at Oregon State University. European Journal of Engineering Education 32(6), 721-734.

[3] Tinto V. (1975). Dropout from higher education: A theoretical synthesis of recent research. Review of Educational Research 45, 89-125.

[4] Tinto V. (1993). Leaving college: Rethinking the causes and cures of student attrition. The University of Chicago.

[5] Tinto V. (1998). Colleges as communities: Taking research on student persistence seriously. The Review of Higher Education 21, 167-177.

[6] Yorke M. (1999). Leaving early: Non-completion in higher education. Falmer.

[7] Yorke M. (2000). The quality of the student experience: What can institutions learn from data relating to non-completion? Quality in Higher Education 6(1), 61-75.

[8] French B. et al. (2005). An examination of indicators of engineering students' success and persistence. Journal of Engineering Education 94(4), 419–25.

[9] Nicholls G. et al. (2007). A method for identifying variables for predicting STEM enrollment. Journal of Engineering Education 97(1), 33–44.

[10] Mendez G. et al. (2008). Factors associated with persistence in science and engineering majors: An exploratory study using classification trees and random forests", Journal of Engineering Education 97(1), 57–70.

[11] Matusovich H. et al. (2013). Why do students choose engineering? A qualitative, longitudinal investigation of students' motivational values. Journal of Engineering Education 99(4), 289-303.

[12] Serna E. (2016). Editorial: La internacionalización de la educación como estrategia de calidad. Revista Antioqueña de las Ciencias Computacionales y la Ingeniería de Software 6(1), 5.

[13] Bean J. (1986). Assessing and reducing attrition. New Directions for Higher Education 14(1), 47-61.

[14] Bean J. (1983). The application of a model of turnover in work organizations to the student attrition process. Review of Higher Education 6, 129-148.

[15] Fleming L. y Malone M. (1983). The relationship of student characteristics and student performance in science as viewed by meta-analysis research. Journal of Research in Science Teaching 20(5), 481-495.

[16] Astin A. (1993). What matters in college: Four critical years revisited. Jossey-Bass.

[17] Moller C. y Eide A. (1997). An engineering student retention study. Journal of Engineering Education 86(1), 7-15.

[18] Li Q. et al. (2009). Development of a classification system for engineering student characteristics affecting college enrollment and retention. Journal of Engineering Education 98(4), 361-376.

[19] Cabrera L. et al. (2006). The problem of university dropout. Relieve 12(2), 171-203.

[20] Marra R. et al. (2007). Those that leave – Assessing why students leave engineering. En American Society for Engineering Education Conference. Honolulu, USA.

[21] Rumberger R. et al. (2008). Why students drop out of school: A review of 25 years of research. California Dropout Research Project Report #15.

[22] Marra R. et al. (2012). Leaving engineering: A multi-year single institution study", Journal of Engineering Education 101(1), 6–27.

[23] Chen X. y Soldner M. (2012), STEM Attrition: College students' paths into and out of STEM fields. Statistical Analysis Report.NCES.

[24] Doll J. et al. (2013). Understanding why students drop out of high school, according to their own reports: ¿Are they pushed or pulled, or do they fall out? A comparative analysis of seven nationally representative studies. Sage open 3(4), 1-15.
[25] Geisinger B. y Raman R. (2013). Why they leave: Understanding student attrition from engineering majors. International Journal of Engineering Education 29(4), 914-925.
[26] Meyer M. (2015). Persistence of engineering undergraduates at a public research university. Doctoral Dissertation. Utah State University.
[27] Meyer M. y Marx S. (2014). Engineering Dropouts: A Qualitative Examination of Why Undergraduates Leave Engineering. Journal of Engineering Education 103(4), 525-548.
[28] Bennett C. et al. (2016). Awareness of self and the engineering field: Student motivation, assessment of 'fit' and preparedness for engineering education. En Canadian Engineering Education Association Conference. Halifax, Canada.

14

Los contextos cambiantes del aprendizaje: Desarrollos/descubrimientos en neurocomputación

En este siglo se ha publicado diversos desarrollos y descubrimientos en neurocomputación relacionados con el desarrollo cognitivo, de los cuales se podría extraer aportes para resolver los problemas del sistema de educación tradicional. Este trabajo tiene como objetivo revisar el estado del arte acerca de este tema. Se buscaron y analizaron trabajos en los que se evidencia y experimenta estos desarrollos/descubrimientos, a la vez que se presume como factibles de aprovechar en los procesos de aprendizaje de este siglo. En los hallazgos se pudo determinar que estas formas emergentes desde la neurocomputación, aunque diseñadas para funcionar de acuerdo con la comprensión del cerebro desde las Ciencias Computacionales, todavía no se alinean completamente al objetivo de mejorar el desarrollo cognitivo humano. En todo caso, la investigación posterior se debe orientar a aprovechar las tecnologías inspiradas en el cerebro y a diseñar herramientas orientadas al desarrollo cognitivo, aprovechando, por ejemplo, las lagunas de investigación encontradas en este estudio.

INTRODUCCIÓN

Los desarrollos y descubrimientos de la neurocomputación en este siglo se han convertido en contenidos dominantes en muchos estudios y procesos de investigación. De ahí que temas como el aprendizaje automático, los algoritmos neuronales y la computación cognitiva se buscan ampliamente en la red, en los medios y redes sociales, y en procesos de mercadeo [1]. Pero, aunque estos avances prometen en las próximas décadas innovaciones marcadas en interfaces cerebro-computador, entrenamiento cognitivo y neuro-estimuladores electrónicos de aprendizaje, la educación todavía no puede asumirlos como tabla de salvación para los innumerables y complejos problemas que enfrenta con el desarrollo cognitivo de los estudiantes [2]. Por lo tanto, el sistema de educación no puede promover estas tecnologías digitales inspiradas en la neurocomputación como componentes en los modelos de enseñanza, solamente porque los datos en las investigaciones parecen demostrar que son eficientes y eficaces para el aprendizaje de las máquinas.

El asunto no es tan simple, porque para que estas prácticas, modelos y herramientas se puedan aplicar en un modelo de enseñanza, se necesita nuevas y diferentes formas de análisis [3, 4]. Otra cuestión que hay que analizar son las implicaciones para el aprendizaje de la nueva categoría de estudiantes, porque han desarrollado un estilo de aprendizaje totalmente diferente al de los estudiantes de antes [5], al que el sistema de educación considera establecido para todo el mundo. Por ejemplo, los desarrollos y descubrimientos de la neurocomputación, aunque se pueden entender como tecnologías biosociales y que, de acuerdo con la idea neurocientífica de que el cerebro de los niños de hoy presenta una alta plasticidad, podrían funcionar en educación, la comprensión biológica de esta plasticidad todavía no ofrece bases sólidas como para establecer una línea de acción [6].

