

Modelo dinámico del aprendizaje activo

The Dynamic Model of Active Learning

Adriana Castillo Rosas
Luis Gustavo Cabral Rosetti

RESUMEN

El Modelo Dinámico de Aprendizaje Activo (MoDAA) es una propuesta de adaptación metodológica fundamentada en teorías constructivistas en su vertiente cognitiva: la teoría piagetiana del conocimiento y la teoría de la asimilación de David Ausubel; además como teorías sustantivas las propuestas por Endel Tulving y Schwartz y Pollishuke sobre sistemas de memoria y aprendizaje activo, respectivamente. MoDAA tiene como antecedente la experiencia exploratoria realizada y reportada en México en el año 2020, en un programa de formación docente en educación superior enfocado al desarrollo de habilidades para el uso adecuado de las estrategias de aprendizaje activo. Los hallazgos de ese ejercicio se clasificaron en dos dimensiones, una centrada en la aplicación técnica de MoDAA evidenciada en los materiales instruccionales que los docentes diseñaron, adecuados para su contexto académico y profesional, y como segunda dimensión el desarrollo de un sentido pedagógico, hecho que pudo constatar en las diferentes sesiones grupales en las que los docentes manifestaron haber cobrado conciencia de la complejidad que representa la formación de sus futuros profesionistas, resignificando su propia práctica pedagógica. Con base en lo anterior, la finalidad del presente ensayo es describir a detalle el MoDAA con la finalidad de que se convierta en una posibilidad metodológica coadyuvante a la construcción de puentes claros y accesibles entre la teoría psico-pedagógica del aprendizaje activo y las diferentes áreas de conocimiento. Se trata de un modelo que desarticula los niveles de abstracción por los que atraviesa la conceptualización con la intención de contextualizarlos facilitando su apropiación.

Palabras clave: Aprendizaje activo, formación profesional, metodología de la enseñanza, modelo cognitivo.

ABSTRACT

The Dynamic Model of Active Learning (DMoAL) is a methodological adaptation proposal based on constructivist theories in its cognitive aspect: Piagetian Theory of Knowledge, David Ausubel's Theory of Assimilation, Memory Systems by Endel Tulving and Active Learning by Schwartz and Pollishuke. DMoAL has its antecedent in the exploratory experience carried out and reported in Mexico in 2020, in a teacher training program in higher education focused on the development of skills for the proper use of active learning strategies. The findings of this exercise were classified into two dimensions, one focused on the technical application of MoDAA evidenced in the instructional materials that teachers designed, suitable for their academic and professional context, and, as a second dimension, the development of a pedagogical sense, a fact that could be verified in the different group sessions in which the teachers stated that they had become aware of the complexity that the training of their future professionals represents, resignifying their own pedagogical practice. DMoAL is a proposal that contributes to the construction of clear and accessible bridges between the psychopedagogical theory of active learning and the different areas of knowledge. It is a model that considers the levels of abstraction that conceptualization goes through with the intention of contextualizing them, facilitating their appropriation.

Keywords: Active learning, vocational training, teaching methodology, cognitive model.

INTRODUCCIÓN

Uno de los retos más importantes que se presentan tradicionalmente en la operación curricular de las instituciones de educación superior es la habilitación de los docentes en el uso correcto de las múltiples estrategias de enseñanza, aprendizaje y evaluación. La dificultad velada radica en que la mayoría de los docentes son profesionales de áreas disciplinarias diversas, afines a los programas educativos en donde se insertan, pero sin formación sólida en educación. Por tal motivo, surge como una imperiosa necesidad la construcción de puentes claros y accesibles entre la teoría psico-pedagógica y las diferentes áreas de conocimiento.

Aunado a ese contexto, la tendencia educativa internacional desde inicios del siglo XXI se enfoca en trascender del currículo centrado en la enseñanza a uno centrado en el aprendizaje (Díaz, 2005, 2013), meta que implica un cambio de paradigma sobre la concepción y rol de los diferentes actores educativos, además de la visualización más integral y sistémica del diseño de escenarios de aprendizaje. Una propuesta viable, accesible y empleable son las estrategias de aprendizaje activo que ya se encuentran prácticamente presentes en todos los espacios formativos profesionales, nos referimos al *método de casos de aprendizaje*, al *aprendizaje basado en problemas* y al *aprendizaje operado por proyectos*. Sin embargo, difícilmente se emplean correctamente por las técnicas de evaluación tradicionalmente empleadas, mismas que orillan a los estudiantes a centrarse en el resultado más que en su propio proceso transformador orientado hacia la construcción de conocimiento.

El correcto uso de estas estrategias por parte del docente, independientemente del área de conocimiento en donde participe, implica comprenderlas como un conjunto complejo de estimulaciones que se realizan de forma cíclica e integrada. Es desde esta perspectiva que los autores del presente artículo diseñaron el Modelo Dinámico de Aprendizaje Activo (MoDAA) a través del cual se observa la interconexión entre diferentes niveles cognitivos, enmarcados por las habilidades básicas comunicativas de

Adriana Castillo Rosas. Profesora-investigadora del Departamento de Posgrado en el Tecnológico Nacional de México, Campus CIIDET, Querétaro, México. Es Doctora en Ciencias de la Educación, Maestra en Ciencias de la Educación por la UAQ, Maestra en Comunicación y Tecnología Educativa por el ILCE. Tiene reconocimiento al perfil PRODEP. Entre sus publicaciones recientes se encuentran los artículos de investigación “Estrategia de modelación progresiva: del bachillerato a la licenciatura” (2022) y “Experiencia de formación docente de ingeniería empleando el Modelo Dinámico de Aprendizaje Activo para Estándares 8, 9 y 10 – CDIO” (2021). Correo electrónico: acastillo@ciidet.edu.mx. ID: <https://orcid.org/0000-0003-2527-1619>.