Además, la visión del aprendizaje desde la neurocomputación rara vez se establece desde la investigación educativa, especialmente en temas de la vida post-humana, computacional o algorítmica y los reinos de lo humano o lo inhumano [7], donde se superponen la vida biológica y las Ciencias Computacionales [8]. Los estudios en este campo proponen que los aspectos prácticos o mecánicos de la neurocomputación no se deben asimilar automáticamente como fuentes directas para el aprendizaje humano, sino como referentes, pero con implicaciones éticas profundas, amplias y complejas que pueden, potencialmente, llegar a modificar aspectos de los mismos sistemas en los que surgieron [4]. A este respecto, Weinstein y Colebrook [9] afirman que los avances en la vida y las ciencias biológicas y computacionales no solo exigirán el replanteamiento crítico de las imágenes históricas residuales de la biología y la educación, sino que pueden demandar nuevos conceptos y pensamientos acerca de la vida para comprender al ser humano, antes de incluirlos en la práctica educativa.

Uno de estos referentes problemáticos complejos se refiere a tener que determinar el papel de la educación en la sociedad de este siglo, para establecer si los cambios tecnológicos influyen en el aprendizaje [10]. Estos autores exploran la instancia particular de cómo se puede involucrar las nuevas tecnologías en la educación, particularmente, en cómo la neurocomputación y los desarrollos basados en el cerebro se utilizan como tecnologías *biosociales* para diseñar modelos educativos, con base en los descubrimientos acerca de la plasticidad del cerebro, de tal manera que esa comprensión cerebral se oriente a desarrollar un *aprendizaje programado*.

Este asunto no se trata simplemente de adaptar ideas de un campo de investigación en otro, sino de verificar y validar si esos conocimientos, desarrollos y descubrimientos se pueden aprovechar en la investigación educativa. Esto incluye aspectos de la biotecnología [11] para mostrar cómo

los datos y descubrimientos desde la neurocomputación podrían servir para desarrollar aún más los modelos de enseñanza, al mismo tiempo que se reorientan para atender las demandas y expectativas que los estudiantes tienen acerca de su proceso formativo. Porque si bien pueden ser utópicas, el objetivo debe ser la creación de un modelo de enseñanza adaptado a las capacidades de los estudiantes, algo a lo que todavía no presta mucha atención la investigación educativa, aunque desde comienzos de siglo se sabe que el futuro ya está aquí, pero el sistema de educación todavía no lo ha notado [12].

Además, aunque estas prácticas y entornos innovadores generados en la investigación neurocomputacional podrían interrelacionar aspectos sociales, biológicos y computacionales del aprendizaje, lo primero que se debería analizar críticamente es su aporte a la investigación educativa. Este trabajo, generado a partir de un programa de investigación cuyo objetivo es determinar la existencia de un algoritmo de aprendizaje en las nuevas generaciones, proporciona un análisis a los desarrollos/descubrimientos de la neurocomputación relacionados de alguna manera con el aprendizaje. Se trata de una revisión estructurada de la literatura, en la que se evidencie y experimente estos aportes, a la vez que se presumen como factibles de aprovechar en posteriores procesos formativos.

En los hallazgos se pudo determinar que estas formas emergentes desde la neurocomputación, aunque diseñadas para funcionar de acuerdo con la comprensión del cerebro desde las Ciencias Computacionales, todavía no se alinean completamente al objetivo de mejorar el desarrollo cognitivo humano. En todo caso, algunos autores presentan una idea interesante, en la que observan al cerebro/código/espacio como un marco conceptual tecnológicamente mediado.

Al final, el reto que se establece es diseñar ambientes de enseñanza, virtuales y presenciales, en los que se pueda potencializa el aprendizaje y la cognición mediante procesos que funcionan en la investigación neurocomputacional. Además, la investigación posterior en este campo se debe orientar a aprovechar las tecnologías inspiradas en el cerebro y desarrolladas por los *científicos neurocomputacionales*, de tal manera que los *investigadores en educación* puedan diseñar herramientas educativas para optimizar el desarrollo cognitivo en este siglo.

1. MÉTODO

Para realizar la revisión sistemática de la literatura los autores adaptaron la guía práctica de Petticrew y Roberts [13], considerada como un proceso sistemático de revisión cuyo objetivo es reducir el sesgo, probar una hipótesis y responder preguntas de investigación específicas. A continuación, se presenta la adaptación de la guía.

1.1 Paso 1. Definir la pregunta de investigación

El objetivo de este estudio es identificar y analizar los desarrollos/descubrimientos en neurocomputación relacionados con el aprendizaje. Para lograrlo, el equipo de investigadores formuló las siguientes preguntas de investigación: 1) ¿qué desarrollos/descubrimientos se ha publicado en este siglo definiendo la relación neurocomputación-aprendizaje? y 2) ¿se propone en estos trabajos alguna integración con teorías educativas para mejorar procesos cognitivos?

1.2 Paso 2. Reunir un equipo de asesores

La guía sugiere tener un grupo transdisciplinar de especialistas para analizar el campo de estudio desde diferentes perspectivas. En este caso, el equipo lo conforman investigadores que se

desempeñan en el campo de la innovación educativa y las Ciencias Computacionales, con experiencia en análisis de modelos de enseñanza y de aprendizaje; un asesor de la Universidad de Nueva York con investigaciones y experiencia en neurociencia cognitiva; y un asesor del MIT que investiga y analiza la relación entre las Ciencias Computacionales, la Inteligencia Artificial y el aprendizaje en los humanos. Los aportes temáticos desde cada una de estas disciplinas le brindan solidez a los análisis y resultados que se presentan en este trabajo.

1.3 Paso 3. Realizar la búsqueda en la literatura y seleccionar referencias

El equipo decidió seleccionar bases de datos en las que se publicaran trabajos relacionados con el desarrollo y descubrimientos en neurocomputación y aprendizaje. El proceso de búsqueda se realizó en IEEE Explorer, ACM Digital library, ScienceDirect, Springer Journal y Taylor & Francis. En sus motores de búsqueda se utilizó la palabra clave principal *Neurocomputación,* en combinación con *aprendizaje, análisis de aprendizaje, nuevas generaciones, estilo de aprendizaje*, *modelo de enseñanza*, *teorías educativas y desarrollo cognitivo*, con el objetivo de encontrar trabajos relevantes que presentaran resultados en alguna de las combinaciones.