Luis Gustavo Cabral Rosetti. Profesor-investigador del Departamento de Posgrado en el Tecnológico Nacional de México, Campus CIIDET, Querétaro, México. Doctor en Física Teórica por la Universidad de Valencia, España; Maestro en Ciencias (Física) en la FC-UNAM. Cuenta con reconocimiento al perfil PRODEP. Miembro de la Asociación Mexicana de Física. Su artículo de investigación publicado más reciente se titula “Estrategia de modelación progresiva: del bachillerato a la licenciatura” (2022). Correo electrónico: lcabral@ciidet.edu.mx. ID: <https://orcid.org/0000-0003-2417-8412>.

todo ser humano. Se trata de un modelo que desarticula los niveles de abstracción por los que atraviesa la conceptualización con la intención de contextualizarlos facilitando su apropiación. Se fundamenta en teorías constructivistas en su vertiente cognitiva: la teoría piagetiana del conocimiento y la teoría de la asimilación de David Ausubel.

El MoDAA fue aplicado exitosamente en México en el año 2020 (Castillo et al., 2021), en un programa de formación docente para el área de ingeniería, lo que permitió relacionarlo con la Iniciativa CDIO (*Conceiving-Designing-Implementing-Operating*). Cabe mencionar que la intención del programa fue promover el desarrollo de habilidades docentes para el uso adecuado de las estrategias de aprendizaje activo. Los resultados obtenidos pueden apreciarse en dos dimensiones, una en la habilitación misma evidenciada en los materiales instruccionales que los docentes diseñaron, adecuados para su contexto académico y profesional, y otra ubicada en el desarrollo de un sentido pedagógico que trascendió a la mera dosificación arbitraria de contenidos, hecho que pudo constatarse en las diferentes sesiones grupales en las que manifestaron haber cobrado conciencia de la complejidad que representa la formación de sus futuros ingenieros, es decir que el modelo facilitó un ambiente de reflexión sobre su propia práctica pedagógica.

MARCO TEÓRICO

Son varias las convergencias teóricas del constructivismo implicadas en este modelo, sin embargo, son las conclusiones epistemológicas de la teoría piagetiana las que fundamentan el proceso cognitivo descrito en el MoDAA. En ese sentido, las Tesis II, III, IV, V y VII que propuso García (2000, pp. 60-62) a modo de concreción de la teoría, ofrecen la aproximación necesaria:

- Tesis II. Proceso de organización de interacciones. A partir de las interacciones con los objetos, el sujeto cognoscente construye una interpretación de la realidad que incluye la organización de los objetos en una estructura lógica.
- Tesis III. Génesis de las relaciones y las estructuras lógicas y lógico-matemáticas de esas interacciones. De acuerdo con Piaget, el proceso anterior es la antesala de la lógica formal y las estructuras matemáticas (García, 2000, p. 61), es decir que la lógica matemática inicia en la interacción del sujeto con los objetos. Por tal motivo, la abstracción y las generalizaciones no parten directamente de la mera intuición o imaginación de los estudiantes, sino de un entorno complejo conformado por actividades estructuradas con una íntima relación.
- Tesis IV. Organización de objetos, situaciones, fenómenos de la realidad empírica. Las estructuras lógicas inicialmente desarrolladas por los estudiantes parten de observaciones (constataciones) e inferencias (anticipaciones), ambas servirán para el desarrollo de explicaciones causales.

- Tesis V. El desarrollo cognitivo se realiza a partir de reorganizaciones sucesivas. Esto es, si pensáramos en términos de etapas cognitivas, cada una implicaría la reorganización de las estructuras lógicas, y no la simple acumulación de información.
- Tesis VII. El conocimiento del sujeto se realiza en un contexto social.

Es justo la última tesis la que evoca la acción de la verbalización que David Ausubel incorporó en su Teoría de aprendizaje verbal significativo (Ausubel, 2002), fundamental para el desarrollo de la *asimilación y construcción conceptual*, siendo esta última una de las principales preocupaciones en la enseñanza de las ciencias y la tecnología. Los *conceptos* para Ausubel son “palabras aglutinantes de significados que representarán una categoría lógica, dentro de la estructura cognitiva” (Castillo y Cabral, 2020, pp. 3301-3304), que además se irán reconfigurando a través de las reorganizaciones sucesivas derivadas de la interacción con los objetos o situaciones diseñados por el docente.

Ese proceso de reorganización se debe a que las memorias de tipo episódico y semántico se reacomodan cotidianamente, de ahí la importancia de diseñar entornos de aprendizaje que las estimulen, especialmente la primera.

- *Memoria episódica*. De acuerdo con Tulving (Aguilar et al., 2020; Alaniz et al, 2022; Carboni, 2007), se produce dado un evento determinado, en un lugar y momento específicos que el sujeto recordará través de imágenes mentales permeadas por diferentes elementos visuales, auditivos, emotivos, olfativos, entre otros. Estos elementos pueden ser detonantes para la evocación de esas imágenes en cualquier momento futuro. “La memoria episódica [es] nuestra capacidad para acumular experiencias personales únicas y la adquisición de conocimiento semántico o fáctico” (Carboni, 2007, p. 250).
- *Memoria semántica*. Endel Tulving (Carboni, 2007) la describe como una memoria genérica, en la que no interviene estructura previa, o un momento específico. La memoria semántica es la que posibilita recordar nombres, fechas, cifras, números telefónicos, entre otros.

Además, como puede apreciarse en la Tabla 1, Tulving propone una serie de sistemas mentales de memoria que interactúan continuamente en diferentes niveles de conciencia que describe de la siguiente forma: “1 La *adquisición*, que como su nombre lo indica, es la forma en que ingresa la información según el tipo de memoria; 2. La *representación de la información* en el sistema de memoria; es decir, la forma en que se codifica o clasifica la información y 3. La expresión de conocimiento; es decir, la forma en la que la información se exterioriza por el individuo” (Carboni, 2007, p. 248).

Tabla 1

Clasificación de los sistemas de memoria (Tulving y Schacter, 1990)

Sistema de memoria	Contenido
Memoria procedimental	Hábitos y destrezas; condicionamiento simple
Sistemas de representación perceptual	<i>Priming</i>
Memoria a corto plazo	Información rápidamente disponible sobre eventos cognoscitivos recientes
Memoria semántica	Conocimiento general del mundo
Memoria episódica	Recolección consciente del pasado personal

Fuente: Carboni, 2007.

Es importante aclarar en este momento que, de acuerdo con Ausubel, las memorias semántica y episódica son fundamentales para lograr aprendizaje verbal significativo. Esta afirmación nos permite insistir en que el tipo de experiencias, su frecuencia y riqueza conceptual que los docentes propicien a sus estudiantes son fundamentales para que los estudiantes desarrollen verbalizaciones significativas. Las estrategias de aprendizaje activo son una opción viable para alcanzar tal fin.

- *Aprendizaje activo.* Es un tipo de instruccionalidad constructivista que se centra en el aprendizaje del estudiante (Hartikainen et al., 2019), promovido a través de la estimulación comunicativa en situaciones que favorecen el intercambio de ideas, concepciones y reflexiones con otros miembros de un grupo:

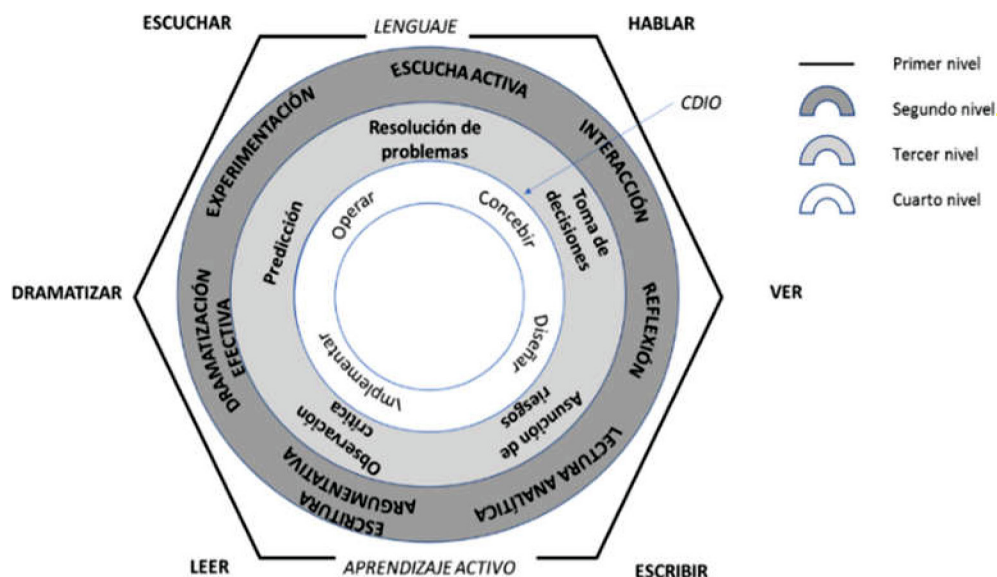
El aprendizaje activo supone experiencias lingüísticas activas y significativas. En un ambiente de auténtico aprendizaje activo, los alumnos participan escuchando de manera activa, hablando de forma reflexiva, mirando con atención centrada en algo, escribiendo con un fin determinado, leyendo de manera significativa y dramatizado de modo reflexivo [Schwartz y Polishuke, 1995, p. 20].

METODOLOGÍA

Con base en el marco teórico referido, y considerando la propuesta de Schwartz y Polishuke (1995, p. 21), se diseñó el Modelo Dinámico de Aprendizaje Activo, MoDAA, como un auxiliar en la construcción significativa de relaciones teórico-prácticas dentro de los programas de formación profesional en ingeniería. Una de las principales aspiraciones en esta modelación es revertir la inercia institucional de asociar el aprendizaje a un proceso lineal ascendente compuesto de pasos secuenciados, interpretación limitada que invisibiliza la riqueza del proceso reestructurante (Tesis V) que atraviesa momentos de construcción, deconstrucción y reconstrucción que los estudiantes realizan como acciones cognitivas esenciales para la asimilación y significación de la información (Saldarriaga et al., 2016). En ese sentido el MoDAA fue adaptado para que el docente cuente con una herramienta lógica y fácilmente aplicable durante el diseño instruccional de estrategias de aprendizaje activo, con finalidades tan diversas

como la enseñanza de las ciencias a través de diferentes modelos de complejidad, o bien para desarrollar las competencias promovidas por la iniciativa *Concebir, Diseñar, Implementar, Operar* (CDIO), de cual hablaremos más adelante.

Figura 1
Modelo Dinámico de Aprendizaje Activo (MoDAA)



Fuente: Construcción personal.

En la Figura 1 se representa la relación y transformación cíclica que atraviesa la información obtenida por el sujeto de manera empírica. Se asocia y apropia de manera enriquecida a través de cuatro niveles de complejidad. El primer nivel del hexágono representa los componentes básicos de la comunicación: hablar, escuchar, ver, dramatizar (representar), leer y escribir. En el segundo nivel se encuentran las habilidades que surgen al *entrenar estratégicamente* los componentes del nivel anterior, ya sea de forma singular, en conjunto o por combinaciones: escucha activa, lectura analítica, experimentación, reflexión, interacción con los objetos y situaciones, escritura argumentativa.

El tercer nivel contempla actividades de mayor complejidad, pues involucran no solo los conocimientos, habilidades, destrezas formadas en los niveles anteriores, sino que ya están presentes actitudes y con ello conductas, nos referimos a la resolución de problemas, ligada con la observación crítica y la predicción, así como con la toma de decisiones y la asunción de riesgos, una composición que contribuye a una construcción significativa de la relación teoría-práctica en cualquier área de conocimiento.