1.4 Paso 4. Evaluar los resultados de acuerdo con los criterios de inclusión/exclusión

La búsqueda se llevó a cabo entre enero y mayo de 2018 y la línea de tiempo establecida fue 2008 en adelante. Estas decisiones se tomaron con base en que la aparición de aportes estructurados en las temáticas de la investigación, relacionados con el aprendizaje, tuvo un auge importante a partir del nuevo siglo, pero los resultados aparecieron finalizando la primera década. Los criterios de inclusión y exclusión definidos para la revisión se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Criterios de inclusión y de exclusión

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Trabajos que describen resultados en, por lo menos, una de las combinaciones establecidas	*Póster*: porque a menudo su alcance es limitado y le faltan detalles que puede llevar a sesgos en el estudio
Publicados de 2008 en adelante	Trabajos en los que el sentido de aplicación de la palabra principal está orientado únicamente al aprendizaje máquina
Documentos en los que se describe visualizaciones como parte de una solución o intervención	Documentos en los que no se incluye el componente de análisis a los resultados
Investigaciones en las que se describe la metodología aplicada y la validación de resultados	Revisiones previas en las que la línea de tiempo se encuentre por fuera de la establecida

1.5 Paso 5. Análisis crítico y extracción de datos

De acuerdo con las preguntas de investigación definidas el análisis se estructuró en dos fases: 1) identificar enfoques, propósitos, contextos y validaciones de los desarrollos/descubrimientos, y las conexiones entre las categorías definidas en las combinaciones de búsqueda; y 2) determinar la forma en que los autores proponen la integración de sus hallazgos a procesos educativos.

1.5.1 Fase uno

El objetivo fue identificar desarrollos/descubrimientos en relación con neurocomputación y aprendizaje, en los que se integre análisis y validaciones de resultados y proyección de uso. Para lograrlo se analizó el contexto de investigación, el contexto educativo de aplicación, la estructura y estrategia de validación, el tipo de desarrollo o descubrimiento y el propósito inicial de la investigación. Asimismo, se comparó el volumen de publicaciones encontrado entre las diferentes combinaciones, con el objetivo de identificar posibles relaciones entre ellas.

1.5.2 Fase dos

Al analizar cómo se propone la integración de los hallazgos con los procesos educativos se encontraron diversos enfoques y desafíos [14, 15]. Este proceso es complejo e integra varios componentes que se deben considerar, tales como interacción del equipo, interés de los estudiantes, modelos de enseñanza, estilos de aprendizaje y herramientas didácticas. Además, en determinados escenarios de enseñanza-aprendizaje algunos componentes pueden funcionar mejor que otros [16]. Por lo tanto, hay que tener cuidado con resultados que se presentan basados en puntajes otorgados en procesos de validación no-estructurados, porque pueden generar desviaciones en el análisis.

Para este trabajo el interés de los investigadores se centró en identificar cómo se integran los desarrollos/descubrimientos con las teorías educativas. Además, que los sistemas analíticos de logro del aprendizaje estuvieran validados mediante prácticas y teorías educativas, para que los profesores y los estudiantes los puedan utilizar para enriquecer sus modelos de enseñanza [17-19]. En este sentido y con el objetivo de caracterizar los resultados de la revisión, el equipo decidió adaptar el sistema de valoración basado en tres dimensiones (Tabla 2) propuesto por Vieira y sus colegas [20].

Tabla 2. Sistema de valoración utilizado para caracterizar los trabajos

Dimensión	Valoración			
	1-2	3-5	6-8	9-10
1. Conexión con el acervo educativo existente	No conecta teorías, directrices o principios educativos previos	Menciona, sin discutirlo, alguna teoría, directriz o principio educativo, o analiza los hallazgos utilizando alguna existente en la literatura	Discute literatura relevante en el área y/o integra teorías, directrices o principios educativos, y/o discute los hallazgos utilizando literatura previa	Analiza críticamente la literatura relevante y se toman decisiones informadas para realizar la integración, y analiza los hallazgos utilizando literatura reciente
2. Vínculo con teorías educativas	No vincula ninguna teoría educativa	Describe brevemente alguna teoría educativa, sin integrarla en el trabajo, o discute los resultados con base en esa teoría	Involucra en la discusión o utiliza alguna teoría educativa, o discute los resultados con base en esa teoría	Aborda el análisis crítico de una teoría educativa, la integra a los hallazgos y analiza los resultados con base en ella
3. relación total con teorías educativas	No se relaciona con ninguna teoría educativa	Involucra una o dos teorías educativas múltiples, conectadas, multinivel, interactivas o novedosas	Incluye tres o cuatro teorías educativas múltiples, conectadas, multinivel, interactivas o novedosas	La teoría educativa integrada es múltiple, conectada, multinivel, interactiva y novedosa

Con el objetivo de comprender el análisis crítico de la integración, la precisión de la conexión y el análisis y discusión de los hallazgos a la luz de la teoría educativa, para las dos primeras dimensiones se consideró la integración completa del desarrollo/descubrimiento en neurocomputación con las teorías educativas existentes. Para la tercera dimensión se tomaron propuestas en las que se identifica un nivel de consenso acerca de la efectividad de la integración. Se espera que, en los resultados reportados y definidos como herramientas integrables a los procesos educativos, se evidencie que los hallazgos se pueden validar desde el punto de vista de las teorías educativas.

Por lo tanto, para esta dimensión se considera los siguientes factores en el proceso de puntuación: 1) si se utilizó una o varias teorías, 2) si estas teorías se interconectan entre sí, 3) si la integración permite análisis multinivel, 4) si la integración es interactiva, inmersiva y en tiempo real, y 5) si la herramienta utilizada es novedosa. En todo caso, el objetivo de la valoración no fue evaluar la

calidad de los trabajos, sino encontrar elementos para realizar un análisis eficaz del aporte a la luz de la investigación en la que se enmarca. Además, de esta manera es fácil identificar lagunas en el estado del arte y proponer procesos de investigación que ayuden a desarrollar el área.

Esto se sustenta en la hipótesis que plantea el equipo de investigación, en el sentido de que existe dos líneas de desarrollo independientes en la integración de la neurocomputación y los procesos educativos. Por un lado, los *científicos neurocomputacionales*, que desarrollan procesos sofisticados y que proporcionan información para las teorías educativas, aunque no se evidencia una profunda interacción con ellas para darles sentido a sus descubrimientos y ampliar el cuerpo de conocimiento. Por otro lado, los *investigadores en educación*, dedicados a explorar las teorías y fenómenos educativos, pero que a menudo sus procesos son simples en relación con los que utilizan los científicos. Esta hipótesis se respalda en los aportes de diversos autores que defienden una mayor integración entre ambos universos [21-23].