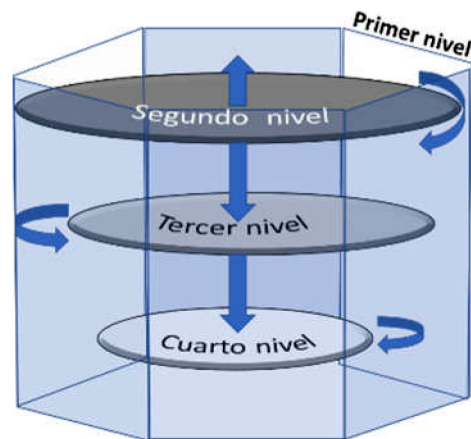
Como puede observarse, y recordando los niveles de conciencia de Tulving (Carboni, 2007), los estudiantes atraviesan continuamente todos los niveles del MoDAA, yendo y viniendo, resignificando la información, de ahí que los errores cometidos en

ese proceso deben considerarse como una experiencia fundamental y valiosa para el aprendizaje. Los errores concientizan al aprendiz de lo *que no es* (exclusión) y reafirman la información correcta, es decir lo *que sí es*, a modo de reconstrucción positiva (Figura 2), por tal motivo la estrategia de evaluación debe centrarse en la evolución paulatina del aprendiz hacia su total independencia al enfrentarse a situaciones cada vez más complejas, en ese sentido la realimentación oportuna y continua por parte del docente se convierte en información imprescindible.

Finalmente, el fortalecimiento de las habilidades cognitivas y metacognitivas en los primeros tres niveles preparan al estudiante para interactuar con los fenómenos, problemas o proyectos desde una perspectiva sistémica de mayor complejidad, se trata del cuarto nivel en el que ponen en movimiento los saberes y competencias desarrollados hasta el momento. Un ejemplo de esta complejidad la ofrece la Iniciativa CDIO empleada en contextos de formación en ingeniería y que aludiremos en este primer reporte como ejemplo de aprovechamiento del MoDAA empleado en el proceso de aprendizaje.

Figura 2

Construcción significativa de relación teoría-práctica a través del MoDAA



Fuente: Construcción personal.

La descripción más cercana de la iniciativa CDIO es la de una arquitectura de un entorno operativo para educación superior, en el ámbito de la ingeniería. CDIO significa *Conceive-Design-Implement-Operate* y fue concebida por el Massachusetts Institute of Technology, la Chalmers University of Technology y el KTH-Royal Institute of Technology, entre otros, con la finalidad de que los ingenieros fueran formados de manera integral e inmersiva, considerando doce estándares de calidad organizados para que al egresar fueran capaces de proponer y atender sistemas complejos de ingeniería de valor agregado. Asimismo, propone que los planes de estudio sean organizados desde una perspectiva sistémica, con relaciones horizontales y transversales claramente

definidas y concretadas a través de actividades CDIO curricularmente entrelazadas en el desarrollo, entre otras: proyectos de diseño, construcción y prueba; impulso al desarrollo de habilidades individuales y sociales requeridas para su desempeño profesional; comunicación, trabajo en equipo, entre otras, todas ellas clasificadas como estrategias de aprendizaje situado-activo y experiencial, desarrolladas bajo una estricta vigilancia del cumplimiento de los estándares de calidad acreditables (Vest, 2007; Bragós, 2012; Lopera y Restrepo, 2015).

Aplicación 1. Proceso de aprendizaje: estrategias instruccionales de aprendizaje activo

El Modelo Dinámico de Aprendizaje Activo ofrece una amplia gama de aplicaciones de acuerdo con el interés formativo y el nivel de entrenamiento determinado. En ese sentido, si el interés formativo se encuentra en el proceso de aprendizaje, los autores del MoDAA proponemos considerar el uso de estrategias de aprendizaje como un sistema, es decir no considerarlas aisladas; visualizarlas como un conjunto organizado de interacciones que permitirán el desarrollo de las estructuras lógicas lingüísticas y matemáticas, conjuntando la base teórica de las ciencias de la ingeniería y la experiencia práctica en un contexto social (García, 2000), de tal forma que los procesos de asimilación y construcción conceptual (Ausubel, 2002) se lleven a cabo a través de los niveles de consciencia adquiridos (Carboni, 2007). A continuación se presenta la manera en que podrían emplearse en este modelo algunas estrategias existentes:

Método de casos de aprendizaje

Los casos permiten situar el aprendizaje de los alumnos a partir del vínculo que se establece entre la situación propuesta y el contexto bajo el cual se delimita (Thomas Shuell, citado en Huber, 2008). Esta estrategia es útil para la formación del *juicio profesional* que Reséndiz (2008) concibe como un proceder particular durante el diseño y desarrollo de proyectos de ingeniería, y para ello los futuros profesionales deberán aprender a *predecir*. Las predicciones le permitirán explicar el futuro comportamiento del proyecto y, al ejecutarlo, dar seguimiento a esas predicciones. Por tal motivo, incluir casos de ingeniería en los cursos facilitará a los estudiantes analizar y aprender del juicio profesional de expertos, contribuyendo a su propia conciencia sobre su quehacer profesional, en un contexto de relación teórica-práctica-contextual, de ahí que los casos narrados deberán ser presentados de manera estratégica. Así entonces, de acuerdo con el MoDAA, el método de casos de aprendizaje podría emplearse para desarrollar el segundo nivel de habilidades cognitivas como *interacción*, *reflexión*, *lectura analítica*, *escucha argumentativa*, *escucha activa* y *experimentación*, así como *dramatización efectiva*, esta última cuando el caso se emplea para representar los roles de los actores involucrados en la situación analizada.

Otro de los beneficios que trae consigo emplear los casos de aprendizaje en la formación de ingenieros es la posibilidad de un acercamiento narrado a situaciones diversas, en contextos tecnológicamente diferenciados. Lo anterior permite a los estudiantes de países menos desarrollados conocer y comprender escenarios posibles, evitando lo costoso que pudiera representar una experiencia (Reséndiz, 2008).

Aprendizaje basado en problemas (ABP o Problem-Based Learning -PBL)

Se trata de otra estrategia de aprendizaje activo que fortalece de manera práctica las habilidades y destrezas que los estudiantes desarrollaron en el segundo nivel del MoDAA, es decir que el ABP es adecuado para el tercer nivel en el que se promueven habilidades cognitivas como la *observación crítica, predicción, asunción de riesgos, toma de decisiones y resolución de problemas*, y se fortalecen las desarrolladas previamente. Es importante aclarar que el nombre de esta estrategia pudiera provocar confusión en su interpretación dentro del ámbito de la ingeniería, dado que una de las actividades más empleadas en la enseñanza de las ciencias es la resolución de ejercicios problemáticos (problemas) propuestos regularmente en la bibliografía respectiva. Por el contrario, el ABP se fundamenta en el trabajo de los estudiantes en torno a una *situación problemática del contexto real* y, tal como menciona Morales, “es el medio por el cual se hace posible establecer las condiciones que conducen al aprendizaje activo, contextualizado, integrado y orientado a la comprensión, brindando oportunidades para reflexionar sobre la experiencia educativa y aplicar lo aprendido” (2018, p. 93).

En ambientes de formación de ingenieros, los problemas desde ABP se desprenden de situaciones reales y por tanto con varios niveles de complejidad, que pudieran o no haberse resuelto por algún grupo de expertos. En ese escenario, los estudiantes deberán emplear las habilidades cognitivas desarrolladas y los fundamentos teóricos adquiridos hasta el momento para proponer modelos de solución. En otras palabras, los problemas tratados deberán facilitar la interacción de la formación en ciencia básica, ciencias de la ingeniería y los métodos de diagnóstico y diseño que hayan adquirido previamente, con la intención de fortalecerlos a través de asimilación basada en la estructuración significativa de todas esas áreas que constituyen el currículo de ingeniería.

Aprendizaje operado por proyectos

De acuerdo con Reséndiz (2008), la intención de todo programa de formación de ingenieros es “hacer ingeniería y aprender a hacerla haciéndola”, y desde esa perspectiva el *Aprendizaje operado por proyectos (AOP)* permite concretar la educación práctica que es posible ofrecer en las instituciones educativas a los futuros ingenieros. Es por ello que el AOP puede ser una estrategia empleable en el cuarto nivel del MoDAA, en el que se espera el mayor nivel de conciencia cognitiva y de juicio profesional, tal y como lo solicita la iniciativa *Concebir, Diseñar, Implementar, Operar (CDIO)*.

Los proyectos en AOP regularmente promueven habilidades para la investigación y con ellas se fomenta la problematización a través de análisis causal, de ahí que es conveniente que los estudiantes hayan experimentado el ABP en otras asignaturas. Si bien la experiencia que los estudiantes de ingeniería pudieran adquirir en los proyectos escolares es muy limitada por la imposibilidad de “simular las incertidumbres y otras condiciones del entorno en que labora el equipo de trabajo responsable de un proyecto de ingeniería” (Reséndiz, 2008, p. 128), sí contribuye a que los futuros ingenieros continúen evolucionando en sus niveles de conciencia y formación de juicio profesional. Por tal motivo, los proyectos deben ser imperativamente interdisciplinarios, y nuevamente se involucran ciencia básica, ciencias de la ingeniería y los métodos de diagnóstico y diseño.

Por lo anterior, los autores de este trabajo proponen la iniciativa CDIO como una guía metodológica a nivel curricular que ofrece las pautas para que la institución se convierta íntegramente en un escenario de formación activa de ingeniería, considerando el MoDAA como un modelo estratégico para el diseño de los procesos instruccionales.

Aplicación 2. MoDAA y ciencias básicas

En el contexto de la enseñanza de las ciencias, la estrategia *Enseñanza y aprendizaje basado en modelos* (Oliva, 2019) recupera esta esencia dinámica del aprendizaje activo, especialmente cuando la modelización se emplea como progresión de modelos. Estas herramientas cognitivas juegan un papel fundamental en la educación científica. En el campo de la matemática, Trigueros (2009) distingue tres tipos de modelación derivados de una perspectiva realista, donde los alumnos reconocen, comprenden e interpretan su mundo a través de modelos matemáticos:

- Modelación contextual enfocada al proceso a través del cual el sujeto resuelve un problema contextualizado.
- Modelación educativa relativa al uso de modelos matemáticos como parte del proceso de construcción conceptual.
- Modelación cognitiva, empleada cuando se desea conocer y comprender los procesos cognitivos que se presentan cuando un estudiante emplea la modelación para resolver problemas.

Como puede apreciarse, el enfoque realista de la enseñanza de las matemáticas “considera a las matemáticas como una actividad humana y, como tal, se desarrolla a partir de modelos originados de situaciones en un contexto específico real” (Trigueros, 2009, p. 78). De esa perspectiva, los problemas reales (de la industria, por ejemplo) pueden ofrecer la oportunidad de crear escenarios para aprendizaje activo pues se motiva la discusión sobre las probables soluciones a modo de rutas de posibilidad, las cuales involucran estructuras conceptuales, procedimientos y representaciones gráficas o prácticas.