Además, con el objetivo de realizar un análisis comparativo a la fiabilidad de la muestra seleccionada, el equipo distribuyó aleatoriamente los trabajos para calificarlos independientemente. Como estrategia se reunieron varias veces para analizar las valoraciones otorgadas y, en los desacuerdos, se evaluaron los análisis individuales hasta llegar a consensos de equipo. Cuando no se logra acuerdo se refina el sistema de valoración y se realiza rondas adicionales de evaluación a la confiabilidad.

2. RESULTADOS

La búsqueda arrojó una muestra inicial de 118 trabajos, que se examinaron aplicando los criterios de la Tabla 1. El resultando fue una muestra final de 48 documentos que cumplen los criterios de la metodología de investigación y que sirven de base para encontrar respuesta a las preguntas formuladas en el estudio.

2.1 Desarrollos/descubrimientos que relacionan neurocomputación y aprendizaje

Para definir este hallazgo se analizó el contexto de investigación, el contexto educativo de aplicación proyectada, la estructura y estrategia de validación, el tipo de desarrollo o descubrimiento y el propósito inicial de la investigación. Asimismo, se comparó el volumen de publicaciones entre las diferentes combinaciones, con el objetivo de identificar posibles relaciones entre ellas. Se revisaron todos los trabajos seleccionados con el objetivo de encontrar las características de la primera fase de investigación.

- Se identificaron cinco contextos de desarrollo de las investigaciones:

  1. *Representaciones mentales*: [24-31].
  2. *Conocimiento basado en neurocomputación*: [32-37].
  3. *Computación cognitiva*: [10, 14, 38-48].
  4. *Estudios computacionales de investigación en neurociencia*: [49-60].
  5. *Algoritmia cognitiva*: Gallistel y King, 2010; Modha et al., 2011; Boyce y Hancock, 2012; Eliasmith, 2013; Piccinini y Bahar, 2013; Anderson, 2014.

- Se descubrió que algunos de estos desarrollos/descubrimientos se pueden proyectar en contextos educativos multidimensionales diversos, tales como: 1) *la escuela tradicional* [38, 61],

2) *los ambientes ubicuos* [28, 62], 3) *la educación virtual* [14, 48, 63], y 4) *el aprendizaje basado en retos* [39, 47, 56].

- En cuanto a la estructura y estrategia de validación del desarrollo/descubrimiento se identificaron algunas tradicionales, tales como el *análisis comparativo con resultados en investigaciones similares* [25, 56], pero también se utiliza algunas innovadoras, tales como la *validación por pares* [42], la *experimentación informada* [27, 30], la *simulación computacional* [14, 38, 52, 54] y *la inteligencia artificial* como marco neurocomputacional [35, 63].

- La clasificación acerca del tipo de desarrollo/descubrimiento se realizó con base en la descripción que presentan los autores, pero cuando no se pudo identificar directamente se recurrió al análisis comparativo de la trayectoria del autor y sus aportes precedentes. Como resultado se encontraron los siguientes tipos:

  - *Modelos*: [24, 25, 26, 28, 29-31, 40, 44, 64]
  - *Marcos de trabajo o de aplicación*: [14, 35, 37, 54, 43].
  - *Redes neuronales*: [32-36, 45, 63, 65].
  - *Teóricos*: [24, 26, 32, 33, 53, 61].
  - *Algorítmicos*: [58, 61, 62, 64, 66-68].

- Para el equipo de trabajo es importante determinar el propósito inicial de las investigaciones, porque de esta manera puede involucrar los resultados en el desarrollo del proceso investigativo, que lleva acabo para determinar la existencia de un algoritmo de aprendizaje en las nuevas generaciones. Por lo tanto, era relevante identificar los trabajos cuyo objetivo inicial fuera trabajar en la búsqueda, definición, estructuración o demostración del aprendizaje programado. En el análisis a los resultados se encontró que el 38% de las investigaciones se enmarcan en este contexto, el 19% a aportes teóricos, el 23% a determinar representaciones mentales del aprendizaje y el otro 20% a realizar estudios de relación entre neurociencia y neurocomputación.

2.2 Integración de los desarrollos/descubrimientos con teorías educativas

El análisis consistió en encontrar la relación que presenta cada trabajo con las teorías educativas y valorarla desde las dimensiones de la Tabla 2. Los resultados demuestran que, aunque existe por lo menos un estudio con valoración alta en alguna de las dimensiones (entre 9 y 10), no fue posible hallar trabajos valorados igualmente en todas ellas. Para realizar un análisis con sentido de proyección a la utilidad del aporte, el equipo decidió triangular la información acerca del tipo de desarrollo o descubrimiento, con las dimensiones definidas en la Tabla 2, promediando la valoración de la relación identificada en cada uno con las teorías educativas. Los resultados se muestran la Figura 1.

Se aprecia que el tipo *teórico* tiene mayor valoración promedio que los demás, mientras que la menor se otorgó al tipo *redes neuronales*. Desde el punto de vista del proceso investigativo en el que se involucra este estudio, es positivo que el tipo *algorítmico* obtenga una valoración promedio 3-4 en las dimensiones, porque sirve de base para continuar con la demostración de la hipótesis de que los estudiantes de la nueva generación han desarrollado un nuevo algoritmo en su estilo de aprendizaje. En este sentido, estos desarrollos/descubrimientos se podrán aprovechar para experimentar con los grupos en el trabajo de campo de la investigación continuada. De todas maneras, a estos resultados se debe sumar los que obtengan los otros integrantes del equipo de

trabajo, cuyo objetivo es analizar estas mismas relaciones desde el punto de vista de los trabajos en las áreas de la neurociencia y la neurocognición.

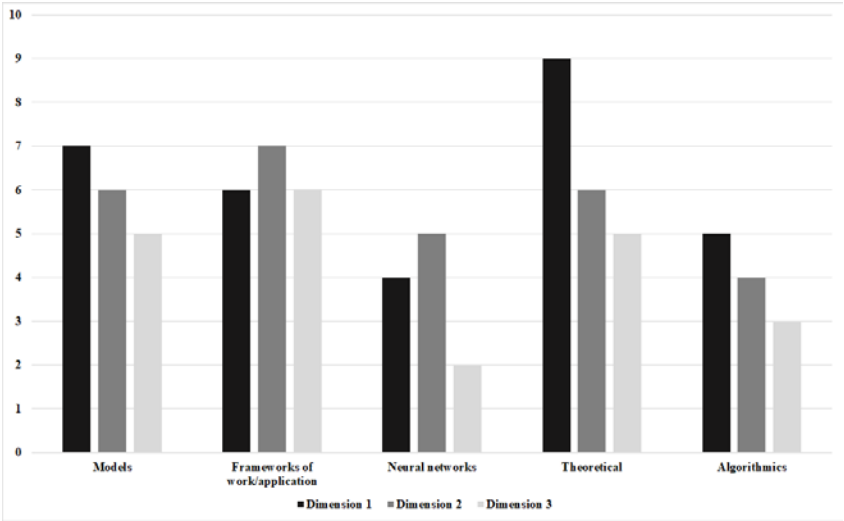


Figura 1. Valoración promedio a la integración de los tipos con las teorías educativas

En la Tabla 3 se detalla los trabajos, ubicados de acuerdo con la valoración promedio obtenida en cuanto a su integración con las teorías educativas, desde las dimensiones propuestas en la metodología.

Tabla 3. Valoración de los trabajos en las dimensiones establecidas

Dimensión	Trabajos			
	1-2	3-5	6-8	9-10
1	[27, 28, 29, 58, 63]	[14, 24, 53, 61, 64, 65]	[25, 26, 58]	[61]
2	[36, 37, 40, 44, 68]	[33-35, 62, 64]	[24]	
3	[30, 32, 33, 54, 67]	[26, 32, 43, 45, 66]		

3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Aunque la muestra final de la revisión en la primera fase quedó conformada por 48 trabajos, en los que se describe desarrollos o descubrimientos en neurocomputación y se menciona alguna relación con el desarrollo cognitivo, solamente en tres de ellos se pudo identificar una descripción de uso o experimentación en este sentido: Gliozzo et al. [45], Falotico et al. [63] y Ahn et al. [59]. Un resultado que se esperaba debido a que el trabajo de los *científicos neurocomputacionales* tiene, en la mayoría de ocasiones, una dirección diferente a la de los *investigadores en educación*. Sin embargo, refleja una oportunidad para que estos últimos exploren el uso de los desarrollos/descubrimientos en neurocomputación en sus contextos de investigación, con el beneficio de que en sus ambientes de experimentación tiene más control que un laboratorio.

Además, los datos demográficos que permiten respaldar cada desarrollo/descubrimiento son más fáciles de recolectar y analizar para los investigadores en educación, porque tienen a su disposición las contribuciones de los estudiantes y la información de las interacciones ubicuas, que pueden aislar de variables que para el trabajo en laboratorio podrían ser relevantes, pero no en las actividades de aula. Otra ventaja para ellos es que tienen dominio visual de la experimentación para el análisis de resultados y pueden operar con múltiples fuentes de datos, una oportunidad que podrían aprovechar al trabajar en el desarrollo cognitivo [69].

Lockyer et al. [23] afirman que el análisis y la validación de la integración de cualquier desarrollo a los procesos educativos, se puede orientar desde un análisis a los puntos de control y/o un

análisis al proceso en su totalidad. El primero tiene que ver con el uso que se le puede dar a los desarrollos/descubrimientos en un entorno de aprendizaje, y el segundo a las acciones que podrían realizar las personas para completar una tarea de aprendizaje utilizando esos aportes.

En el análisis a los resultados de esta investigación se encontró que la mayoría de los autores (81%) aplica el análisis al proceso en su trabajo. Aunque ambos enfoques son útiles en ambientes de estudio, los investigadores en educación obtienen mayor información al aplicar el análisis de puntos de control, porque su trabajo tiene un carácter orientado a la validación en el sitio. Por el contrario, para los científicos neurocomputacionales es más relevante analizar el proceso completo, porque su objetivo es validar los resultados mediante proyecciones y simulaciones por computador, debido a que pueden utilizar datos no invasivos para ir más allá del producto que esperan desarrollar.

Otro hallazgo en el análisis a los resultados es que los desarrollos/descubrimientos en neurocomputación, relacionados con el aprendizaje, utilizan herramientas de análisis específicas para científicos neurocomputacionales y no tanto para investigadores en educación. Algo que, de acuerdo con la muestra seleccionada, es comprensible, porque muchos de los autores trabajan en ambientes colaborativos con otros científicos y necesitan establecer un marco de comunicación común. Sin embargo, los investigadores en educación tienen la oportunidad de aprovechar herramientas propias, producto de su experiencia, para validar la integración del desarrollo/descubrimiento en los procesos de aprendizaje. De esta manera obtienen información diferente que podrían intercambiar con los científicos para que la integren en sus validaciones. Este proceso de intercambio enriquecería el área de investigación y ayudaría a cerrar las diferentes brechas que existe en el trabajo de unos y otros, proporcionando otra oportunidad de investigación conjunta para integrar los resultados desde ambas partes. Pero este trabajo se debe desarrollar con cautela para evitar que su validación tenga efectos negativos en la motivación del sujeto que aprende, porque una cosa es trabajar con máquinas y otra muy diferente es hacerlo con humanos.

Por otro lado, los investigadores en educación esperan que los desarrollos/descubrimientos en neurocomputación les permitan innovar los modelos de enseñanza para la educación expandida, a la vez que potencializar las características de entornos tales como el aprendizaje ubicuo y el aprendizaje basado en retos. Pero, de acuerdo con los trabajos analizados en este estudio, las estrategias de trabajo y los objetivos de investigación de los científicos neurocomputacionales en este campo todavía están muy lejanos de satisfacerlos. Sus técnicas son específicas y sus metas son de carácter muy general, es decir, todavía no vislumbran un aporte exclusivamente para el desarrollo cognitivo. Algunos están orientados a ayudar a corregir problemas cerebrales y otros a remediar enfermedades cerebrales puntuales, por lo que sus aportes no tienen la cobertura que necesitaría un investigador en educación.

En cuanto a la segunda fase de la investigación, cuyo objetivo fue encontrar la manera en que se integran los desarrollos/descubrimientos en neurocomputación con los procesos educativos, se determinó la existencia de lagunas entre el trabajo de los científicos neurocomputacionales y los investigadores en educación. Como se aprecia en la Figura 1, existe algunos estudios evaluados con puntuaciones altas en alguna de las dimensiones de la Tabla 2, pero no se evidencia ninguno evaluado de igual manera para todas ellas. En general, los desarrollos/descubrimientos de tipo algorítmico y los de redes neuronales fueron los valorados con menor puntuación en todas las dimensiones, debido a que el objetivo de estos trabajos está más orientado a encontrar principios y teorías con aplicación en la Inteligencia Artificial [70].