Tabla 2

MoDAA y el enfoque basado en modelos

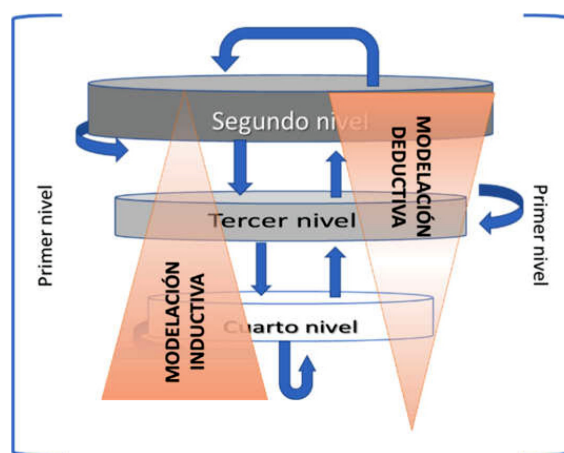
Habilidades cognitivas por nivel de complejidad (MOODA)	Modelización En la enseñanza de las ciencias	
	Modelos inductivos <i>(Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico)</i>	Modelos deductivos <i>(Del conocimiento científico de fenómenos complejos a las unidades de significado)</i>
Nivel 1. hablar, escuchar, ver, dramatizar (representar), leer y escribir	<p>Se propicia la recuperación de los <i>modelos personales intuitivos</i> que los estudiantes han construido a partir de su experiencia sensible (conocimiento cotidiano).</p> <p>Se inducen las primeras palabras con las que construirá un lenguaje nutrido por conceptos teóricos de la disciplina. Se trata del inicio del desarrollo de significados que le permitirán acceder a habilidades cognitivas de segundo nivel. La verbalización por parte del estudiante es fundamental para la formación de las nuevas estructuras lingüísticas y lógico-matemáticas.</p>	<p>Se inicia por el análisis de una situación problemática compleja y previamente solucionada de manera científica (contextualizada). Esta situación regularmente sobrepasa el alcance de los programas de asignatura; se emplea como escenario enriquecido para propiciar, por un lado, la recuperación de la estructura lingüística y lógico-matemática previamente desarrollada por el estudiante (conocimiento cotidiano), es decir <i>modelos personales intuitivos</i>.</p> <p>Por otro, sirve como muestra de la complejidad del modelo que se emplearía, en ese caso, para describir el fenómeno, dando pauta a la deducción hacia un modelo matemático simple.</p>
Nivel 2. Escucha activa, lectura analítica, experimentación, reflexión, interacción con los objetos y situaciones, escritura argumentativa	<p>Las nuevas unidades lingüísticas se emplean para que el estudiante sea capaz de interactuar con las primeras ideas teóricas. La forma como se motive esta interacción (Tesis II) determinará el inicio de su proceso consciente hacia la crítica reflexiva al modelo intuitivo.</p> <p>La interacción podría realizarse a través de preguntas dirigidas, preguntas espontáneas, ejercicios de aplicación del modelo, representaciones gráficas, entre otros.</p> <p>La verbalización por parte del estudiante continúa siendo fundamental para la formación de las nuevas estructuras lingüísticas y lógico-matemáticas.</p> <p>Este nivel recurrentemente regresará al anterior para asegurar que la significación primaria sea la esperada.</p>	<p>La situación problemática empleada en el primer nivel de MoDAA requiere verla como un <i>sistema</i> complejo. En este nivel el estudiante descubre a través de diferentes momentos de análisis, contrastación y reflexión, los subsistemas implicados cuyo estudio requerirá de aproximaciones diferenciadas.</p> <p>Cada una de estas aproximaciones le motiva a tomar consciencia sobre las nuevas habilidades lógico-matemáticas y disciplinares que se requieren para su solución.</p>
Nivel 3. Resolución de problemas, observación crítica, predicción, toma de decisiones, asunción de riesgos	<p>Los niveles anteriores permiten al estudiante compartir y contrastar las ideas teóricas con las propias (Tesis III), de tal forma que es capaz de generar propuestas nuevas respondiendo preguntas como ¿qué pasaría si?</p> <p>En este nivel su conocimiento cotidiano puede ser refutado o avalado por él mismo; fortalece su nivel de conciencia teórica y desarrolla la crítica reflexiva al modelo intuitivo. Se fortalece la capacidad de construcción, deconstrucción y reconstrucción de las ideas que surgen de las nuevas interacciones con situaciones problemáticas derivadas de un modelo de resolución inicial (Tesis III, IV y V).</p> <p>La verbalización por parte del estudiante se robustece afianzando las nuevas estructuras lingüísticas y lógico-matemáticas.</p>	<p>Los subsistemas identificados son estudiados a profundidad, motivando el empleo de un lenguaje cada vez más nutrido de elementos teórico-conceptuales que al ser internalizados por los estudiantes les permiten construir, deconstruir y reconstruir las ideas (hipótesis) las emplea para tomar decisiones hacia la resolución de problemas (Tesis III, IV y V).</p> <p>La verbalización por parte del estudiante se robustece afianzando las nuevas estructuras lingüísticas y lógico-matemáticas.</p>
Nivel 4. Modelación (CDIO u otro enfoque)	<p>Socialización. En un contexto definido (de preferencia real o lo más cercano a la realidad posible) con la mayor cantidad de variables implicadas que dan sentido a una situación problemática, se promueve el desarrollo de habilidades de modelación. Para ello se requieren ambientes áulicos que promueven la interacción estudiante-estudiante, estudiante-objeto de estudio, docente-estudiante, docente-objeto de estudio (Tesis VII).</p>	<p>El tratamiento exhaustivo de cada uno de los subsistemas implica una continua contrastación con la situación original. A manera de piezas de un rompecabezas cada análisis y abordaje se irán entrelazando de tal forma que el estudiante comprende, desde una perspectiva sistémica, cada uno de los elementos que lo constituyen (Tesis VII).</p> <p>En este nivel se garantiza que los saberes desarrollados realmente contribuyen al perfil de egreso del profesionista en formación.</p>

Fuente: Construcción personal.

La convergencia entre el MoDAA y la *Enseñanza y aprendizaje basado en modelos* es palpable cuando se consideran los niveles de complejidad del primero, tal y como puede apreciarse en la Tabla 2.