Los estudios de Ludwig y Schneider [25], Goel y Rugaber [26], Williamson [31], Ludvig et al. [24] y Gallistel y King [61] fueron los mejor evaluados en el análisis, porque incluyen elementos en los que se evidencia la integración de las características de las dimensiones: discuten literatura relevante en educación, integran principios educativos, discuten resultados con base en alguna teoría educativa o analizan los hallazgos utilizando literatura reciente en educación. Sin embargo, ninguno involucra teorías educativas múltiples, ni presenta un análisis crítico a alguna de ellas. Por lo tanto, se identifica una laguna de investigación en esta área, que debería ser abordada por los investigadores en educación. En la Figura 2 se muestra la distribución de la valoración a los trabajos en relación con su integración a las dimensiones definidas.

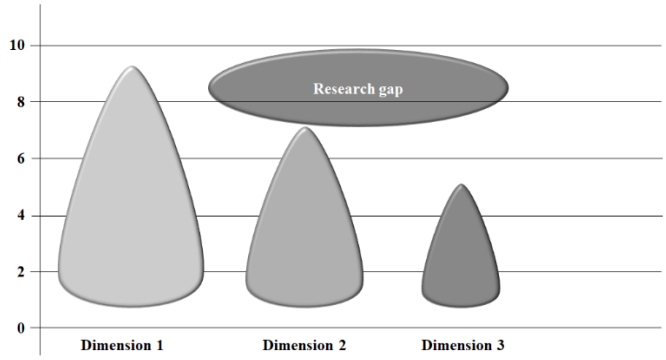


Figura 2. Distribución de la valoración en las dimensiones

En este caso se aprecia una brecha de investigación que podrían atender los investigadores en educación, trabajando con los científicos neurocomputacionales y aprovechando los resultados que cada uno ha validado por separado. Los resultados de esta integración podrían arrojar derivaciones más alentadoras acerca de la integración de los desarrollos/descubrimientos en neurocomputación con los procesos cognitivos, de tal manera que sirvan para innovar los procesos y teorías educativos en beneficio del sistema de educación.

4. CONCLUSIONES Y LIMITACIONES

La relación entre la neurocomputación y el desarrollo cognitivo es un campo de investigación que surge como una oportunidad para integrar el trabajo de los científicos neurocomputacionales y el de los investigadores en educación, proporcionando ideas y experimentos en los que se compartan grandes cantidades de datos. Este estudio presenta los resultados de una revisión de la literatura cuyos objetivos fueron: 1) identificar los desarrollos/descubrimientos que definen alguna relación entre neurocomputación y aprendizaje, y 2) determinar si proponen alguna integración con teorías educativas.

La principal limitación de esta investigación es la misma de toda revisión estructurada de la literatura, es decir, la delimitación de las fuentes de consulta, porque la selección de los trabajos para la muestra puede sesgar los hallazgos del estudio. Aunque las bases de datos seleccionadas tienen relevancia y son reconocidas por publicar trabajos en las áreas definidas en la investigación, pueden presentar falencias por ser multidisciplinares. Esto se podría reflejar en la falta de evaluaciones más profundas, en lo que tiene que ver con los resultados publicados en la relación neurocomputación-aprendizaje de los trabajos. Pero una de las fortalezas del estudio fue la inclusión de asesore temáticos en las áreas específicas, que no pertenecen al grupo de trabajo, lo que ofrece mayor credibilidad e imparcialidad en sus análisis y evaluaciones.

Para el equipo de investigadores estos resultados se convierten en fuente primaria para continuar con el desarrollo del proceso de investigación, cuya meta es validar o negar la existencia de un

algoritmo de aprendizaje en las nuevas generaciones. De la misma manera, se espera que la identificación de las brechas en la investigación de la relación neurocomputación-aprendizaje motive a los investigadores en educación a establecer alianzas con los científicos neurocomputacionales, para iniciar trabajos transdisciplinares en la intersección del aprendizaje máquina y el aprendizaje humano, que propicie nuevos desarrollos e innovaciones en metodologías, didácticas y planes de estudios para atender las demandas y necesidades de la nueva categoría de estudiantes.

REFERENCIAS

[1] Rose N. et al. (2016). Future computing and robotics: A foresight report from the human brain project lab. King's College London.

[2] Ienca M. y Andorno R. (2017). Towards new human rights in the age of neuroscience and neurotechnology. Life Sciences, Society & Policy 13(5), 1–27.

[3] Meloni M. et al. (2016). The biosocial: Sociological themes and issues. Sociological Review Monograph Series: Biosocial Matters: Rethinking Sociology-Biology Relations in the Twenty-First Century 64(1), 7–25.

[4] Youdell D. (2016). A biosocial education future? Research in Education 96(1), 52–61.

[5] Kirschner P. y van Merriënboer J. (2013). Do learners really know best? Urban legends in education. Educational Psychologist 48(3), 169-183.

[6] Wilson y Korn J. (2017). Attention during lectures: Beyond ten minutes. Teaching of Psychology 34(2), 85-89.

[7] Acevedo E. et al. (2017). Principios y características de las redes neuronales artificiales. En Serna E. (Ed.), Desarrollo e Innovación en Ingeniería. Editorial Instituto Antioqueño de Investigación.

[8] Pedersen H. (2010). Is 'the posthuman' educable? On the convergence of educational philosophy, animal studies, and posthumanist theory. Discourse: Studies in the Cultural Politics of Education 31, 237–250.

[9] Weinstein J. y Colebrook C. (2017). Introduction: Critical life studies and the problems of inhuman ties and posthumous life. En Weinstein J. y Colebrook C. (Eds.), Posthumous life: Theorizing beyond the posthuman. Columbia University Press.

[10] Williamson B. et al. (2018). Biosocial spaces and neurocomputational governance: Brain-based and brain-targeted technologies in education. Discourse: Studies in the cultural politics of education 39(2), 258–275.

[11] De Freitas E. y Sinclair N. (2014). Mathematics and the body: Material entanglements in the classroom. Cambridge University Press.

[12] Chatterton T. y Newmarch G. (2017). The future is already here – It's just not evenly distributed. Interactions 24(2), 42-45.

[13] Petticrew M. y Roberts H. (2008). Systematic reviews in the social sciences: A practical guide. Wiley.