En la Figura 3 se ejemplifica la práctica dinámica que implicaría considerar el enfoque basado en modelos, empleando modelización de tipo inductivo o deductivo, en el contexto de los niveles de complejidad y de conciencia. Básicamente se tratará de un proceso dinámico de estructuración y reestructuración de significados, a través de aproximaciones sucesivas.

Figura 3
MoDAA y la modelización



Fuente: Construcción personal.

Como puede apreciarse, el aprendizaje activo enfocado a la modelización implica necesariamente considerar la estructura lingüística como base fundamental para el aprendizaje de las ciencias básicas, es decir que la falta de significados conceptuales impide a los estudiantes desarrollar relaciones, proponer ideas y plantear hipótesis para resolver cualquier tipo de problema. Obsérvese en la Tabla 1 la evidencia de que en la práctica docente cotidiana en las clases de ciencias se omite la estimulación de los dos primeros niveles propuestos en el MoDAA, enfocándose tradicionalmente en el nivel 3, en el cual el estudiante ya debería haber construido el entramaje teórico-conceptual que le permitiera proponer hipótesis y soluciones a problemas dados.

En este análisis surgen algunas preguntas como: ¿el diseño de los temarios en las asignaturas ofrece la posibilidad de crear ambientes de estimulación para los niveles 1 y 2? y ¿será posible que la tradición de la enseñanza de las ciencias centrada en el objeto de estudio pueda migrar a un paradigma centrado en el aprendizaje del estudiante?

MoDAA y la evaluación ideográfica

Es vasta la bibliografía en la que investigadores destacan la importancia de distinguir el sentido, aplicación y alcances de cuatro conceptos comúnmente confundidos: evaluación, acreditación, medición y calificación (Cano, 2015, 2018; Casanova, 1998; Herrera, 2018). Para el MoDAA el tipo de evaluación que requiere es *ideográfica* para cerrar el círculo virtuoso de la realimentación, ya que los profesores se centrarán en las *capacidades y posibilidades de desarrollo* de sus estudiantes, evidenciados en cada nivel cognitivo a partir de los contextos que ofrecen las estrategias de aprendizaje activo.

Se llama evaluación ideográfica (Casanova, 1998) puesto que está centrada en el individuo (evolución personal), y requiere una exploración inicial en torno al desarrollo de esas capacidades y posibilidades para identificar los alcances reales que podría lograr el estudiante; dicho antecedente permite a lo largo de las múltiples y particulares interacciones (Tesis II, III) de los estudiantes tanto con los objetos de estudio (Tesis V), las experiencias (Tesis IV, V y VI) y sus docentes así como con diferentes elementos contextuales, poder identificar intervenciones oportunas ante las necesidades tanto de los estudiantes más avanzados como de los que presenten mayor retraso. El análisis de la situación deberá realizarse de manera conjunta entre los docentes y los estudiantes, pues recordemos que el MoDAA señala niveles de conciencia promovidos en el ejercicio metacognitivo de los segundos. En ese sentido, los estudiantes deben realizar una continua reflexión sobre el *conocimiento de sus tareas, el conocimiento sobre las personas y conocimiento de las estrategias* empleadas (Flavell, 1985, citado en Crespo, 2000).

Esta perspectiva de evaluación precisamente da origen al esquema tridimensional del MoDAA; los estudiantes desarrollan conocimientos conceptuales, procedimentales y particularmente actitudinales en un proceso dinámico a niveles micro curricular (curso o asignatura) y meso curricular (toda la malla curricular), garantizando la cobertura intra e interdisciplinaria del diseño del programa.

CONCLUSIONES

El Modelo Dinámico de Aprendizaje Activo es una herramienta orientativa para educación científica y tecnológica, que amplía el horizonte de intervención del docente incorporando elementos contextualizadores organizados por niveles de complejidad. Se trata además de un modelo que facilita el diseño de estrategias constructivistas que estimulan los niveles de conciencia detonados durante el entrenamiento de competencias profesionales y laborales de los estudiantes, por tal motivo, el docente o equipo de diseñadores que opten por el MoDAA deberán contar con demostrados conocimientos y experiencias profesionales, dispuestos a transformar su práctica pedagógica hacia la diversidad y colaboración.

No se trata de la propuesta de una nueva taxonomía como la del conductista Benjamín Bloom, que en la actualidad se emplea indiscriminadamente sin considerar su fundamento epistémico y pedagógico. Por el contrario, el MoDAA plantea la concepción integral de un proceso evolutivo fundamentado en las habilidades cognitivas básicas, susceptibles de ser estimuladas a través de experiencias diseñadas para fortalecer los niveles de conciencia que acompañan la comprensión, interpretación y apropiación de la información, es decir al aprendizaje, que en el caso de las tecnociencias involucra además el conocimiento de las ciencias básicas y las ciencias de la ingeniería.

Una característica fundamental del MoDAA es que durante ese proceso evolutivo los *errores* se constituyen como unidades de análisis para el estudiante que fortalecen sus diferentes niveles de conciencia. Y para el docente se convierten en unidades de intervención en las que no solo se ofrece realimentación a los estudiantes, sino que se propician intercambios con otras situaciones, compañeros, abordajes alternativos, y demás elementos que contribuyan a una significación verbal y no a una acumulación arbitraria de información.

En ese sentido, la heteroevaluación y la autoevaluación deberán ser continuas y el instrumento recomendado para ello es la rúbrica socioformativa debido su utilidad para recabar la información diagnóstica que se necesita como punto de partida (*evaluación diagnóstica*), el seguimiento a realizarse en torno a los progresos y dificultades presentadas durante el proceso formativo (*evaluación formativa*), y la medición del progreso a través de evidencias (*evaluación sumativa*).