[14] Boqvist S. (2011). A neurocomputational perspective on behavioral economics: A study of emotional processes. Master of Science Thesis. KTH Royal Institute of Technology.

[15] Tsetsos K. (2008). Contrasting neurocomputational models of value-based decision making. Master of Research Thesis. University of London.

[16] Lockwood P. et al. (2016). Neurocomputational mechanisms of prosocial learning and links to empathy. PNAS 113(3), 9763-9768.

[17] Dawson S. (2010). 'Seeing' the learning community: An exploration of the development of a resource for monitoring online student networking. British Journal of Educational Technology 41(5), 736–752.

[18] Hillaire G. et al. (2016). Prototyping visual learning analytics guided by an educational theory informed goal. Journal of Learning Analytics 3(3), 115–142.

[19] Wang M. y Jacobson M. (2011). Guest editorial - Knowledge visualization for learning and knowledge management. Journal of Educational Technology & Society 14(3), 1–3.

[20] Vieira C. et al. (2018). Visual learning analytics of educational data: A systematic literature review and research agenda. Computers & Education 122, 119–135.

[21] Dawson S. et al. (2010). Harnessing ICT potential: The adoption and analysis of ICT systems for enhancing the student learning experience. International Journal of Educational Management 24(2), 116-128.

[22] Gašević D. et al. (2015). Let's not forget: Learning analytics are about learning. TechTrends 59(1), 64-71.

[23] Lockyer L. et al. (2013). Informing pedagogical action: Aligning learning analytics with learning design. American Behavioral Scientist 57(10), 1439-1459.

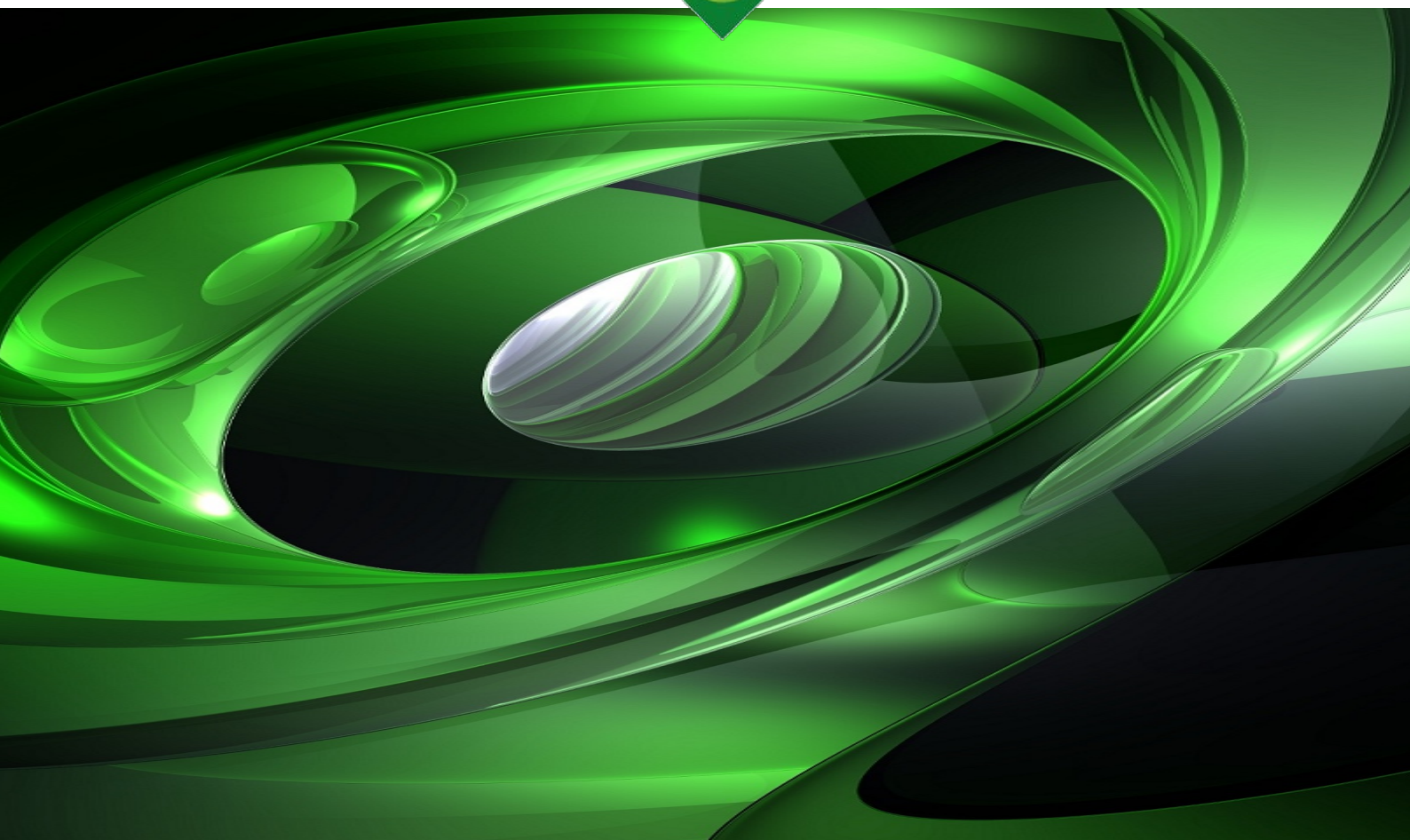
[24] Ludvig E. et al. (2011). A primer on reinforcement learning in the brain: Psychological, computational, and neural perspectives. En Alonso A. y Mondragón E. (Eds.), Computational neuroscience for advancing artificial intelligence: Models, methods and applications. Medical Information Science Reference.

[25] Ludwig K. y Schneider S. (2008). Fodor's challenge to the Classical Computational Theory of Mind. Mind & Language 23(1), 123–143.