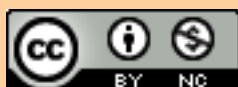
REFERENCIAS

- Aguilar, M. J., Agulla, L., Said, A., y López, M. (2020). Aportes al estudio de las relaciones entre memoria episódica y teoría de la mente. *Interdisciplinaria. Revista de Psicología y Ciencias Afines*, 37(1), 175-190. <https://doi.org/10.16888/interd.2020.37.1.11>
- Ausubel, D. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento. Una perspectiva cognitiva*. Paidós.
- Alaniz, F., Durán, F. B., Quijano, B. L., Salas, T., Cisneros, J., y Guzmán, G. (2022). Memoria: revisión conceptual. *Boletín Científico de la Escuela Superior Atotonilco de Tula*, 9(17), 45-52. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/atotonilco/article/view/8156/8346>
- Bragós, R. (2012). Las competencias del profesorado en el entorno CDIO. *Revista de Docencia Universitaria*, 10(2), 57-73. <https://doi.org/10.4995/redu.2012.6097>
- Cano, E. (2015). Evaluación de la formación. Algunas lecciones aprendidas y algunos retos de futuro. *Educar*, 51(1), 109-125. <https://www.redalyc.org/pdf/3421/342133060006.pdf>
- Cano, E. (2018). La evaluación de las competencias genéricas. En E. Cano, J. Fabregat y F. J. Oliver (coords.), *La evaluación formativa y acreditativa de competencias. Competencias genéricas en la universidad. Recursos en línea para entenderlas y aplicarlas* (pp. 69-90). LMI (colec. Transmedia XXI).
- Carboni, A. (2007). Desarrollo de la memoria declarativa. *EduPayké*, 6(2), 245-268. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2572547>
- Casanova, M. A. (1998). Evaluación: concepto, tipología y objetivos. *La evaluación educativa. Escuela básica*, 1, 67-102. https://cursa.ihmc.us/rid=1303160302515_965178929_26374/EvaluacionConceptoTipologia_Y_Objeto.pdf

- Castillo, A., Vázquez, R., Pérez, S., y Franco, L. (2021). Experiencia de formación docente de ingeniería empleando el modelo dinámico de aprendizaje activo para estándares 8, 9 y 10 – CDIO. *Revista Educación en Ingeniería*, 16(32), 95-103. <https://doi.org/10.26507/rei.v16n32.1193>
- Castillo, A., y Cabral, L. G. (2020). Del concepto a la conceptualización: una construcción significativa. *Latin-American Journal of Physics Education*, 14(3), 3301-1-3301-7. http://www.lajpe.org/index_sep20.html
- Crespo, N. M. (2000). La metacognición: las diferentes vertientes de una teoría. *Revista Signos*, 33(48), 97-115. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-09342000004800008>
- Díaz Barriga, A. F. (2005). Desarrollo del currículo e innovación: modelos e investigación en los noventa. *Perfiles Educativos*, 27(107), 57-84. <https://bit.ly/3JngFbs>
- Díaz Barriga, A. F. (2013). Innovaciones curriculares. En A. Díaz Barriga (coord.), *La investigación curricular en México 2002-2011* (pp. 109-179). COMIE/ANUIES.
- García, R. (2000). *El conocimiento en construcción. De las formulaciones de Jean Piaget a la teoría de sistemas complejos*. Gedisa.
- Hartikainen, S., Rintala, H., Pylväs, L., y Nokelainen, P. (2019). The concept of Active Learning and the measurement of learning outcomes: A review of research in Engineering Higher Education. *Education Sciences*, 9(4), 276. <https://doi:10.3390/educsci9040276>
- Herrera, I. R. (2018). Evaluación para el aprendizaje. *Revista Educación las Américas*, 6, 13-28. <https://revistas.udla.cl/index.php/rea/article/view/22>
- Huber, G. (2008). Aprendizaje activo y metodologías educativas. *Revista de Educación*, (ext.), 59-81. http://www.revistaeducacion.mec.es/re2008/re2008_04.pdf
- Lopera, M. A., y Restrepo, G. (2015). CDIO: una gran estrategia de formación en ingeniería. *Ingeniería y Sociedad*, 1(9), 33-39. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/ingeso/article/view/25047>
- Morales, P. (2018). Aprendizaje basado en problemas (ABP) y habilidades de pensamiento crítico, ¿una relación vinculante? *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 21(2), 91-108. <https://doi.org/10.6018/reifop.21.2.323371>
- Oliva, J. (2019). Distintas concepciones para la idea de modelización en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 37(2), 5-24. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2648>
- Reséndiz Núñez, D. (2008). *Rompecabezas de la ingeniería. Por qué y cómo se transforma el mundo*. Fondo de Cultura Económica.
- Saldarriaga, P., Bravo-Cedeño, G., y Loor, M. (2016). La teoría constructivista de Jean Piaget y su significación para la pedagogía contemporánea. *Dominio de las Ciencias*, 2, 127-137. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5802932>
- Schwartz, S., y Pollishuke, M. (1995). *Aprendizaje activo. Una organización de la clase centrada en el alumno*. Narcea.
- Trigueros, M. (2009). El uso de la modelación en la enseñanza de las matemáticas. *Innovación Educativa*, 9 (46), 75-87. <https://www.redalyc.org/pdf/1794/179414894008.pdf>
- Vest, C. (2007). *Rethinking Engineering education. The CDIO approach*. Springer.

Cómo citar este artículo:

Castillo Rosas, A., y Cabral Rosetti, L. G. (2022). Modelo dinámico del aprendizaje activo. *IE Revista de Investigación Educativa de la REDIECH*, 13, e1552. https://doi.org/10.33010/ie_rie_rediech.v13i0.1552



Todos los contenidos de *IE Revista de Investigación Educativa de la REDIECH* se publican bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional, y pueden ser usados gratuitamente para fines no comerciales, dando los créditos a los autores y a la revista, como lo establece la licencia.