[26] Goel A. y Rugaber S. (2015). Interactive meta-reasoning: Towards a CAD-Like environment for designing game-playing agents. En Besold T. et al. (Eds.), Computational creativity research: Towards creative machines. Atlantis Press.
[27] Horst S. (2011). Symbols, computation, and intentionality: A critique of the Computational Theory of Mind. Wesleyan University.
[28] Knott A. (2014). Neurocomputational models of natural language. En Kasabov N. (Ed.), Springer Handbook of Bio-/Neuroinformatics. Springer.
[29] Mandik P. (2014). This is philosophy of mind - An introduction. Willey.
[30] Twomey K. y Westermann G. (2017). Curiosity-based learning in infants: A neurocomputational approach. Wiley
[31] Williamson B. (2017). Big Data in Education: The digital future of learning, policy and practice. SAGE.
[32] Asghari M. Hu H. (2011). Using myoelectric signals to manipulate assisting robots and rehabilitation devices. En Alonso A. y Mondragón E. (Eds.), Computational neuroscience for advancing artificial intelligence: Models, methods and applications. Medical Information Science Reference.
[33] Banda H. (2014). Inteligencia Artificial - Principios y aplicaciones. Escuela Politécnica Nacional.
[34] Guo Y. et al. (2016). Deep learning for visual understanding: A review. Neurocomputing 187(26), 27-48.
[35] Kolman E. y Margaliot M. (2009). Knowledge-Based Neurocomputing: A fuzzy logic approach. Springer.
[36] Pona N. (2015). Computational theory of consciousness. En Seminar in Artificial Intelligence. Wien.
[37] Tripathi B. (2015). High dimensional neurocomputing - Growth, appraisal and applications. Springer.
[38] Cattinelli I. (2010). Investigations on cognitive computation and computational cognition. Tesi di dottorato di ricerca. Universita Degli Studi di Milano.
[39] Wang Y. (2009). On cognitive computing. International Journal of Software Science and Computational Intelligence 1(3), 1-15.
[40] Daw D. (2012). Model-based reinforcement learning as cognitive search: Neurocomputational theories. En Todd P. et al. (Eds.), Cognitive Search: Evolution, algorithms, and the brain. MIT Press.
[41] Rhodes A. (2011). The case against Computational Theory of the Mind: A refutation of mathematically-contingent weak A.I. Portland State University.
[42] Varshney L. et al. (2013). Cognition as a part of computational creativity. En 12th IEEE International Conference on Cognitive Informatics & Cognitive Computing. New York, USA.
[43] Garrett M. (2014). Big Data analytics and Cognitive Computing – Future opportunities for astronomical research. Materials Science and Engineering 67(1).
[44] XiaoLan F. et al. (2014). A computational cognition model of perception, memory, and judgment. Science China 57, 4:1-4:15.
[45] 5zo A. et al. (2017). Building cognitive applications with IBM Watson services: Volume 1 getting started. International Technical Support Organization.
[46] Cognizant. (2017). Cognitive Computing: The next stage in human/machine coevolution. Digital Systems & Technology.
[47] van Wyk J. (2017). Mitigating significant risks pertaining to the implementation of Cognitive Computing. Thesis for the degree of Master. Stellenbosch University.
[48] Chen M. et al. (2018). Edge Cognitive Computing based Smart Healthcare System. Future Generation Computer Systems 86, 403-411.
[49] Fan N. et al. (2010). Recent advances of data biclustering with application in computational neuroscience. En Chaovalitwongse W. et al. (Eds.), Computational Neuroscience. Sage.
[50] Shagrir O. (2010). Marr on computational-level theories. Philosophy of Science 77(4), 477-500.
[51] Ermentrout G. y Terman D. (2010). Mathematical foundations of neuroscience. Springer.
[52] Wiecki T. y Frank M. (2010). Neurocomputational models of motor and cognitive deficits in Parkinson's disease. En Bjorklund A. y Cenci M. (Eds.), Progress in Brain Research 183. Elsevier.
[53] Crook S. et al. (2013). Learning from the past: Approaches for reproducibility in computational neuroscience. En Bower J. (Ed.), 20 Years of computational neuroscience. Springer.
[54] Maia T. y McClelland J. (2012). A neurocomputational approach to obsessive-compulsive disorder. Trends in Cognitive Sciences 16(1), 14-15.
[55] Lytton W. y Kerr C. (2013). Computational neuroscience of synapses and neurons. En Pfaff D. (Ed.), Neuroscience in the 21st Century. Springer.
[56] Rescorla M. (2015). The computational theory of mind. Stanford Encyclopedia of Philosophy.
[57] Lawrence N. (2017). Living Together: Mind and machine intelligence. arXiv:1705.07996v1.
[58] Williamson B. (2017). Computing brains: Learning algorithms and neurocomputation in the smart city. Information, communication & society 20(1), 81–99.
[59] Ahn W. et al. (2017). Revealing neurocomputational mechanisms of reinforcement learning and decision-making with the hBayesDM package. Computational Psychiatry 1, 24-57.
[60] Ahmad R. et al. (2018). Creativity tests versus cognitive computing: How automated personality mining tools can enhance team composition. En 51st Hawaii International Conference on System Sciences. Waikoloa, USA.

[61] Gallistel C. y King A. (2010). Memory and the Computational Brain - Why Cognitive Science will transform Neuroscience. Willey.
[62] Modha D. et al. (2011). Cognitive Computing. Communications of the ACM 54(8), 62-71,
[63] Falotico E. et al. (2017). Connecting artificial brains to robots in a comprehensive simulation framework: The neurorobotics platform. Frontier in Neurorobotics 11, Article 2.
[64] Anderson B. (2014). Computational neuroscience and cognitive modelling. SAGE.
[65] van Rossum M. (2017). Neural Computation. Lecture Notes for the MSc module.
[66] Boyce M. y Hancock P. (2012). The interpenetration of mind and machine. En 56th annual meeting of the Human Factors and Ergonomics Society. Boston, USA.
[67] Eliasmith C. (2013). How to build a brain - A neural architecture for biological cognition. Oxford University Press.
[68] Piccinini G. y Bahar S. (2013). Neural Computation and the Computational Theory of Cognition. Cognitive Science 34, 453–488.
[69] Serna E. (2015). La capacidad lógico interpretativa y abstractiva. Fondo Editorial ITM.
[70] Serna A. et al. (2017). Principios de la Inteligencia Artificial en las Ciencias Computacionales. En Serna E. (Ed.), Desarrollo e Innovación en Ingeniería. Editorial Instituto Antioqueño de Investigación.

Educación Siglo XXI

Este libro es producto del programa de *Investigación en Innovación Educativa*, que patrocina el Instituto Antioqueño de Investigación y que desarrolla el grupo de investigación Universus. Está estructurado por capítulos que los investigadores han ido editando a medida que progresan en el programa. Cada uno se enfoca en alguno de los aspectos que se debería incluir en una agenda de trabajo orientada a revolucionar el sistema de educación. El lector podrá darse cuenta de que el contenido se relaciona de forma incremental, partiendo desde algunas conceptualizaciones, luego se presenta recomendaciones para el cambio y se finaliza describiendo los resultados de su aplicación experimental.

Editorial Instituto Antioqueño de Investigación
Medellín – Antioquia
2021